

L'EXPLOITATION DES MINERAIS DE NICKEL EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Laurent L'HUILLIER et Tanguy JAFFRÉ

1. IMPORTANCE DE L'EXPLOITATION MINIÈRE ET DE LA MÉTALLURGIE DU NICKEL EN NOUVELLE-CALÉDONIE

2. HISTORIQUE DE L'ACTIVITÉ MINIÈRE ET MÉTALLURGIQUE

3. LES MÉTHODES D'EXPLOITATION DU MINÉRAI DE NICKEL

4. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

5. LA RÉGLEMENTATION

5.1 Code minier

5.2 Délibération n° 104 et Fonds Nickel

5.3 Code de l'environnement de la province Nord

5.4 Code de l'environnement de la province Sud

1. IMPORTANCE DE L'EXPLOITATION MINIÈRE ET DE LA MÉTALLURGIE DU NICKEL EN NOUVELLE-CALÉDONIE

L'activité minière et industrielle du nickel occupe une place très importante dans l'économie de la Nouvelle-Calédonie : son poids dans le PIB représente près de 10 % en moyenne sur la période 1998-2008 et il pourrait atteindre 30 à 40 % avec la mise en œuvre des nouveaux projets métallurgiques. La contribution du nickel au PIB est cependant très variable, du fait de sa forte dépendance aux cours du London Metal Exchange (figure 1.1). Les exportations des produits de l'activité minière (minerais et produits de fusion) représentent, en valeur, plus de 95 % des exportations totales, soulignant à nouveau l'importance de ce secteur dans l'économie locale.

Située actuellement entre le 3^e et le 5^e rang mondial des producteurs de nickel, avec une part avoisinant les 10 % (les exportations néo-calédoniennes de nickel – minerais, mattes de nickel et ferronickel – sont globalement stables autour de 110 000 tonnes de nickel contenu par an), la Nouvelle-Calédonie possède vraisemblablement entre 20 et 30 % des ressources mondiales de ce métal (associé à du cobalt exploitable dans les minerais latéritiques), représentant entre 100 et 200 années d'exploitation.

Elle est aujourd'hui dans une phase de développement minier sans précédent, devant aboutir à une extraction annuelle d'environ 16 MTH (Millions de Tonnes de minerai Humide) et à une production métallurgique multipliée par trois, passant de 60 000 à environ 200 000 tonnes de nickel à l'horizon 2013-2015. Cette production repose sur une augmentation de la capacité de traitement de l'usine pyrométallurgique de la SLN à l'horizon 2015 (programme « 75 000 tonnes », révisé autour de 65 000 t/an), la construction d'une usine hydrométallurgique pour le traitement de minerais latéritiques par Vale Inco Nouvelle-Calédonie (ex-Goro Nickel) dans le massif du Sud pour une mise en route en 2010 (60 000 t de Ni + 5 000 t de Co par an), la construction d'une seconde usine pyrométallurgique par KNS (SMSP-Xstrata) en province Nord (production à partir de 2012, avec un objectif de 60 000 t de Ni par an), l'exportation de minerais pour l'approvisionnement de l'usine métallurgique de Gwangyang (SMSP-POSCO) en Corée du Sud, depuis 2008, et des exportations intermittentes notamment vers le Japon, Taïwan, l'Australie et la Chine (la figure 1.2 présente la répartition des sites miniers en activité en 2010).

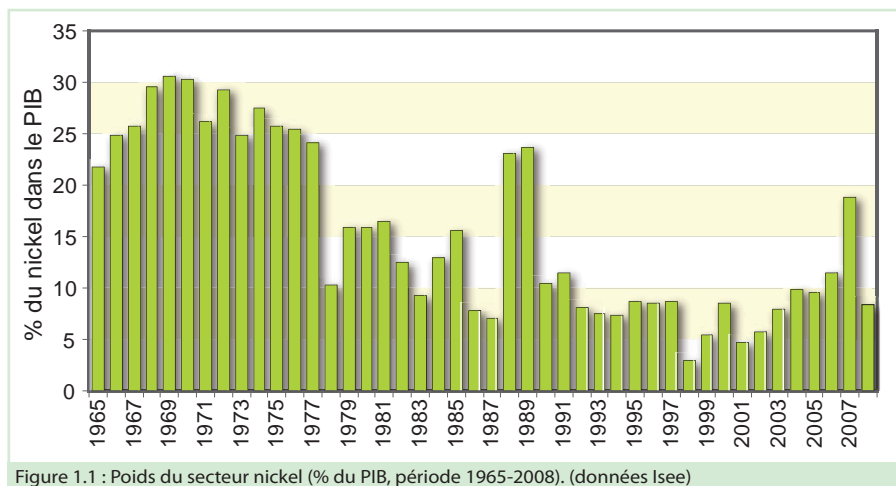


Figure 1.1 : Poids du secteur nickel (% du PIB, période 1965-2008). (données Isee)

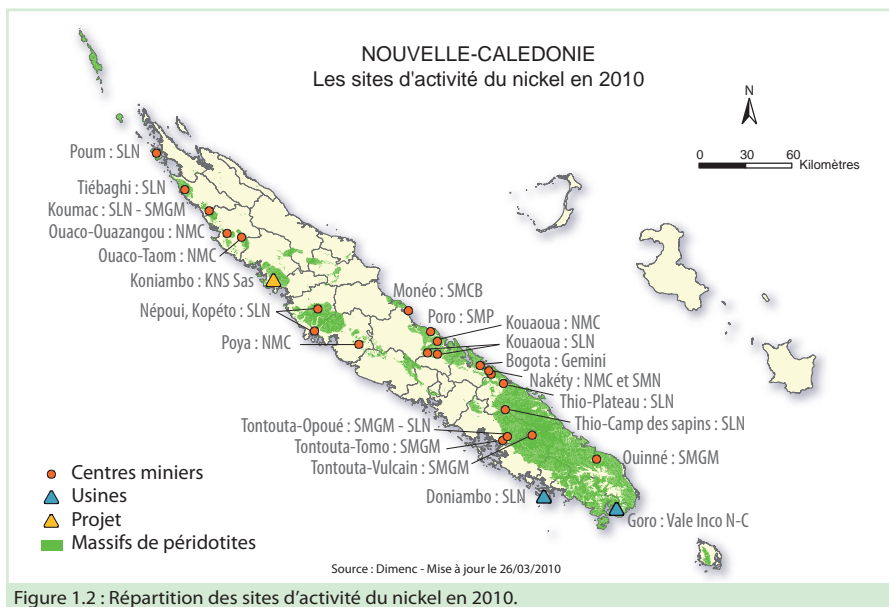


Figure 1.2 : Répartition des sites d'activité du nickel en 2010.

