

LES TRAVAUX DE PROTECTION CONTRE L'EROSION EN NOUVELLE-CALEDONIE : LUXE OU NECESSITE ?

Jacques ILTIS
Géographe, C.R. ORSTOM
c/o UFR Géographie - CEREG
3 rue de l'Argonne
67083 STRASBOURG CEDEX

Mots clés : Protection de l'environnement, extraction minière, érosion, pollution des eaux, aménagements hydrauliques, Nouvelle-Calédonie, Océanie.

Key-words : *Environmental protection, mining, erosion, water pollution, hydraulic works, New Caledonia, Oceania.*

Résumé : En l'absence de mesures de protection, l'extraction à ciel ouvert du minerai de nickel en Nouvelle-Calédonie perturbe considérablement l'environnement. Au cours des vingt dernières années, des pluies de très forte intensité ont déclenché l'érosion des décharges minières et de multiples effets secondaires, à la fois géomorphologiques et écologiques. On observe entre autres, une augmentation sensible de la charge solide des lits fluviaux, qui entraîne des perturbations de l'écoulement en période d'étiage, ainsi qu'une dégradation des écosystèmes littoraux. L'article fait le bilan des mesures adoptées petit à petit à partir des années 1970 pour limiter les effets de cette pollution et réhabiliter certains espaces dégradés. Différents travaux ont été réalisés : stabilisation des décharges, rétention des matériaux entraînés dans le réseau hydrographique, aménagement des pistes d'accès aux carrières. Autour des gisements en cours d'exploitation, le milieu naturel paraît à présent préservé, tandis que bon an, mal an, le minerai calédonien reste compétitif, en dépit du coût relativement élevé des travaux... Mais si le marché venait à se détériorer, sous l'influence par exemple de la concurrence accrue de nouveaux alliages, l'environnement pourrait pâtir un jour d'un relâchement de l'entretien des ouvrages.

Abstract :

In the absence of protective measures, the environmental impact of open-cast nickel mining in New Caledonia has been globally unfavourable. In the last twenty years, rainfalls of high intensity have led to erosion of mining dumps, resulting in various geomorphical and ecological side-effects. These include a considerable increase in river bed-load, thus affecting flow regime, and damage to coastal ecosystems. The article assesses measures for limiting the effects of such pollution and for promoting the recovery of degraded areas, gradually adopted since the seventies. Various projects were implemented : stabilization of mining waste, retention of material entering the drainage network, maintenance of access roads to mining sites. As far as current mining is concerned, the basic elements of environmental conservation appear to be functional. Caledonian nickel remains competitive in spite of the relatively high costs involved in implementing these measures. Nevertheless, a recession of the nickel market in the next few decades could lead to neglect in the maintenance of the protective works, thus jeopardizing the environment.

Le problème des perturbations de l'environnement créées par les extractions minières à ciel ouvert se pose avec une acuité particulière dans les îles de la bande intertropicale de l'océan Pacifique. En considération de leur modeste extension, ces milieux recèlent d'importantes ressources minérales, concentrées pour la plupart dans les formations superficielles. Des domaines intensément exploités, comme celui du nickel en Nouvelle-Calédonie, du cuivre à Bougainville ou du phosphate à Nauru, témoignent des dommages que cette activité inflige aux écosystèmes terrestres et littoraux, et plus généralement, d'une détérioration des ressources naturelles depuis l'après-guerre. En Nouvelle-Calédonie, la dégradation du milieu est préoccupante, sans qu'on puisse toutefois qualifier le phénomène de catastrophe environnementale. Des études menées récemment sur l'île principale ont abouti à une typologie des effets géomorphologiques et écologiques des diverses extractions de matières premières (Bird, Dubois et Iltis, 1984) et de l'extraction du nickel en particulier (Iltis, 1986). Dans le même contexte, le comportement du lit fluvial face à l'accroissement brutal de la charge solide a été décrit dans un cas critique (Iltis et Crozier, 1987). Les contraintes édaphiques sévères qui entravent la reconstitution de la végétation des mines de nickel abandonnées ont été également mises en évidence (Jaffré, Latham et Schmid, 1977).

I - LA DEGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT

A - Les origines du phénomène

Le ravinement des décharges des mines de nickel est un phénomène courant sur l'île principale de la Nouvelle-Calédonie, dont un tiers environ

(5 500 km²) est couvert par des roches ultrabasiques (fig. 1). Sous climat tropical humide, l'altération géochimique de ces roches et celle en particulier des dunites et des harzburgites ont conduit, à partir de l'Oligocène, à la formation d'amas de nickel silicaté et oxydé (garniérite) à la base du régolite. L'exploitation des gisements les plus riches, qui sont situés sur le pourtour d'anciennes surfaces d'aplanissement et perchés entre 300 et 1 000 mètres, a débuté en 1875. Mais la pollution provoquée par l'entraînement des déblais en saison des pluies ne commence à être dénoncée qu'à la fin des années 1960, ou à être perçue pour le moins, à cette époque, comme un phénomène inquiétant par les populations riveraines.

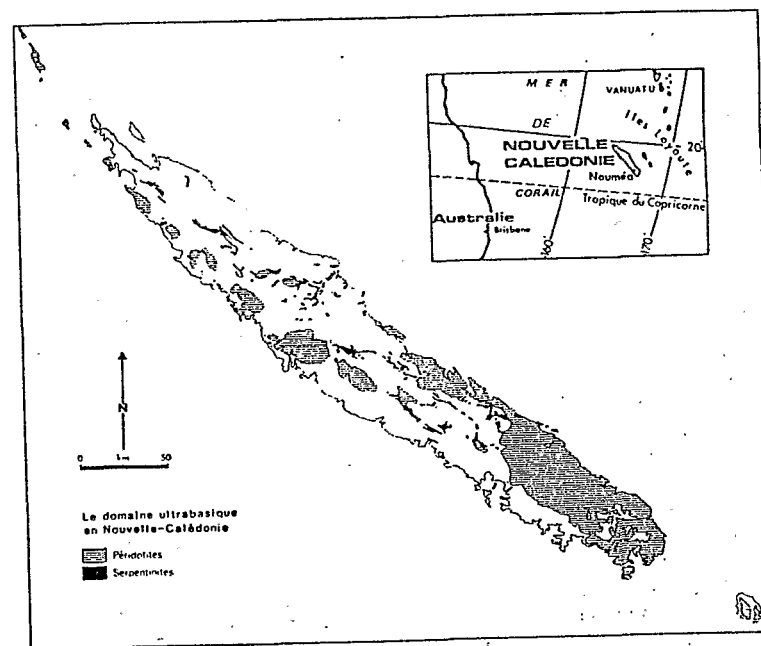


Figure 1 - Carte de situation

La ruée vers le minéral calédonien, liée à la flambée du prix du nickel sur le marché international à partir de 1967-1968, est en fait le point de départ du phénomène. La production triple en quelques années, pour culminer en 1971 (7,7 millions de tonnes brutes). Elles se maintiennent encore à des niveaux élevés

jusqu'en 1975, puis accuse une diminution constante jusque dans les années quatre-vingts. L'acquisition par les compagnies d'engins puissants, à même de décaper très vite les couches superficielles et d'accéder à des gisements profonds, a permis de répondre à la forte demande pendant les années fastes. Elle a eu également pour conséquence d'augmenter considérablement la quantité de déblais.

Avec ces techniques, l'extraction d'une tonne de minerai brut d'un gisement-type fournit en moyenne 2,1 tonnes de résidus (Service des Mines et de la Géologie, 1979). Cette quantité se décompose en 0,8 t de produits latéritiques, de granulométrie fine, transportés en suspension quand l'évasion s'en empare, et 1,3 tonnes de débris grossiers, transportés par roulage ou par saltation. Sur l'ensemble du domaine minier, on estime le poids des matériaux exposés à un risque d'entraînement dans le réseau hydrographique - indépendamment de la part de l'ablation naturelle - à plusieurs centaines de millions de tonnes. L'entraînement de ces matériaux est déjà largement réalisé dans les secteurs où la protection des décharges a été insuffisante, voire inexistante. Il en a été ainsi pendant le "boom" de 1968-1972, lorsque, à court de possibilités de stockage sur place des déblais, certains exploitants les déversaient sans détours dans les ravins environnants (photo 1).

De très nombreux foyers d'érosion ont été ainsi constitués instantanément. L'ouverture d'itinéraires de prospection, souvent erratiques, de larges voies d'accès aux gisements et de voies d'évacuation du minerai en a créé d'autres, moins importants toutefois que les premiers. Dans ce bilan général de l'érosion dérivée des interventions humaines en terrain minier, entre également le décapage induit par ces diverses activités, sur les versants et dans les lits fluviaux, souvent loin des sites d'extraction.

Mis à nu, les terrains miniers sont rendus sensibles aux effets du ruissellement, d'autant que l'agressivité naturelle du climat est grande dans les parties hautes des massifs ultrabasiques. Pendant la saison estivale, le passage de dépressions tropicales, qui évoluent parfois en cyclones, s'accompagne de précipitations très abondantes, comparables aux pluies tropicales des îles montagneuses du sud-ouest de l'océan Indien (Madagascar, Maurice, Réunion). Trois cyclones tropicaux venus frapper l'île de plein fouet, ont été à l'origine des phénomènes d'érosion les plus marquants depuis l'adoption de techniques d'exploitation intensives : Colleen (février 1969), Alison (mars 1975) et Gyan (décembre 1981) ; pour ce dernier, des maximums journaliers ont pu dépasser 1 000 mm avec des intensités supérieures à 100 mm/heure.

Par ailleurs, l'énergie du relief est forte. Seuls l'atténuent les restes de surfaces d'aplanissement ; ceux-ci forment des plateaux ou de molles convexités dans les parties élevées, ou encore des replats successifs. La raideur des versants en aval de ces paliers rend compte de la vigueur des phénomènes de dissection plioquaternaires. Alors que de nombreux sommets dépassent 1 000 m (Mont Humboldt, 1 618 m ; Mé Maoya, 1 508 m ; Kouakoué, 1 501 m,

etc.), les fonds de vallées s'encaissent rapidement à des altitudes inférieures à 100 m. En dépit de cela, le ruissellement est de faible ampleur en dehors des surfaces artificiellement dénudées. Il est, en effet, limité par la densité de la végétation : forêt dense sempervirente sur les versants et dans les talwegs, maquis à faciès paraforestier sur les interfluvies. Dans un bassin-versant densément couvert - comme celui de la Dumbéa dans le sud-est de l'île - l'ablation d'origine mécanique a été estimée à 20 tonnes/km²/an (Baltzer et Trescases, 1971).

B - Les symptômes de la dégradation

Dans les conditions qui viennent d'être évoquées, le décapage de la couverture végétale et des horizons supérieurs du sol en vue de l'extraction du minerai a entraîné en très peu de temps une exacerbation des processus d'érosion, affectant outre la dynamique des versants, la morphogénèse fluviale et littorale, et subséquemment les écosystèmes propres à ces milieux.

1. Les sites d'extraction et leurs abords

Au pourtour des carrières, l'absence de cohésion des déblais favorise l'incision et la concentration du ruissellement. Un appareil torrentiel se met rapidement en place. Des cônes de déjection se forment aux points de jonction des premières branches du réseau hydrographique (photo 2). Des mouvements de masse se déclenchent çà et là dans les décharges où prédominent les produits ferrugineux fins des horizons latéritiques. D'une façon générale, l'ensemble du drainage interne des formations superficielles est diminué. Parallèlement, on observe une augmentation des débits de pointe, corrélativement à une réduction du temps de montée et du temps de concentration des eaux.

Au plan écologique, la dégradation des périmètres miniers se traduit entre autres, par des difficultés de reconstitution naturelle de la végétation, celle surtout des carrières et des décharges riches en débris rocheux. Les conditions très défavorables de la nutrition minérale des plantes et l'aridité du sol en saison sèche expliquent en grande partie ces difficultés (Jaffré *et al.*, *op. cit.*). Seules les décharges où prédominent les produits latéritiques fins présentent des signes tangibles, quoique modestes, de régénération ; le taux de recouvrement y est de l'ordre de 20 % dix ans après l'arrêt de l'exploitation. Cependant, les risques de disparition des peuplements les plus remarquables sont moindres actuellement qu'au cours de la décennie écoulée, les exploitants s'efforçant désormais de préserver les espèces ligneuses.

2. Les lits fluviaux

L'accélération de l'ablation sur les versants entraîne une forte augmentation des transports solides. Les blocs et les galets des décharges s'accumulent en grande quantité dans les portions de lit à fond rocheux des parties hautes des cours d'eau, imprimant à ces tronçons une dynamique de lit à fond mobile. Mais on a constaté que des crues ultérieures pouvaient conduire en quelques années à une vidange de cette charge de fond "artificielle" et rétablir la tendance naturelle à l'incision.

En aval, les tronçons de lit à plus faible pente et à fond alluvial naturel subissent des modifications géométriques. Sur les portions où s'effectuent encore des charriages de fond importants, on observe un élargissement sensible de la section droite (photo 3). L'érosion des berges est intense. Par ailleurs, la tendance au sous-écoulement pendant la saison sèche s'accroît, ainsi que celle à la subdivision des eaux de surface (Iltis et Crozier, 1987). Dans la plupart des cas, le lit s'exhausse - au moins temporairement - et les cotes d'inondation s'élèvent, en particulier dans les vallées étroites du versant oriental.

La physionomie de la végétation qui borde le lit ordinaire est également modifiée, bien que de façon moins brutale qu'aux abords des périmètres miniers. Au départ, on assiste à l'élimination ou à la régression des peuplements ripicoles sensibles aux crues inondantes. Par la suite, les bourrelets de crue sont peu à peu colonisés, principalement par des espèces à faible productivité. Dans le lit majeur, on constate des signes de dégradation du pâturage (paragraphe III.B.2).

3. Le littoral

La majeure partie des déblais transportés en suspension atteint l'embouchure des cours d'eau et les marais maritimes. A la différence du domaine côtier occidental où la mangrove, largement développée, retient une grande quantité de produits, on constate sur le versant oriental, un engraissement et une progression sensible des constructions littorales depuis une vingtaine d'années. Côté ouest, lorsque la mangrove ne peut filtrer toute la charge solide, des bancs de boue se forment en avant du rideau végétal. Dans certaines anses peu profondes, il s'ensuit un ensablement important et une turbidité élevée. Celle-ci peut devenir rémanente si le secteur n'est pas suffisamment protégé des vents dominants. L'extension de la mangrove elle-même subit des variations liées à cette arrivée massive de sédiments. Quand le bassin hydrographique donne sur une plaine d'inondation suffisamment vaste pour permettre une diminution de la vitesse des écoulements de pointe, le stress écologique est minimal, notamment s'il y a conjonction entre la crue et un niveau marin élevé ; en quelques années, la mangrove conquiert les vasières néoformées, préférentiellement sur

sa frange externe. En revanche, des cas de destruction de l'arrière-mangrove ont été observés au débouché de petits bassins-versants à régime torrentiel et à piémont étroit.