Le marché du nickel a montré à plusieurs reprises, et encore récemment, qu'il pouvait traverser des périodes très instables, avec des cours pouvant varier fortement (de 3 à plus de 18 US\$/Lb entre 2002 et 2007). Néanmoins, la tendance de la demande mondiale de nickel suit une augmentation soutenue, la croissance de sa consommation s'établissant autour de 4 % en moyenne par an sur la période des cinquante dernières années. Cette demande est tirée principalement par la production mondiale d'aciers inoxydables, qui est la principale destination du nickel (représentant 60 % de la production).

En termes d'emploi, l'industrie minière et métallurgique néo-calédonienne occupait en 2008 environ 3 500 salariés, soit près de 6 % de la population active. Avec les deux projets métallurgiques, Vale Inco et KNS, environ 2 000 emplois directs supplémentaires et 2 500 emplois indirects devraient être créés durant leur phase d'exploitation, ce qui générera au moins un doublement du nombre de salariés dans ce secteur.

Les recettes perçues au budget de la Nouvelle-Calédonie au titre de l'activité des sociétés minières et métallurgiques varient, selon les années, environ entre 1 (parfois 0) et 20 milliards de F CFP par an et peuvent ainsi représenter une part importante de son budget (jusqu'à 15 %). En outre, cette part augmentera avec la mise en place des nouveaux projets une fois soumis au régime de l'impôt sur les sociétés.

Au-delà des chiffres, le nickel en Nouvelle-Calédonie occupe une place hautement symbolique : moteur essentiel du tissu industriel, produisant d'importants effets primaires et induits sur l'économie, il a une influence déterminante sur la démographie, l'aménagement du territoire, les modes de vie et les comportements. À ce titre, l'implication des communautés prend une part de plus en plus importante dans la mise en place des projets miniers, générant souvent des conflits en raison des enjeux considérables qu'ils représentent et des changements qu'ils entraînent dans la société et sur l'environnement.

Le nickel constitue ainsi un enjeu majeur au cœur des questions de rééquilibrage économique et social entre les provinces. L'usine de la province Nord, fortement et longtemps attendue par la population, devrait y contribuer. Mais ce besoin existe également au sein des communes à l'écart des principaux pôles d'activités, pour lesquelles l'exploitation de gisements secondaires, par de petites ou moyennes entreprises d'extraction (les « petits mineurs »), constitue une opportunité de développement local et de maintien des populations, l'activité minière permettant de créer des emplois directs ainsi que des emplois indirects dans les domaines des transports, du commerce, de l'agriculture et des services.

2. HISTORIQUE DE L'ACTIVITÉ MINIÈRE ET MÉTALLURGIQUE

L'activité minière est indissociable de l'histoire de la Nouvelle-Calédonie. Les découvertes minérales se sont succédé (charbon, or, cuivre, cobalt, chrome, antimoine...) mais la richesse minière du pays repose en tout premier lieu sur l'extraction et le traitement des minerais de nickel. La production épisodique de minerais de chrome (chromite) et de cobalt (asbolane) est actuellement arrêtée, toutefois l'extraction du cobalt, lors du traitement hydrométallurgique des latérites nickélifères, devrait faire progresser la contribution de la Nouvelle-Calédonie à la production mondiale de ce métal.

L'histoire du nickel en Nouvelle-Calédonie commence en 1864, lorsque Jules Garnier, ingénieur des Mines, découvre à Dumbéa une roche alors inconnue de couleur verte. Identifiée comme constituée de silicate de nickel et de magnésium, elle sera baptisée plus tard « garniérite » (figure 2.12). En raison de ses teneurs élevées en nickel (jusqu'à 15 %), ce minerai particulier rencontré au niveau de la saprolite a été l'objet des toutes premières exploitations mais s'est rapidement raréfié. L'exploitation de nickel porte aujourd'hui sur des saprolites (appelées encore parfois « garniérites » par abus de langage) et des latérites titrant respectivement moins de 2,5 % et environ 1,5 % de nickel.



Figure 1.3A : Ancienne mine à Thio (mine Zizette), exploitée manuellement.

© IAC / L. L'Huillier



Figure 1.3B : Ancienne mine sur Koniambo (noter au-dessus de la carrière les traces de puits de prospection creusés à mains d'homme).

© IRD / T. Jaffré



Figure 1.3C : Mine de Méa (Kouaoua).