Le tableau I résume les effets géomorphologiques et écologiques majeurs du remaniement des déblais miniers. Un bilan effectué à l'échelle de l'île mentionne une vingtaine de bassins sur le versant occidental dans lesquels la dynamique fluviale a été modifiée de façon significative, et une quinzaine sur le versant oriental (Bird *et al.*, 1984). Les portions supérieures et moyennes du lit - où se réalise l'essentiel des transports de fond - sont les plus affectées. Onze embouchures et marais maritimes sur chaque versant subissent, en outre, une accélération de l'évolution biogéodynamique (fig. 2).

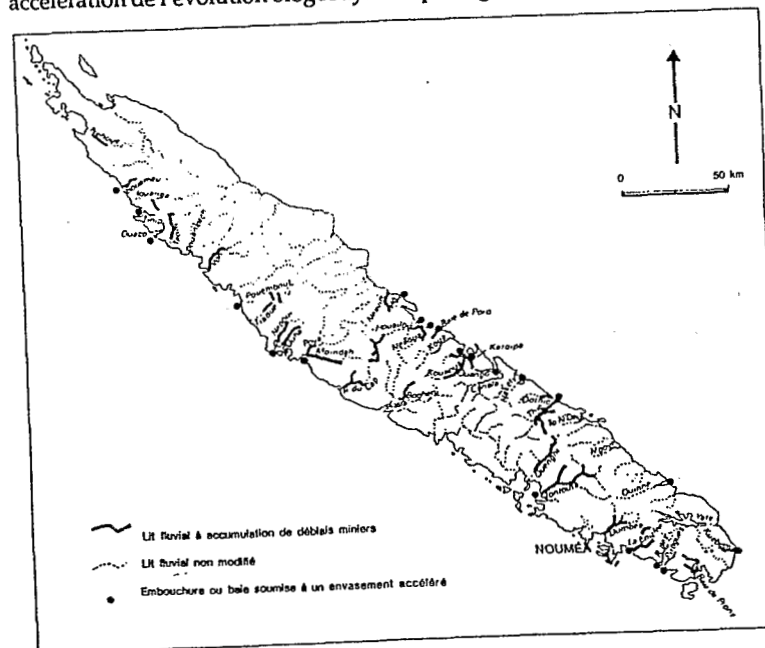


Figure 2 - L'impact des déblais miniers sur le réseau hydrographique et le littoral de la Grande Terre

En regard de l'ampleur de ces phénomènes, l'adoption vers le milieu des années soixante-dix des premières mesures de protection - ponctuelles et quelquefois inadaptées - a été insuffisante. Toutefois, l'intérêt d'une exploita-

Tableau I - Principaux effets du remaniement des déblais miniers

	Effets géomorphologiques	Effets écologiques
VERSANT A DECHARGES MINIERES NON CONTROLEES	- Désorganisation du drainage interne du sol - Formation d'un appareil torrentiel : rigoles, ravins, cônes de déjection - Mouvements de masse : coulées boueuses, laves torrentielles	- Destruction ou asphyxie de la végétation : forêt humide sempervirente, maquis de basse et moyenne altitudes - Reconstitution très lente, variant suivant le substrat
LIT FLUVIAL	LIT ORDINAIRE	
	- Encombrement par des éléments grossiers (blocs, galets) - Petits drains : extension de la nappe sous-fluviale, tarissement - Drains d'ordre supérieur : sapements de berges, recul de la basse terrasse, élargissement du lit	- Destruction ou régression des peuplements ripicoles sensibles, ex. : Pandanus oblongus - Colonisation rapide des levées alluviales par Casuarina collina ("Bois de fer") - Réapparition de Pandanus oblongus, plusieurs années après Casuarina - Extension de la forêt-galerie
	LIT D'INONDATION	
	- Dépôts de fines - Diminution de la perméabilité du sol	- Dégradation du pâturage : remplacement de Stenotaphrum (Buffalo grass) par Imperata cylindrica
EMBOUCHURE	- Filtrage par la mangrove d'une partie de la charge solide - Dans l'axe des chenaux fluvio-marins, formations de bancs de boues sur les vasières - Envasement des fonds de baies - Turbidité, quelquefois rémanente, dans la zone infratidale.	- Progression de la couronne externe de la mangrove (Rhizophoras dominants) - Quelques cas de progression de l'arrière-mangrove (Avicennias) - Incidences faunistique et floristique mal connues, notamment sur les biocénoses et biotopes coralliens.

tion pondérée des ressources minérales étant apparu petit à petit à toutes les parties, ces mesures ont été perfectionnées et appliquées ensuite avec un certain succès à la plupart des centres miniers en activité.

II - LES AMENAGEMENTS

A - La prise de conscience et l'évolution des opinions

Devant la détérioration de leur cadre de vie, les populations installées à proximité des mines n'ont pas tardé à réagir ; mais leurs réactions ont différé suivant les époques, les régions et le mode d'occupation du sol. Il y a eu en une vingtaine d'années, parallèlement aux variations d'intensité des phénomènes de dégradation, une évolution des rapports entre riverains, exploitants et l'administration.

1. Le temps de la prospérité et des indemnités (du milieu des années 1960 au milieu des années 1970)

Les plaintes pour pollution émises par les riverains commencent à s'accumuler auprès du Service des Mines du Territoire en 1965, à l'amorce de la période la plus faste de la production de nickel en Nouvelle-Calédonie. Quelque temps après, le cyclone Colleen (1969), puis d'autres cyclones (Carlotta et Wendy en 1972, et surtout Alison en 1975) provoquent de gros dégâts. Mais une part importante des dommages subis par les éleveurs européens et par les tribus mélanésiennes n'est pas recensée par l'administration, car les litiges sont souvent réglés à l'amiable entre les parties directement impliquées. Il est vrai que dans le budget des compagnies - de plus en plus euphoriques - le versement d'indemnités est souvent affaire insignifiante. Les sommes sont, malgré tout, assez substantielles. La principale compagnie versa, par exemple, plus de 400 000 FF pour dédommager et reloger trois tribus de la région de Thio après le passage de Alison. Sur le versant ouest, un "petit mineur" distribua en deux fois (1974 et 1977) près de 2 300 000 FF à des habitants du centre et du sud de l'île. Mais, tandis que se développe la pratique des compensations en espèces sonnantes et trébuchantes - entraînant d'ailleurs une véritable spéculation sur les indemnités - la pollution s'aggrave. Aucune mesure d'envergure n'est prise pour remédier aux causes premières de la dégradation.

Prenant peu à peu conscience du problème, les pouvoirs publics créent en 1968 une commission chargée de l'estimation des "troubles et dommages". Mais la marge de manoeuvre de cette commission, qui ne peut intervenir qu'une fois les dégâts occasionnés, est étroite. Aussi se voit-elle confier en plus, à partir de 1973, un rôle préventif : celui de "visiter les futurs sites d'explo-

tation préalablement à tout démarrage de travaux et (de) fixer les prescriptions techniques propres à empêcher normalement toute pollution excessive du voisinage". A côté de l'administration et des compagnies, elle réunit les représentants des riverains - autorités coutumières ou élus communaux -, des organismes publics de recherche et des associations écologiques. Cette commission mettra, néanmoins, des années pour asseoir son autorité, surtout auprès des petites compagnies. Ces dernières, s'estimant protégées par les dispositions - souvent désuètes - du droit minier, n'hésitent pas à pratiquer le chantage à l'emploi ou la mise devant le fait accompli. De son côté, le Territoire s'efforce de nuire le moins possible à la seule activité économique d'envergure de l'archipel et de préserver sa principale source de revenus fiscaux, au moment où la production commence à s'essouffler.

On assiste, à la même époque, à la multiplication des comités écologiques communaux. La plupart d'entre eux auront une existence éphémère, à mi-chemin d'une défense raisonnée du cadre de vie et d'une jacquerie alimentée par la dureté croissante des temps. Plus avisée, l'Association de Sauvegarde de la Nature Néo-Calédonienne, créée en 1972, attirera très tôt l'attention de l'opinion sur la disparition de peuplements végétaux et sur la menace pesant sur beaucoup d'autres peuplements - la flore des terrains "miniers" (péridotites et serpentinites) étant en quasi-totalité endémique à l'archipel -, tout en réalisant des actions à caractère éducatif, en concertation avec certains exploitants.

2. La récession et les mesures de sauvegarde (depuis le milieu des années 1970)

A partir de 1976, la Nouvelle-Calédonie, plus que jamais en situation de monoproduction, s'enfoncé progressivement dans un marasme largement lié à la stagnation de la demande internationale en matières premières, mais aussi à l'émergence de concurrents du Tiers monde. Les compagnies, qui par ailleurs allègent leurs frais en licenciant massivement, rechignent à verser de l'argent après chaque cyclone, et de gré ou de force, prennent des dispositions de plus en plus réalistes pour se prémunir contre de nouvelles réclamations. Rancœur des pratiques complaisantes de la période de prospérité : à défaut d'indemnités, des riverains pollués se mettent à exiger des emplois sur la mine. Des conflits parfois violents éclatent avec certains "petits mineurs", dans l'incapacité de satisfaire de telles revendications, comme celui de Ngoye, sur la côte est, en 1978.

De son côté, la puissance publique intensifie son action en instituant de nouveaux périmètres de protection. Ceux-ci ont pour but de garantir la qualité des captages d'eau potable et - fait nouveau - de sauvegarder certains massifs forestiers en tant qu'éléments du patrimoine naturel. Depuis 1971, le Territoire

encourage également les essais de remise en végétation des carrières et des décharges abandonnées. La composition chimique très déséquilibrée des sols rend, toutefois, la tâche délicate. Des résultats satisfaisants ont été obtenus avec certaines espèces arbustives. En revanche, ils ont été très décevants en matière d'enherbement, amenant la poursuite avec la même intensité du ruissellement et du décapage des versants.

Les périmètres miniers ont ainsi connu des évolutions géomorphologiques et écologiques divergentes au cours des dix dernières années. La plupart des mines en activité au moment du boom du nickel, puis délaissées, sont toujours dépourvues d'ouvrages de protection et continuent à dégrader l'environnement à intervalles réguliers. Leur aménagement éventuel, qui nécessiterait des investissements énormes, pose actuellement un problème sans solution. A l'opposé, des normes d'extraction prenant en compte le milieu naturel ont été appliquées aux exploitations récentes, au point que les techniques antiérosives qui y ont été déployées apparaissent, dans certains cas, comme des modèles en matière de conservation des sols en zone tropicale montagneuse.

B - Les réalisations

Divers travaux destinés à limiter les effets de la pollution minière ont été entrepris ces dernières années, à l'instigation de la commission experte en la matière. Ces travaux visent des objectifs complémentaires :

- aménager les voies d'accès de façon rationnelle ;
- fixer les déblais sur les décharges ;
- arrêter le plus tôt possible les matériaux entraînés dans le réseau

hydrographique.

1. L'aménagement des pistes

Avant le démarrage de toute activité dans un secteur vierge, la commission de prévention des dégâts miniers s'assure que le tracé des voies d'accès aux gisements minimise les risques d'érosion. Puis elle vérifie que les mesures d'accompagnement couramment préconisées en la matière sont appliquées, c'est-à-dire :

- l'extraction des déblais et leur évacuation vers des sites de décharges contrôlées, eux-mêmes à aménager, le cas échéant ;
- la collecte, sur la bordure amont de la route, des eaux de ruissellement, pour permettre à celles-ci de rejoindre latéralement les talwegs ;
- la conservation sur la bordure aval d'un bourrelet (merlon).

Une attention presque aussi vive est demandée aux compagnies au moment de l'ouverture des itinéraires de prospection, même si, depuis 1975, la diminution de la demande en minerai néocalédonien a d'elle-même beaucoup freiné la recherche de nouveaux gisements, après que celle-ci ait été des plus frénétiques à l'époque du "boom". Dans le bassin hydrographique de la rivière Népoui, les matériaux déplacés par la construction de pistes de toutes sortes, représentent environ 5 millions de tonnes. Ils contribuent pour près de 17 % à l'accroissement de la charge solide des eaux fluviales.

2. La fixation des décharges

Cet aménagement est effectué en terrain peu accidenté, le plus près possible des carrières, afin de limiter les déplacements des camions. Il s'agit en général d'une ancienne plate-forme d'extraction dont le gisement est arrivé à épuisement. L'aménagement consiste à réaliser une cuvette de capacité au moins égale à la quantité de matériaux rejetée, à verrouiller cette cuvette en aval à l'aide de la fraction grossière des déblais (blocs de roche et de cuirasse), puis à taler et à compacter les couches successives à granulométrie fine (latérites), enfin à reboiser la surface au terme de l'exploitation.

Dans les massifs où l'altitude des mines est élevée et la pluviométrie forte, une attention particulière doit être portée à l'évacuation des eaux de ruissellement et au drainage interne des couches de latérite. L'ouvrage est, cependant, de conception aisée et souple. Sa capacité de stockage peut être augmentée en exhaussant le verrou selon une pente inférieure à la pente naturelle du versant. Un site favorable peut emmagasiner des millions de tonnes de résidus, c'est-à-dire le reliquat de plusieurs années d'activité, évitant ainsi la multiplication des décharges et la dispersion des moyens d'entretien. Dans certains massifs, les sites adéquats sont, toutefois, peu nombreux.

Un supplément de main-d'oeuvre et de moyens techniques (camions, pelle hydraulique ou bull-dozer, scarificateur, compacteur) est nécessaire à la réalisation d'une décharge fiable. Mais il est justifié dans la mesure où l'on peut constater, *a contrario*, l'étendue des dégâts que continuent d'occasionner les décharges sauvages des mines abandonnées au début des années 1970. Quel que soit le massif, la part des matériaux des décharges est prédominante dans le total des produits que l'activité minière mobilise sous une forme ou une autre et livre à l'érosion, en l'absence de travaux de protection. D'après nos estimations, cette part dépasse 80 %, par exemple, dans le bassin de la Népoui, soit environ 24 millions de tonnes. Si l'on veut établir un bilan d'ablation exhaustif sur les versants, il faut encore ajouter à cette quantité théorique l'ablation de formations en place à l'aval des décharges, et emportées à la suite de la désorganisation du drainage sur tout ou partie du versant.

PLANCHE I



Photo 1 - Décharge non contrôlée (mine de Boakaïne, Canala, versant est).