© IRD / T. Jaffré

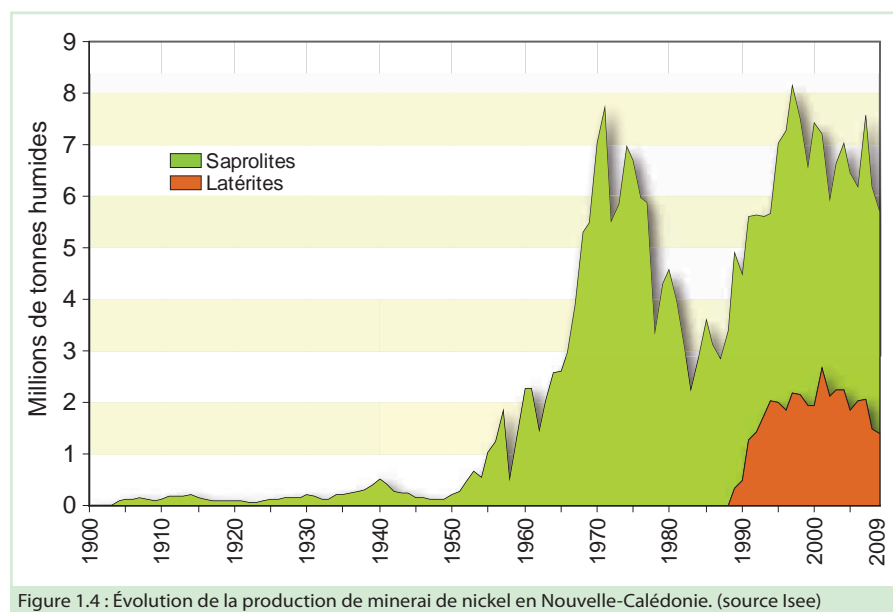
L'exploitation du minerai de nickel a débuté en 1873 par une première extraction au mont Dore (par M. Coste) (principalement de garniérite), et s'est étendue aux régions de Thio, Canala et Houailou. Elle a pris son véritable essor avec la création de la Société Le Nickel (SLN) en 1880. Depuis lors, l'activité minière, comprenant l'extraction du minerai et son traitement pour partie sur place, par des usines créées successivement à la Pointe Chaleix (Nouméa) en 1877, puis à Thio et enfin à Doniambo (Nouméa), n'a cessé globalement de s'accroître, en dépit de soubresauts liés aux variations de la demande internationale en nickel.

Les premières exploitations se faisaient par galeries souterraines le long de filons garniériques dont les teneurs en nickel étaient de l'ordre de 15 %. Les teneurs moyennes ont toutefois progressivement diminué pour atteindre environ 5 % en 1920. Les années qui ont suivi ont vu les exploitations à ciel ouvert se généraliser (cf. figures 1.3 A, B et C). À partir de la Seconde Guerre mondiale, la mécanisation s'est largement répandue et a permis d'augmenter progressivement les volumes extraits. De 1950 à 1957, la production minière annuelle (pour l'ensemble des mines de Nouvelle-Calédonie) est passée de 200 000 tonnes de minerai saprolitique à près de 2 millions de tonnes. En 1971, la production annuelle atteint un sommet avec 7,7 MTH (période du « boom » du nickel).

À partir de la fin des années 1980, les latérites prennent une part dans la production, pour atteindre un volume de 2 millions de tonnes par an, sur un total annuel qui varie depuis plusieurs années autour de 7 MTH de minerai (période 1995-2008 ; cf. figure 1.4).

Jusqu'à fin 2007, il a été produit au total 258 millions de tonnes humides de minerai de nickel (224 MTH sous forme silicatée, 34 MTH sous forme latéritique), correspondant à une quantité de métal contenu estimée à environ 5 millions de tonnes.

Avec l'arrivée des procédés hydrométallurgiques, moins coûteux en énergie, les gisements de nickel de moindre teneur pourront être exploités, offrant de nouvelles perspectives aux entreprises minières.



Le minerai de chrome, principalement sous forme de chromite massive primaire (amas rocheux à l'intérieur des massifs de péridotites), a été exploité de 1880 à 1962, puis de nouveau de 1982 à 1990, par différentes sociétés, dans le massif de la Tiébaghi, à l'origine d'environ 70 % de la production totale. De 1975 à 1981 et de 1990 à 1992, plusieurs petites exploitations ont été rouvertes dans les massifs du Sud, pour ensuite s'arrêter en raison d'un manque de rentabilité. La production totale est estimée à environ 3,76 millions de tonnes de minerai à 52 % de Cr_2O_3 .

Le cobalt, associé au nickel dans les latérites, dans des dépôts d'asbolane titrant de 4 à 5 % de Co, fut exploité dès l'année 1876, jusqu'au début du siècle suivant, à partir de galeries étroites ouvertes dans les latérites (« trous de cobaleurs »). La Nouvelle-Calédonie fut pratiquement le seul producteur de cobalt du monde avant les découvertes des gisements de cobalt du Canada et du Katanga. Le cobalt des minerais néo-calédoniens est aujourd'hui récupéré, comme sous-produit du nickel, principalement dans les latérites traitées par hydrométallurgie (par Queensland Nickel, en Australie, à partir de minerais exportés et, localement, par Vale Inco). La production totale de cobalt demeure mal connue. De 1876 à 1925, environ 103 000 tonnes de minerai à 5 % auraient été produites et, de 1983 à 2001, le cobalt contenu dans les minerais traités par Queensland Nickel en Australie aurait été de 29 600 tonnes.

Plus de 3 580 titres d'exploitation ont été institués en Nouvelle-Calédonie, dont environ 1 700 étaient encore valides en 2008. Sur ces titres, près de 96 % sont valables pour le nickel, le chrome et le cobalt, représentant une superficie de plus de 260 000 ha (Schéma de mise en valeur des richesses minières de la Nouvelle-Calédonie, 2008).

3. LES MÉTHODES D'EXPLOITATION DU MINÉRAI DE NICKEL

L'exploitation du minerai de nickel, de type saprolitique, effectuée par galeries souterraines jusqu'en 1920, est désormais essentiellement effectuée en carrières à ciel ouvert, ce qui nécessite le décapage de la végétation et des horizons supérieurs du sol à trop faible teneur, qui recouvrent les minerais. Les horizons décapés, ainsi que les fragments de roches peu altérés, triés du minerai, constituent les déblais, ou « stériles miniers », qui doivent être déplacés et stockés.