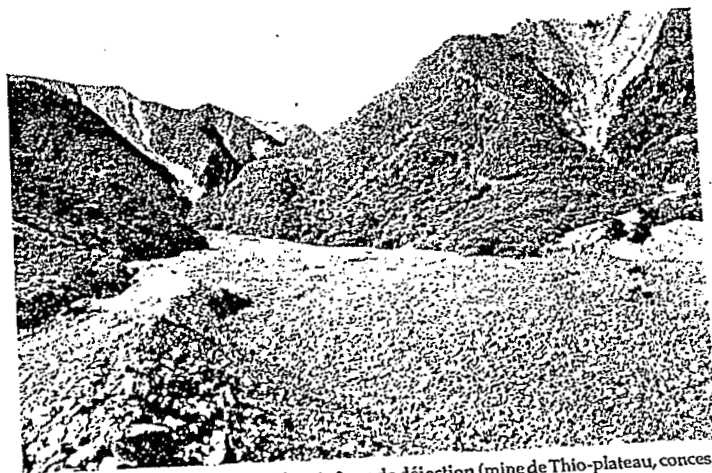


Photo 2 - Décharges non contrôlées et cônes de déjection (mine de Thio-plateau, concessions Wellington et débris, versant est).

(Clichés J. ILTIS)

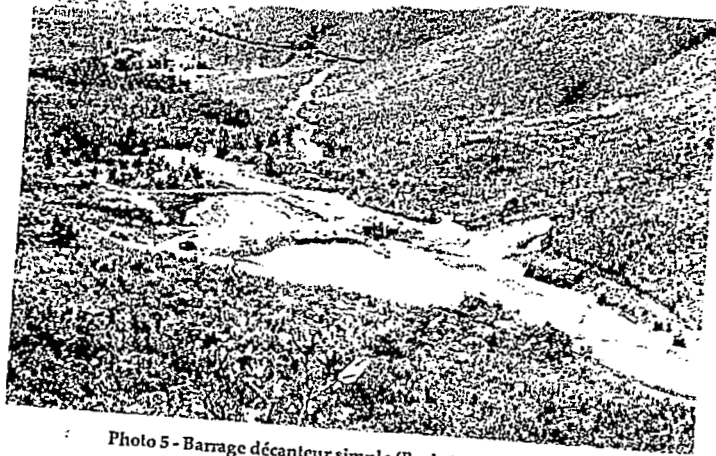


Photo 5 - Barrage décanteur simple (Boakaine, versant est).

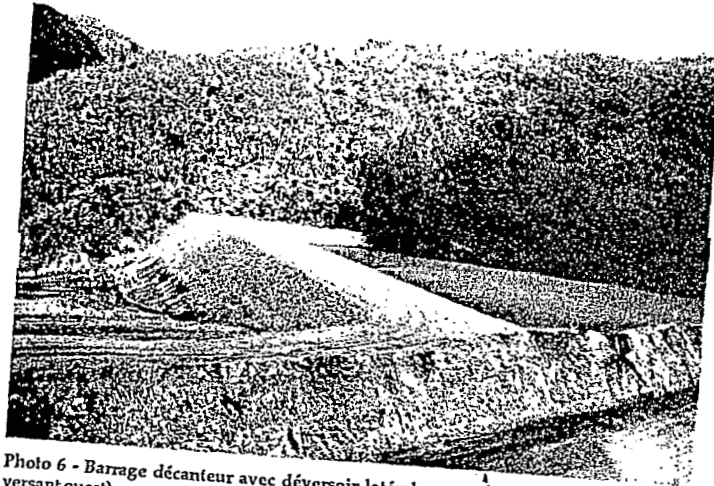


Photo 6 - Barrage décanteur avec déversoir latéral au premier plan (Népoui-Ouaté, versant ouest).

(Clichés J. ILTIS)

Il ne peut être supporté que par la puissance publique, relayée de façon occasionnelle par les compagnies les plus aisées.

Depuis leur adoption, le coût global des mesures de protection et de restauration de l'environnement a varié selon les conditions du milieu, mais aussi selon les compagnies. Il s'est traduit par un surcoût moyen de 5 % sur le prix de revient du minerai pour les exploitants dont les réalisations ont été rudimentaires, et de près de 10 % pour ceux qui se sont attachés à réduire le plus possible les risques de pollution (Service des Mines, *op. cit.*). Par contre, les mesures les plus efficaces - ou les plus spectaculaires ? - ont eu une incidence favorable sur les rapports avec les groupements humains établis dans les environs. Dans les meilleurs cas, les conceptions entièrement opposées qu'avaient au départ les différentes parties de l'exploitation des ressources minérales, ont commencé à se rapprocher.

III - VERS UNE GESTION EQUILIBREE DES RESSOURCES NATURELLES ?

Depuis quelques années, il est manifeste que les techniques antiérosives déployées autour des mines en activité sont, sauf exception, de mieux en mieux maîtrisées. Elles répondent à l'objectif prioritaire qui leur a été désigné : freiner la déstabilisation des versants et des lits fluviaux. En outre, avec un minimum de suivi, ces aménagements devraient contribuer, à plus ou moins long terme, à la reconstitution des ressources en terres et en eaux, sinon au rétablissement des conditions écologiques initiales. Par ricochet, les mesures antipollution sont aussi profitables aux compagnies minières elles-mêmes, qui voient diminuer les plaintes et les conflits avec les riverains, et plus généralement, à l'exploitation de l'ensemble des ressources biologiques terrestres et littorales.

A - Une économie rurale encore peu touchée

Dans l'immédiat, si l'on omet les incidences proprement écologiques de la pollution, et notamment des situations critiques dans les secteurs de Népoui, Tontouta, Thio et Canala (fig. 2) - mais qui n'affectent guère les populations - le catastrophisme n'est pas de mise lorsqu'on évalue les conséquences économiques de ce phénomène. Toutefois, cette appréciation vaut exclusivement pour le contexte actuel des zones rurales de la Grande Terre, et pour celui des proches années à venir : une spécialisation minière excessive et, corrélativement, la faiblesse des autres activités à caractère commercial (agriculture, élevage, sylviculture, aquaculture, pêche et tourisme).

L'étendue relativement restreinte des préjudices économiques liés à la pollution s'explique, en premier lieu, par un élément démographique : le sous-

3. Les retenues

La finalité, les dimensions - et en définitive le coût - des ouvrages destinés à retenir les produits entraînés dans le réseau hydrographique varient selon la distance sur laquelle ces produits ont été emportés et selon la compétence du cours d'eau à hauteur du site sélectionné.

A l'amorce des axes de drainage pollués ou menacés de l'être, il est d'usage à présent de bâtir de petits barrages filtrants. Ceux-ci complètent l'aménagement des périmètres de déversement de déblais, car ces derniers, qui surplombent les sites de retenue ou qui leur sont attenants, laissent toujours échapper une certaine quantité de particules, en dépit du soin qui peut être apporté à l'installation des décharges. Formée de blocs et d'autres éléments grossiers assurant à la retenue une certaine porosité, celle-ci doit barrer entièrement la section et être construite sur une portion peu inclinée, afin de provoquer un ralentissement de l'écoulement et le dépôt des éléments en suspension. L'installation est peu coûteuse (entre 30 000 et 180 000 FF actuels) ; elle nécessite toutefois une surveillance régulière, car les risques de colmatage ou de brèches sont importants (photo 4).