Aux premières extractions manuelles, sans grands impacts directs sur l'environnement, mais souvent accompagnées d'incendies de la végétation, ont succédé à partir de 1950 des extractions mécanisées permettant d'atteindre les minerais sous de plus grandes épaisseurs de stériles. Réalisées sans beaucoup de précautions environnementales, ces extractions mécanisées se sont révélées particulièrement destructrices pour l'environnement. Les stériles miniers (latérites à faible teneur et blocs rocheux) étaient en effet déversés sur les versants jusqu'en 1975, date à partir de laquelle de nouvelles méthodes d'exploitation, élaborées par la SLN, ont été appliquées par la plupart des sociétés minières. En outre, les travaux de prospection, encouragés par l'administration dans les années 1960-1970 pour une meilleure connaissance des ressources, ont ouvert des pistes sur la plupart des massifs parfois sans intérêt et surtout sans précaution en poussant au bulldozer les matériaux en aval, laissant de nombreuses cicatrices toujours visibles sur les versants montagneux.

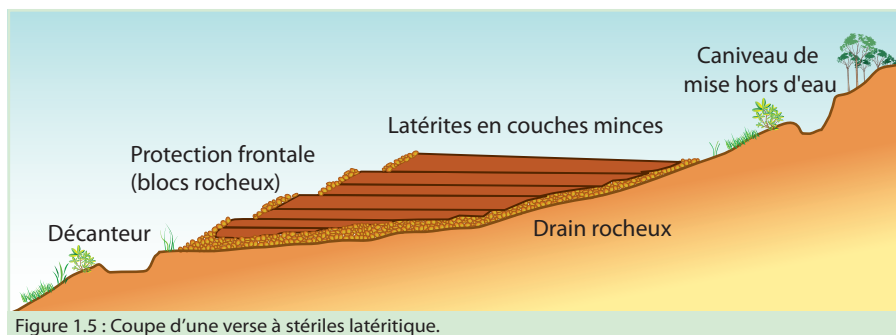


Figure 1.5 : Coupe d'une versée à stériles latéritiques.

Les nouvelles techniques utilisées, plus respectueuses de l'environnement, comprennent :

- l'utilisation de pelles hydrauliques et de camions d'évacuation, au lieu de pelles à chenilles et de bulldozers, pour les décapages et les ouvertures des pistes d'accès ;
- le transport des stériles et leur stockage en verses¹ stabilisées et drainées, protégées de l'érosion, dans des sites choisis (figures 1.5 à 1.8). Ainsi, de 1976 à 2008, il est estimé que plus de 300 millions de tonnes de stériles miniers ont été stockées dans des verses à stériles. Depuis le début des années 1990, l'épaisseur maximale initialement limitée à 40 m peut désormais être portée à 100 m environ, en réduisant légèrement la pente du talus frontal, ce qui doit permettre de limiter le nombre de sites ;



Figure 1.6 : Pistes de prospection (Koniambo).

© IRD / T. Jaffré



Figure 1.7 : Verse à stériles sur le Kopéto (K10).

© SLN



Figure 1.8 : Verse à stériles à Kouaoua.

© SLN

- la conservation d'un merlon de terrain naturel protecteur en bordure des pistes et des zones d'extraction ;
- la mise en place de caniveaux et de décanteurs pour réguler les flux hydriques et réduire la charge solide des eaux de ruissellement.

Ces nouvelles techniques minières ont été complétées par la mise en œuvre de nouvelles méthodes de prospection et de sondage, utilisant des moyens hélicoptérés, et par la réalisation de travaux de réhabilitation des anciennes zones exploitées (Pelletier 1990^{ab}, 2003).

Aujourd'hui, l'exploitation des minerais latéritiques de faible teneur en nickel implique la mise au point de nouvelles techniques d'extraction et de stockage, mises en œuvre par Vale Inco dans le Sud (figure 1.9). L'extraction du minerai, qui s'effectue en zone relativement plane, nécessite des excavations pouvant dépasser plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Elle s'accompagne du déplacement de quantités considérables de stériles à basse teneur et exige une gestion des eaux souterraines, dont les réseaux pourraient être perturbés (des études préalables sont actuellement en cours). Les résidus industriels « solides » ou épaisiss (de 5 à 7 millions de mètres cubes par an au total), issus du traitement des minerais à l'acide sulfurique et neutralisés par de la chaux et du calcaire, seront stockés dans les excavations successives (les « cellules minières »), puis recouverts par les stériles, pour enfin être revégétalisés.



Figure 1.9 : Zone de décapage à Goro.

© IRD / T. Jaffré

¹ Le terme « décharge minière » a souvent été employé dans le passé. Il est convenu de parler aujourd'hui de « verse à stériles latéritiques ».

4. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

L'impact visuel des anciennes exploitations minières s'exprime dans le paysage par des zones dénudées mal délimitées, entourées de coulées de « terres rouges », de matériaux déplacés par érosion ou par déversement, tandis que les exploitations plus récentes se traduisent par des surfaces dénudées et des verses à stériles mieux circonscrites (figures 1.10 à 1.15).

À l'impact visuel, résultant de l'accumulation depuis plus d'un siècle de destructions du sol et de la couverture végétale, accélérées entre 1950 et 1975, sont associés des perturbations des régimes hydriques, un accroissement de l'érosion et des transports de matériaux sur les pentes et dans les creeks, une pollution et un engravement des cours inférieurs des rivières et des dépôts d'alluvions dans les zones basses et le long du rivage des centres miniers (Bird *et al.* 1984, Dupon 1986, Jaffré *et al.* 1977).



© IRD / T. Jaffré

Figure 1.10 : Ancienne mine sur le mont Dore.

Les décapages, tout comme les recouvrements par des déblais terreux ou la pollution des rivières, entraînent inéluctablement la réduction de certains écosystèmes, ainsi que celle des effectifs de nombreuses populations d'espèces animales et végétales. Ces réductions peuvent entraîner une perte de biodiversité globale, ainsi qu'un dépérissement à plus long terme des populations et même des espèces dont les effectifs deviennent insuffisants pour assurer le maintien de la diversité génétique en leur sein (Honnay & Jacquemyn 2006, Oostermeijer *et al.* 2003). Des populations entières et parfois des espèces, lorsqu'elles sont très localisées, peuvent être aussi directement mises en danger d'extinction si des précautions ne sont pas prises à temps pour éviter leur destruction par arrachage ou ensevelissement.



© IAC / L. L'Huilier

Figure 1.11 : Impacts sur le versant nord-est du mont Dore.



© IRD / T. Jaffré

Figure 1.12 : Ancienne mine sur Boakaine (Canala).



La Dimenc a recensé en 2007 environ 20 000 ha de sols nus dégradés par l'activité minière, sur 21 communes impactées, soit 1,2 % de la surface du territoire. Les communes les plus touchées (Houaïlou, Thio et Kouaoua) représentent 40 % de ces surfaces.

De 1971 à 2008, 296 ha ont été revégétalisés, sachant qu'entre 2003 et 2006 le rythme était de 30 à 40 ha par an (cf. annexe 4).

Les risques de perte de biodiversité sont d'autant plus importants que l'écosystème touché par l'activité minière se trouve déjà dans une situation critique, en raison de sa faible étendue naturelle (cas de certains biotopes d'altitude, ou des zones humides, ou d'écosystèmes comportant des espèces à faible répartition, par exemple *Araucaria nemorosa* à Port Boisé) (Kettle *et al.* 2007) ou en raison de sa fragmentation et de sa réduction par des incendies répétés (cas des forêts rivulaires et des forêts de basse et de moyenne altitude sur la plupart des massifs miniers) (Jaffré *et al.* 2004, Jaffré *et al.* 2010).



© IAC / L. L'Huilier

Figure 1.13 : Ancienne mine sur Poro (Houaïlou).



© IAC / L. L'Huilier

Figure 1.14 : Mines sur Kouaoua.

5. LA RÉGLEMENTATION

L'histoire de la réglementation minière en Nouvelle-Calédonie est très liée à celle de l'exploitation du minerai de nickel. Les premiers textes datant des années 1870. Toutefois leurs dispositions ont toujours porté principalement sur des modalités d'obtention des concessions minières (surfaces, durées, redevances, permis de recherches...) et de classement des substances, mais jamais sur des questions d'environnement. Ainsi, jusqu'en 2008, il n'existait aucun moyen juridique efficace pour garantir la protection de l'environnement sur site minier, ce qui paraît inconcevable au regard du rôle protecteur de la couverture végétale dans un relief particulièrement montagneux et de la valeur tout à fait extraordinaire en termes d'originalité, de biodiversité et d'endémisme des biotopes sur terrains miniers.

5.1. Code minier

Après un travail de plusieurs années, le Schéma de mise en valeur des richesses minières, prévu dans la loi organique de 1999 et devant comporter notamment les principes directeurs en matière de protection de l'environnement pour l'exploitation des gisements, a finalement été adopté en 2008 par la Nouvelle-Calédonie¹. Il a ensuite servi de fondement à l'élaboration par le gouvernement du Code minier² applicable depuis le 1^{er} mai 2009, document unique regroupant l'ensemble des règles concernant le nickel, le chrome et le cobalt, dont l'objectif est de clarifier et de simplifier la réglementation minière, de donner les règles sur lesquelles doivent reposer l'essor et la consolidation du secteur de la mine et de la métallurgie.

Parmi les nombreuses dispositions nouvellement introduites en matière d'environnement, on peut citer :

- l'obligation de fournir une étude d'impact avant exploitation (état initial de la flore et de la faune, analyse des impacts, mesures prévues, mesures particulières pour les espèces rares et les écosystèmes protégés...);
- la constitution par l'exploitant d'un schéma de réhabilitation des zones dégradées (mesures prévues pour la remise en état), complété par un plan de restauration et de fermeture (décrivant les techniques de revégétalisation utilisées...);
- la soumission préalable à enquête publique et à la commission minière communale pour les centres d'exploitation;
- l'obligation de réparation des dégradations dues à l'activité minière, notamment par la constitution préalable de garanties financières destinées à assurer la remise en état et la réhabilitation des zones dégradées.

Tel que prévu dans la loi organique, il revient ensuite aux provinces de déterminer les modalités d'application de cette réglementation (celle-ci est présentée plus largement en annexe 1).

5.2. Délibération n° 104 et Fonds Nickel

Cette délibération, adoptée le 20 avril 1989, donne la possibilité aux entreprises minières de participer à la réhabilitation des sites ayant subi des dégâts environnementaux antérieurs à 1975, la plupart n'étant plus couverts par une concession (« mines orphelines »), en versant une fraction de leur impôt sur les bénéfices aux communes concernées. Au total, plus de 2 milliards F CFP ont ainsi été versés depuis 1990 à quatorze communes, dont 82 % durant la période 2000-2008, un maximum ayant été atteint en 2008 avec un total de 650,4 millions F CFP versés par neuf sociétés minières.

En 2008, des travaux de réhabilitation avaient été réalisés ou étaient en cours de réalisation sur dix-neuf sites miniers. Toutefois seule une partie de ces travaux concerne des opérations de revégétalisation, la majorité des fonds étant consommée pour des travaux de gestion des eaux.

Depuis 2009, le "Fonds Nickel" a été mis en place, avec reprise des missions et des financements de la délibération n° 104 (cf. annexe 1).

5.3. Code de l'environnement de la province Nord

Validé le 24 octobre 2008, ce code prévoit plusieurs dispositions en rapport avec l'exploitation minière. Il institue en province Nord un dispositif de protection des espaces naturels : les aires naturelles protégées, qui comportent six catégories. Il prévoit également une liste des espèces protégées en province Nord et une liste des espèces envahissantes. Ces listes sont appelées à évoluer rapidement, des genres protégés demandant notamment à être précisés (*Tristaniopsis* spp., *Xanthostemon* spp.) (cf. annexe 1).