Dans les fonds de vallées, à des kilomètres parfois des exploitations, l'ouvrage-type est un barrage-poids, capable de résister à des débits de pointe de fréquence rare et d'assurer une fonction de décantation (photo 5). Il doit être parfaitement étanche ; un déversoir latéral est construit pour l'évacuation des eaux de crue (photo 6). A la différence des travaux précités, il ne peut être conçu que par un bureau d'études expérimenté. Ce type de retenue piège une charge de fond importante ; il tend ainsi à se combler rapidement. Sur le cours inférieur de la rivière Ouenghi, dont le haut bassin est pourvu en ouvrages antiérosifs efficaces, un débit solide (en suspension) de 78 000 tonnes a été mesuré lors du passage du cyclone Alison. Des transports de pointe plus importants - associant charriages de fond et suspensions - sont vraisemblablement réalisés certaines années sur les tronçons qui traversent des secteurs comportant des périmètres d'extraction non protégés.

Si la décision d'aménager le lit de ces cours d'eau est prise un jour, il conviendra d'être très attentif au choix des sites de retenue, et notamment à la solidité des ancrages latéraux, ainsi qu'à la vitesse du remplissage alluvionnaire. Pour éviter que les ouvrages n'aient une durée de vie trop réduite, ou des déconvenues encore plus préjudiciables que celles que provoque l'absence d'ouvrages, un entretien régulier s'imposera inéluctablement. A défaut de vannes de fond dont l'ouverture périodique permettrait la chasse des matériaux stockés en amont, le curage et l'évacuation des produits par le déversoir latéral seront indispensables. Pour l'heure, l'énormité du devis estimatif des travaux initiaux écarte toute perspective d'aménagement global de ces secteurs. Le prix d'un barrage de décantation en fond de vallée se situe actuellement dans une fourchette comprise entre 300 000 et un million de francs.

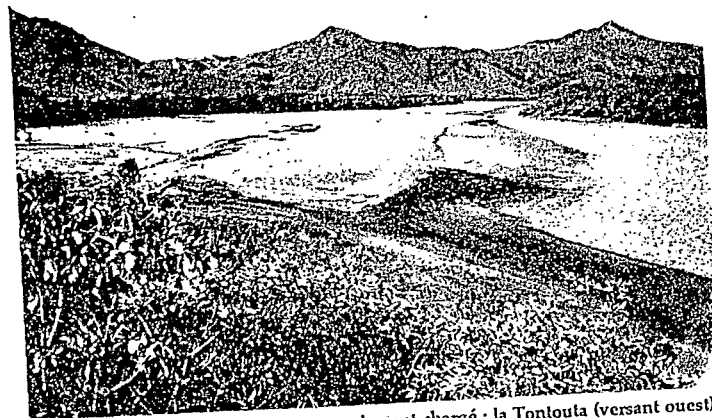


Photo 3 - Exemple de lit fluvial anormalement chargé : la Tontouta (versant ouest). La largeur du lit atteint ici près de 200 m.

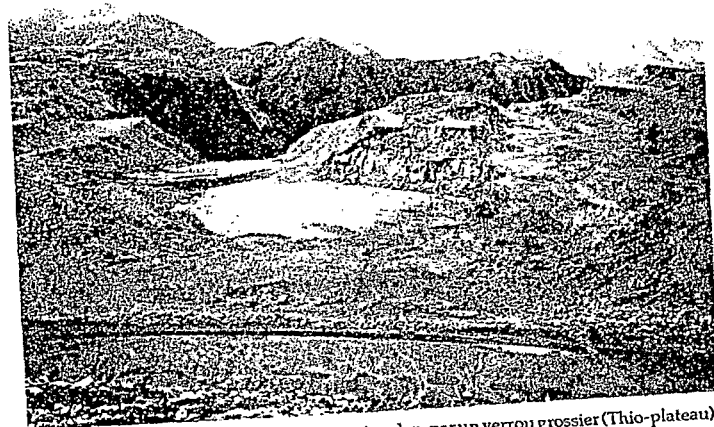


Photo 4 - Barrage filtrant. Précédé, au premier plan, par un verrou grossier (Thio-plateau).
(Cliché J. ILTIS)

peuplement de ces zones et surtout l'absence fréquente de populations, et donc de plaintes, dans les secteurs les plus pollués. La rigueur des conditions naturelles est en partie responsable de ces carences démographiques ; elle impose une grande pauvreté de ressources dans ces milieux. Le cumul, assez commun dans les massifs miniers et aux alentours, d'une topographie tourmentée, de sols ingrats, même quand la pente s'atténue (sols ferrallitiques fortement désaturés et vertisols magnésiens), et d'un climat capricieux (saison des pluies de courte durée et d'occurrence peu régulière) a d'ailleurs fait échouer à lui seul nombre de projets économiques et fait de certaines plaines alluviales, de la côte ouest en particulier, de véritables déserts humains. La densité moyenne dans l'ensemble des zones rurales de la Grande Terre est inférieure à 4 habitants/km², inférieure à 8 sur le versant occidental, et à 11 hab./km² sur le versant oriental, dans la tranche altitudinale la plus peuplée (0-100 m).

Ces sous-peuplement est également en partie à l'origine de l'insignifiance des productions habituelles du secteur rural, en dépit des potentialités offertes par des domaines plus favorisés que les endroits cités. Depuis une vingtaine d'années, l'ensemble de ces produits participe pour moins de 5 % à la formation du PIB (contre 15 à 25 % ou plus pour l'industrie minière et métallurgique). Cet ensemble représente 40 % à peine de l'approvisionnement en denrées alimentaires de l'archipel. Des importations de plus en plus nombreuses, accentuant une tradition séculaire de comptoir, expliquent la modicité de ces activités. Au-delà de ces facteurs, la persistance d'un large secteur vivrier, à nette prédominance de producteurs mélanésiens, et la faiblesse du peuplement global de l'archipel, malgré une capitale hypertrophiée, sont de toute manière responsables d'un marché intérieur très étroit et peu motivant. Mais cette situation doit beaucoup aussi à l'omniprésence, depuis près d'un siècle, de l'activité minière. Celle-ci a entravé de façon indirecte le développement d'un secteur rural solidement structuré, surtout depuis l'après-guerre. Lors du "boom" du début des années 1970 en particulier, le nickel et ses emplois périphériques ont découragé la plupart des initiatives dans les autres branches d'activité du secteur primaire, en détournant de leurs occupations habituelles les éléments les plus dynamiques de la population, auxquels ils procurèrent des gains immédiats et substantiels.

B - Les préjudices

Pour les raisons précitées, la perspective d'une crise provoquée par une pénurie de ressources en eaux et en terres agricoles est écartée pour un long temps encore. La pollution minière n'en est pas moins, depuis plus de deux décennies, une pomme de discorde périodique et une source de préjudices pour la collectivité, les populations riveraines et les systèmes d'exploitation gérés par celles-ci. Les temps forts de ces événements se situent au moment des crues

Lutte contre l'érosion en Nouvelle-Calédonie

brutales qu'engendre le passage d'un cyclone ou d'une dépression tropicale, voire de fortes pluies en dehors de la saison estivale.

1. Les effets sur les voies de communication et les zones habitées

Dans les fonds de vallées particulièrement encaissées, les voies de communication et les ouvrages d'art subissent régulièrement des dégâts. Tronçons de route, radiers et ponts sont emportés ou ensevelis sous une masse de sédiments grossiers provenant généralement de décharges minières non stabilisées. Dans la plupart des cas, l'exploitation a déserté les lieux depuis longtemps, et les travaux de restauration sont effectués par les municipalités, celles-ci étant mises dans l'obligation de rompre rapidement l'isolement des populations excentrées. Sur le versant oriental, l'abondance des accumulations est telle parfois qu'elle rend impossible l'accès à certains villages, par la rivière, alors que celle-ci était auparavant navigable dans son cours inférieur (cas de la Koua Méré et de la Thio).

Sur le même versant, au pied des massifs de péridotites, de petits groupements humains, mélanésiens pour la plupart, sont souvent touchés directement. En effet, par suite de l'exhaussement du lit, les risques liés aux crues sont amplifiés. Les cotes d'inondation tendent à s'élever, la tendance étant d'autant plus accentuée que la zone inondable est étroite. Les habitations, jardins, vergers et points d'alimentation en eau potable sont davantage menacés. Toutefois, l'instauration de périmètres de protection des captages communaux et particuliers a permis de limiter la détérioration des ressources en eau des zones habitées.

Sur un plan qui préoccupe les communes à la recherche d'une diversification de leur activité économique, la pollution, y compris dans ses manifestations mineures, amène la plupart des investisseurs à renoncer à leurs projets de développement touristique. Elle est perçue très nettement par un oeil étranger comme un trait qui défigure les paysages : montagnes, cours d'eau, et davan- tage encore le bord de mer, quand il est souillé par les boues ferrugineuses.

2. Les effets sur les systèmes de production

Les systèmes d'exploitation agro-pastoraux subissent généralement des dégradations peu spectaculaires ; mais celles-ci altèrent de façon sensible le rendement des productions commerciales, ou réduisent la part des produits destinés à l'autoconsommation. Il en va ainsi surtout sur les terrains agricoles situés en bordure des cours d'eau, car ceux-ci offrent habituellement une fertilité naturelle élevée (alluvions des basses et moyennes terrasses). Ces terrains

pâtissent, selon les endroits, de pertes en terre par érosion latérale ou, au contraire, d'atterrissements de boues latéritiques et de matériaux plus ou moins grossiers, dépourvus, dans un cas comme dans l'autre, de toute fertilité. Ces phénomènes entraînent des pertes lourdes de conséquences quand ils anéantissent des cultures vivrières ou maraîchères, mais de moindres dommages quand il s'agit de cultures céréalières.

La pollution minière exerce également des effets néfastes sur l'élevage bovin, alors que celui-ci conserve bon an, mal an, une certaine importance économique, en dépit des difficultés de toutes sortes qu'il rencontre depuis quelques années. Dans le champ d'inondation, les produits limono-argileux à dominante ferrugineuse recouvrent en partie la strate herbacée. Leur dépôt provoque une réduction de l'assimilation chlorophyllienne et une diminution de l'activité respiratoire du couvert. Ces processus entraînent des troubles de croissance et de nutrition, notamment de *Stenotaphrum secundatum* (Buffalo grass). Au terme de cette évolution, l'espèce est remplacée par une herbe de moindre valeur nutritive, *Imperata cylindrica* (Jaffré et al., op. cit.). Le pâturage se dégrade également par temps sec, de part et d'autre des pistes, sous l'influence des poussières émises par les véhicules. En saison sèche, on observe, en outre, une diminution du nombre de points d'approvisionnement en eau pour le bétail dans les lits pollués. L'accumulation de sédiments d'origine minière favorise, en effet, l'infiltration dans la nappe sous-fluviale ; elle peut même conduire au tarissement complet des drains de petite dimension.

En revanche, l'incidence de la pollution sur les exploitations forestières est minime, car ce secteur d'activité, globalement insignifiant en comparaison de l'élevage, est, de surcroît, à peu près inexistant dans les massifs miniers. Du reste, à l'intérieur de ces massifs, les secteurs qui ont subi le plus de dégâts sont davantage ceux du maquis naturel ou secondarisé, nettement plus étendu à basse et à moyenne altitudes que les zones à couverture forestière. L'exploitation des ressources biologiques aquatiques est, en comparaison, beaucoup plus menacée. La pêche des crevettes d'eau douce ("chevrettes") dans les ruisseaux de montagne, qui pour certaines tribus mélanésiennes constitue un élargissement saisonnier de l'autoconsommation et parfois un appoint de ressources financières, a régressé en de nombreux points.

Sur le littoral, où les connaissances scientifiques ont encore un caractère trop général, se pose la question de l'influence sur la faune de la surabondance des sédiments d'origine minière et de l'augmentation de la turbidité des eaux. Sur ce dernier point, les témoignages et récriminations des riverains semblent quelquefois subjectifs. Il convient de relativiser certains jugements, car une forte coloration des eaux chargées en suspensions ferrugineuses n'indique pas nécessairement une turbidité élevée (Launay, 1972; Trescases, 1975). Quand tel est néanmoins le cas, celle-ci ne représente probablement pas une nuisance extrême pour de nombreux organismes vivants, dans la mesure où la durée du phénomène excède rarement quelques jours.

Par contre, dans toute perspective d'aquaculture en marais maritime - activité qui connaît un certain essor à l'heure actuelle - une grande attention doit être portée au préalable à la migration de ces matériaux. Il est d'ailleurs préférable d'implanter des bassins à une assez grande distance des embouchures de rivières dont la charge solide est élevée. La mangrove d'embouchure constitue un écosystème sensible aux accumulations brutales de sédiments (paragraphe I.B.3). Son bon état de conservation est important, car elle est le lieu de reproduction d'un certain nombre d'espèces animales extrinsèques, et une source de produits indispensables à l'alimentation des populations limitrophes : crabes de palétuviers, coquillages, poissons, etc. De même, l'influence défavorable de fortes turbidités et de dépôts terrigènes abondants sur les biocénoses des eaux proches du littoral semble établie. Selon des témoignages concordants de pêcheurs et de plongeurs, il y aurait une réduction notable des stocks de poissons d'intérêt alimentaire, mais sur un espace malgré tout restreint. Dans les biotopes coralliens, on observe, semble-t-il, des différences de comportement extrêmes selon les genres de Madréporaires.

En définitive, compte tenu du rôle d'éléments non quantifiables et d'effets fluctuants dans l'espace comme dans le temps, le coût global de la pollution minière est pour ainsi dire impossible à évaluer. Lors des années pendant lesquelles ne survient aucun événement pluviométrique marquant, il est vraisemblablement inférieur au prix des mesures conservatoires adoptées sur les mines en cours d'exploitation. En année à dégâts importants, c'est la situation inverse ; mais le manque à gagner qu'ils occasionnent et les travaux de restauration qu'ils nécessitent ne représentent probablement pas plus de 1 % du PIB. Cette incidence, somme toute assez modeste, peut masquer néanmoins des situations ponctuelles assez dramatiques, notamment pour des populations confinées dans des espaces exigus et qui dépendent encore en grande partie d'un système d'autoconsommation.

C - Poursuivre la lutte ou laisser faire la nature ?

1. Esquisse d'un premier bilan

À l'issue de la douzaine d'années depuis laquelle des travaux ont été entrepris, le bilan de la lutte contre l'érosion et la pollution minières est modeste, car la plupart des bassins-versants restent à aménager. Mais il est déjà positif dans les secteurs les mieux équipés, car ceux-ci n'ont subi ensuite que des dommages minimes. De plus, le coût de ces travaux a été inférieur à celui des dégâts qui ont été infligés pendant ce temps aux installations humaines dans les zones restées insuffisamment protégées. Cette appréciation d'arithmétique à court terme ne tient pas compte, d'ailleurs, de l'impact des ouvrages sur les espaces non exploités par l'homme (une restauration lente, mais effective des

équilibres écologiques), ni de l'aggravation des déséquilibres, en l'absence d'ouvrages. Ces éléments échappent à l'évaluation économique, de même que l'incidence des changements d'attitude des populations à l'égard des compagnies minières, lorsque la pollution régresse.