5.4. Code de l'environnement de la province Sud

Adopté le 20 mars 2009, le Code de l'environnement de la province Sud est une révision et une compilation importante de textes de la province. Il comporte en particulier : la description des aires protégées ; la définition des écosystèmes d'intérêt patrimonial à des fins de conservation : les forêts denses humides, les forêts sèches, les mangroves, les herbiers et les récifs coralliens (on peut regretter que certaines formations particulières sur terrains miniers n'aient pas été prises en compte, telles que, au moins, les groupements des zones humides du Sud et certaines catégories de maquis rares ou très originaux) ; une liste des espèces protégées en province Sud ainsi qu'une liste des espèces envahissantes, qui sont également appelées à évoluer rapidement. Il convient de signaler aussi un nouveau texte important relatif à la récolte et à l'exploitation des ressources biologiques, qui concerne tout collecteur en province Sud (le texte est précisé en annexe 1).



Figure 1.15 : Verse à stériles sur le massif du Kopéto (K7).

¹ Le Schéma de mise en valeur des richesses minières a été adopté par le congrès de la Nouvelle-Calédonie le 18 mars 2009.

² La loi du pays n° 2009-6 relative au Code minier (partie législative) a été adoptée par le Congrès de la Nouvelle-Calédonie le 16 avril 2009. La partie réglementaire du Code minier a été adoptée par arrêté n° 2009-2205 du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie le 28 avril 2009. Documents téléchargeables : <http://dimenc.gouv.nc>

Mines et Environnement en Nouvelle-Calédonie : les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration

Laurent L'HUILLIER

Tanguy JAFFRÉ

Adrien WULFF



Etudes &
Synthèses

Mines et Environnement en Nouvelle-Calédonie :

les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration

Laurent L'HUILLIER
IAC

Tanguy JAFFRÉ
IRD / Amap

Adrien WULFF
IAC / UNC

Avec la collaboration de :

**Michel LEBRUN, Laurent MAGGIA,
Nicolas BARRÉ, Jean CHAZEAU, Hervé JOURDAN,
Hamid AMIR, Marc DUCOUSSO,
Gildas GÂTEBLÉ, Bruno FOGLIANI, Charly ZONGO, Casimir VÉA**

Éditions IAC
BP 73 - 98890 Païta
Nouvelle-Calédonie

© **Institut Agronomique néo-Calédonien**

BP 73, 98890 Païta, Nouvelle-Calédonie

1^{re} édition, 2010

ISBN : 978-2-9523950-8-3

Dépôt légal : 2010

Conception et réalisation :  / tabueditions@tabu.nc / Tél. : 24 91 11

Correction : Claudine Bousquet

Photographie de couverture : Laurent L'Huillier

Achévé d'imprimer : Imprimé et relié en Italie, sur papier sans chlore.

Citation de l'ouvrage :

L'Huillier L., Jaffré T. et Wulff A. 2010. *Mines et Environnement en Nouvelle-Calédonie : les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration*. Éditions IAC, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 412 p.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie, est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations – qui devront faire référence au présent ouvrage – justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1^{er} juillet 1992 – art. L. 122-4 et L. 122-5 et Code pénal art. 425).

Partenaires institutionnels de l'IAC :



SOMMAIRE

INTRODUCTION 17

CHAPITRE 1

**L'EXPLOITATION DES MINÉRAIS DE NICKEL
EN NOUVELLE-CALÉDONIE (L'Huillier L. et Jaffré T.) 21**

**1. IMPORTANCE DE L'EXPLOITATION MINIÈRE ET DE
LA MÉTALLURGIE DU NICKEL EN NOUVELLE-CALÉDONIE. . . . 22**

2. HISTORIQUE DE L'ACTIVITÉ MINIÈRE ET MÉTALLURGIQUE . . . 24

3. LES MÉTHODES D'EXPLOITATION DU MINÉRAI DE NICKEL . . . 26

4. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT 28

5. LA RÉGLEMENTATION 30

5.1 Code minier 30

5.2 Délibération n° 104 et Fonds Nickel 30

5.3 Code de l'environnement de la province Nord 31

5.4 Code de l'environnement de la province Sud 31

CHAPITRE 2

**CONDITIONS DE MILIEU DES TERRAINS MINIERS
(Jaffré T. et L'Huillier L.) 33**

1. NATURE ET ORIGINE DU SUBSTRAT GÉOLOGIQUE 34

**2. GENÈSE ET CARACTÉRISTIQUES DES SOLS
ET DES MINÉRAIS DE NICKEL 36**

2.1. Les « terres rouges » ou « latérites » 36

2.2. Les sols bruns hypermagnésiens 39

2.3. Les minerais de nickel 40

3. CONDITIONS DE NUTRITION MINÉRALE DES PLANTES 40

3.1. Les carences en éléments nutritifs 40

3.2. Teneurs excessives en magnésium 40

3.3. Risques de toxicité en certains métaux 41

4. CONDITIONS D'ALIMENTATION HYDRIQUE DES PLANTES . . . 42

4.1 Conditions hydriques liées au climat 42

4.2 Conditions hydriques liées à la nature du sol 44

CHAPITRE 3

LA VÉGÉTATION DES ROCHES ULTRAMAFIQUES OU TERRAINS MINIER (Jaffré T. et L'Huillier L.) 45

1. LA FLORE	46
1.1. Caractéristiques, richesse et endémicité de la flore des terrains miniers	47
1.2. Origine de la flore	54
2. LES FORMATIONS VÉGÉTALES	55
2.1. Les forêts denses humides	56
2.2. Les maquis miniers	65
3. ADAPTATION DES PLANTES AUX CONDITIONS DE NUTRITION MINÉRALE.	81
3.1. L'adaptation des espèces aux carences du sol en phosphore, en potassium et en azote	84
3.2. L'adaptation aux faibles teneurs du sol en calcium.	85
3.3. L'adaptation des plantes aux teneurs excessives du sol en magnésium	85
3.4. L'adaptation des plantes aux teneurs élevées du sol en éléments potentiellement toxiques Ni, Mn, Cr et Co	86
4. ADAPTATION DES PLANTES DU MAQUIS À LA SÈCHERESSE . .	91
5. RÔLE DE LA COUVERTURE VÉGÉTALE	92
6. DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION	93
7. CONCLUSION	97

CHAPITRE 4

LA FAUNE DES MILIEUX SUR ROCHES ULTRAMAFIQUES (Barré N., Chazeau J., Jourdan H.) . . . 105

1. RÔLE DES OISEAUX DANS LA DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION DU MAQUIS	106
1.1. Les oiseaux qui fréquentent le maquis.	106
1.2. La quête du nectar et la pollinisation	108
1.3. La consommation des fruits et la dissémination des semences . . .	112
1.4. La capture et le contrôle des insectes phytophages	114
1.5. Rôle des oiseaux en maquis minier : conclusion.	114
2. L'HERPÉTOFAUNE DES TERRAINS MINIER	115
2.1. Isolement et radiation endémique des reptiles	115
2.2. Les ressources exploitées par les reptiles des terrains miniers . . .	116
2.3. Préservation des milieux et conservation des reptiles.	117

SOMMAIRE

3. LES ARTHROPODES DES MASSIFS MINIERES118
3.1. L'intérêt faunistique des milieux sur terrains miniers	118
3.2. La guildes des fourmis sur les terrains miniers	121
3.3. Caractères des peuplements d'arthropodes des terrains miniers . . .	125
3.4. La frontière des milieux sur roches ultramafiques	126
3.5. Milieux ultramafiques et invasions biologiques	127
4. POUR CONCLURE SUR LA FAUNE DES TERRAINS MINIERES128

CHAPITRE 5

LES BACTÉRIES ET LES CHAMPIGNONS DU SOL SUR ROCHES ULTRAMAFIQUES (Amir H. et Ducouso M.)129
--	-------------

1. INTRODUCTION130
1.1 Les mycorhizes	131
1.2 Les bactéries	132
2. LES MYCORHIZES À ARBUSCULES (MA)133
2.1 Rôles des mycorhizes à arbuscules dans le développement des plantes	134
2.2 Les mycorhizes à arbuscules dans les écosystèmes miniers de Nouvelle-Calédonie	134
3. LES ECTOMYCORHIZES135
3.1 Rôles des ectomycorhizes dans le développement des plantes	136
3.2 Les ectomycorhizes des maquis miniers de Nouvelle-Calédonie	137
4. ASPECTS TECHNIQUES ET PRATIQUES DE LA MYCORHIZATION CONTRÔLÉE, APPLIQUÉE À LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DES TERRAINS MINIERES138
5. LES SYMBIOSES FIXATRICES D'AZOTE.140
5.1 Les symbioses à <i>Frankia</i>	140
5.2 Les symbioses à <i>Rhizobium</i>	141
6. LES BACTÉRIES RHIZOSPHERIQUES STIMULATRICES DE LA CROISSANCE DES PLANTES142
7. INOCULATION CONTRÔLÉE AVEC DES BACTÉRIES SYMBIOTIQUES OU RHIZOSPHERIQUES, APPLIQUÉE À LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DES TERRAINS MINIERES142
8. PERSPECTIVES144

CHAPITRE 6

LA RESTAURATION DES SITES MINIERES

(L'Huillier L., Wulff A., Gâteblé G., Fogliani B., Zongo C., Jaffré T.) **147**

1. INTRODUCTION	148
2. HISTORIQUE DE LA REVÉGÉTALISATION	148
3. PRINCIPES DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE	150
4. MÉTHODES APPROPRIÉES POUR LA REVÉGÉTALISATION.	153
4.1. Le choix des espèces	154
4.2. La multiplication à partir de graines	162
4.3. La multiplication asexuée	196
4.4. Préparation des substrats à revégétaliser	206
4.5. Mise en œuvre et choix des techniques de revégétalisation	213
4.6. Suivi, évaluation et indicateurs	228

CHAPITRE 7

ESPÈCES INDIGÈNES UTILISABLES EN REVÉGÉTALISATION

(Wulff A., L'Huillier L., Véa C., Jaffré T.) **231**

1. INTRODUCTION	232
2. FICHES PAR ESPÈCE, CLASSÉES PAR FAMILLE	233
Araucariaceae	235
Casuarinaceae	241
Celastraceae	245
Cunoniaceae	249
Cyperaceae	257
Dilleniaceae	269
Fabaceae (ou Leguminosae)	273
Goodeniaceae	281
Joinvilleaceae	285
Malpighiaceae	289
Myodocarpaceae	293
Myrtaceae	297
Picrodendraceae	315
Proteaceae	321
Rhamnaceae	329
Sapindaceae	333
3. QUELQUES AUTRES FAMILLES, GENRES ET ESPÈCES POTENTIELLEMENT UTILES POUR LA REVÉGÉTALISATION	337

SOMMAIRE

ANNEXES	345
ANNEXE 1 - RÉGLEMENTATION	346
ANNEXE 2 - CHARTE DES BONNES PRATIQUES MINIÈRES	358
ANNEXE 3 - LISTE DES ESSAIS DE REVÉGÉTALISATION SUR SITES MINIERES (PAR LES ORGANISMES DE RECHERCHE) (1971-2010)	362
ANNEXE 4 - BILAN DES TRAVAUX DE REVÉGÉTALISATION PAR LES COLLECTIVITÉS ET LES MINEURS	366
ANNEXE 5 - CAHIER DES CHARGES DE PRODUCTION DE PLANTS	371
ANNEXE 6 - CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES (CCTP)	376
ANNEXE 7 - IMPACTS DU CERF SUR LE MAQUIS	385
ANNEXE 8 - LISTE DES ESPÈCES UTILISABLES EN REVÉGÉTALISATION DES SITES MINIERES	386
ANNEXE 9 - SCHÉMA RÉCAPITULATIF DES OPÉRATIONS À ENTREPRENDRE POUR UN LOT DE GRAINES D'UNE NOUVELLE ESPÈCE	390
BIBLIOGRAPHIE	391
GLOSSAIRE	404
LISTE DES SIGLES	409
INDEX	410

SIGLES et ACRONYMES

- ABA** : Acide abscissique.
- AIA** : Acide indole acétique (hormones de bouturage).
- AIB** : Acide indole butyrique (hormones de bouturage).
- Amap** : botAnique et bioinforMatique de l'Architecture des Plantes.
- ANA** : Acide naphthalène acétique (hormones de bouturage).
- APG III** : Angiosperm Phylogeny Group (3^e classification publiée).
- BP** : Before Present (traduit par avant le présent, terme de référence chronologique).
- CEC** : Capacité d'échange cationique.
- Cirad** : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.
- CNRT** : Centre national de recherche technologique.
- CTFT** : Centre technique forestier tropical (dorénavant intégré dans le Cirad).
- DDEE** : Direction du développement économique et de l'environnement (province Nord).
- DDR** : Direction du développement rural (province Sud).
- Dimenc** : Direction de l'industrie, des mines et de l'énergie de Nouvelle-Calédonie.
- DTPA** : Diéthylène triamine penta acide (chélateur, notamment pour métaux de transition).
- GA3** : Acide gibbérellique de la famille des Gibbérellines (phytohormones).
- Gemini** : Société gestion-exploitation des mines de nickel.
- GPS** : Global Positioning System.
- IAC** : Institut agronomique néo-calédonien.
- IRD** : Institut de recherche pour le développement.
- Isee** : Institut de la statistique et des études économiques.
- ISTA** : International Seed Testing Association.
- IUCN** : Union internationale pour la conservation de la nature.
- KNS** : Koniambo Nickel SAS.
- Live** : Laboratoire insulaire du vivant et de l'environnement.
- méq** : milliéquivalent (1 mmole de K⁺ = 1 méq ; 1 mmole de Ca⁺² = 2 méq).
- MNHN** : Muséum national d'histoire naturelle.
- MTH** : Millions de tonnes humides.
- NMC** : Nickel Mining Company.
- ONG** : Organisation non gouvernementale.
- Orstom** : Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération.
- PIB** : Produit intérieur brut.
- ppm** : partie par million (par ex. mg/kg).
- SLN** : Société Le Nickel.
- SMCB** : Société des mines du cap Bocage.
- SMGM** : Société minière Georges Montagnat.
- SMN** : Société des mines de Nakéty.
- SMP** : Société des mines de Poro.
- SMSP** : Société minière du Sud Pacifique.
- SMT** : Société des mines de Tontouta.
- Step (boues de)** : Station d'épuration.
- Sysmin** : Système pour les minerais (fonds de stabilisation pour les produits miniers des pays liés à l'Union européenne).
- TTC** : Triphényl 2,3,5 tétrazolium chlorure.
- UE** : Union européenne.
- UNC** : Université de la Nouvelle-Calédonie.



Les substrats ultramafiques – ou terrains miniers – à l’origine du minerai de nickel, couvrent près du tiers de la Nouvelle-Calédonie, qui se place parmi les premiers producteurs de ce métal dans le monde. Mais l’exploitation minière à ciel ouvert nécessite d’importants décapages qui génèrent des problèmes d’érosion des sols, de dérèglement des débits hydriques, de pollution des cours d’eau et de perte de biodiversité.

Ces substrats datant de 37 millions d’années portent une flore riche et originale, qui a largement contribué au classement de la Nouvelle-Calédonie comme un des principaux hotspots de biodiversité de la planète. Elle comprend environ 2150 espèces végétales dont 82 % sont endémiques. Ces espèces sont en outre spécialisées, adaptées à des sols très pauvres en plusieurs éléments nutritifs et inversement très riches en magnésium, en nickel et en d’autres métaux. Ces milieux abritent également une faune d’une grande diversité.

Ainsi la Nouvelle-Calédonie est confrontée à un double défi : celui d’exploiter une ressource minière considérable à même d’assurer au pays un développement économique important, et celui de protéger cette biodiversité exceptionnelle au nom des principes fondamentaux édictés mondialement. Dans ce contexte, la conservation des milieux abritant la plus grande part de la biodiversité, ainsi que la restauration des sites dégradés par l’exploitation minière s’imposent comme des nécessités incontournables.

L’ouvrage décrit et illustre tout d’abord la variété des substrats ultramafiques, ainsi que la diversité des écosystèmes et de leurs composantes floristiques, zoologiques et microbiologiques. Le concept de restauration écologique des sites dégradés et les moyens nécessaires pour sa mise en œuvre sont ensuite développés ; puis les modes de collecte, de germination, de conservation des semences et de production de plants d’espèces locales sont décrits, de même que les méthodes de revégétalisation. Enfin près de 100 espèces végétales utiles pour la restauration sont présentées.

Cet ouvrage est destiné à un large public, allant des professionnels du secteur minier (sociétés minières, opérateurs de la revégétalisation, bureaux d’étude...) aux personnels des collectivités impliquées dans la gestion du patrimoine minier et biologique du pays, ainsi qu’aux scientifiques, enseignants, étudiants, et plus largement à toute personne intéressée par les terrains miniers et leur gestion environnementale.



Financement Sysmin 8^e FED
Projet n° 8 PTF NC 08

ISBN : 978-2-9523950-8-3

Tabi
ÉDITIONS



9 782952 395083