Si l'on inclut ce dernier aspect, le bilan est également favorable aux mineurs qui ont accompli le plus d'efforts. Ceux-ci, d'une part, ne sont plus astreints à payer des indemnités aux riverains, les préjudices allant en décroissant. En outre, les polémiques et les tensions diminuent. Certes, l'atténuation des conflits s'explique probablement aussi par la fermeture de plusieurs centres miniers (dont Népoui, Poro, Ouinné et Ngoye), par le ralentissement de l'activité dans d'autres centres et par l'aggravation consécutive du chômage à ces problèmes. En tout état de cause, que les exploitants aient ou non joué de ces circonstances et pratiqué, de surcroît, une politique habile d'embauche en recrutant en partie dans les villages environnants, leur image de marque s'est progressivement redressée auprès des habitants, parce que les biens de ces derniers sont à présent beaucoup moins menacés.

En revanche, la réputation de "pollueurs" des mineurs qui ont eu tendance à négliger les mesures de protection s'est établie durablement, même si nombre d'entre eux n'ont exercé qu'une activité éphémère au moment du "boom". Dans ce type de situation, les pouvoirs publics ou les municipalités ont pris le relais des sociétés défaillantes. Mais la menace de nouvelles controverses plane sur les secteurs dans lesquels aucune solution d'envergure n'a été apportée, en particulier sur le versant oriental. Il est à craindre, d'ailleurs, que les antagonismes politiques et fonciers, qui se sont considérablement accrues ces dernières années, n'interfèrent avec les considérations écologiques ou économiques habituelles et enveniment ces situations.

2. Des choix à effectuer

Qu'ils soient écologiques, économiques, ou, plus rarement, sociaux, les enjeux de la pollution minière peuvent difficilement être ignorés. Prédateur de milieux naturels, de ressources humaines et d'espaces de vie, le mineur se doit de reconstituer les richesses soustraites ; s'il est défaillant, ce rôle revient à la puissance publique. Celle-ci se doit aussi d'intensifier la lutte anti-érosive, d'en expliquer l'intérêt par le biais du système éducatif, de l'imposer si nécessaire, avec la participation matérielle des acteurs principaux.

Le coût de cette lutte pourrait s'accroître dans les prochaines années. L'effort minimal qui doit être accompli, parallèlement au maintien des mesures qui sont prises actuellement sur les gisements en cours d'exploitation, résidera dans la surveillance et l'entretien des ouvrages déjà réalisés. Ceux-ci doivent jouer à la fois un rôle conservatoire à court terme et de reconstitution des équilibres géomorphologiques, hydrologiques et écologiques à long terme.

Dans la pratique, il faudra surveiller la plupart des éléments du dispositif de lutte actuel :

- les décharges, et en particulier le canal de ceinture, dont le bon fonctionnement conditionne l'évacuation régulière des eaux ;
- les barrages filtrants, en contrebas des décharges, qui, selon les endroits, tendent à se colmater ou dans lesquels se forment facilement des "renards" ;
- mais encore davantage les barrages de décantation, dont la durée de vie sans un curage périodique paraît singulièrement courte. En amont de certaines zones habitées, la rupture éventuelle d'un ouvrage de ce genre pourrait avoir en outre des conséquences plus funestes que les effets initiaux de la pollution.

Dans une perspective d'investissement minimum, on peut certes tabler sur un tarissement progressif, sur les versants, des sources de nuisance les plus importantes (les décharges sauvages du "boom"), du fait de l'entraînement naturel des déblais vers l'aval. La pollution viendrait ainsi se concentrer dans les axes de drainage et aux embouchures. Mais cette argumentation, qui débouche sur le laisser-faire, comporte deux lacunes :

- les processus d'érosion sur versants ne s'interrompent pas nécessairement avec le départ des déblais. L'incision et la mise en mouvement de ces derniers, en contrebas des décharges, entraînent fréquemment, et de façon régressive, l'extension à tout ou partie du versant des processus d'ablation ;

- l'engorgement des éléments clastiques d'origine minière à hauteur du réseau hydrographique constituerait un handicap très lourd dans l'hypothèse d'un accroissement des besoins en eaux continentales. Il pourrait provoquer la disparition de toute activité économique dans certaines vallées et plaines alluviales faiblement peuplées.

En revanche, il y a une façon plus volontariste de considérer le problème, quoiqu'elle tienne de l'utopie dans le contexte socio-économique actuel. C'est l'extension de la lutte aux bassins-versants les plus pollués, par des interventions répétées dans un cadre d'aménagement intégré : le reboisement et son suivi, la vidange périodique des retenues, le curage des drains engorgés, etc. Il n'est point besoin, pour cela, de mesures juridiques contraignantes ; l'activité minière est d'ailleurs strictement réglementée aujourd'hui. Il s'agirait de trouver des moyens financiers supplémentaires, mais également de mobiliser des forces (scolaires, militaires ?) pour l'accomplissement à titre bénévole des tâches les plus prenantes en temps. Les ressources financières ne pourront provenir en totalité des pouvoirs publics et des compagnies minières. Il faut que celles-ci survivent et qu'elles assurent à la fois leur développement et le bien-être de nombreuses familles sur l'archipel. D'un côté, il est vrai que leurs frais diminuent avec la concentration croissante de l'extraction sur des gisements à réserves importantes. Mais de l'autre, une éventuelle accentuation au plan

mondial du déclin du nickel - amorcé depuis la fin des années 1970 - pourrait entraîner l'effondrement de cette activité en Nouvelle-Calédonie. Il pourrait être créé une association reconnue d'utilité publique, chargée de recueillir les fonds versés par les parties citées ainsi que des dons individuels, accompagnés d'une incitation fiscale; elle mènerait une action cohérente, en concertation avec l'ensemble des partenaires publics et socio-économiques : Commission de prévention des dégâts miniers, services publics ruraux, organismes de recherche, mineurs, associations de sauvegarde de l'environnement, conseillers pédagogiques, médias, etc.

Concilier l'économie et l'environnement n'est jamais tâche aisée, surtout dans le domaine insulaire intertropical. Dans le cas présent, il faut tout à la fois restaurer des équilibres naturels gravement perturbés, et préserver une surface minimum de milieux encore intacts et d'une richesse écologique exceptionnelle. Les pouvoirs publics ont, dans cette optique, prononcé l'interdiction de l'activité minière sur plusieurs centaines de km², en les réservant à la protection des eaux et à des parcs naturels. Mais souvent pris entre l'enclume et le marteau, il leur faut éviter, parallèlement, de mettre en péril la compétitivité du secteur-clé de l'économie de l'archipel, tout en encourageant l'indispensable élargissement des systèmes agro-pastoraux de production.

ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE

ANONYME (1979).- *Rapport sur la pollution minière en Nouvelle-Calédonie*. Nouméa, Service des Mines et de la Géologie, 29 p.

ANONYME (1980).- *Protection de l'environnement dans les mines en Nouvelle-Calédonie*. Nouméa, Soc. Métall. le Nickel, 25 p.

BALTZER, F. ; TRESCASES, J.J. (1971).- Erosion, transport et sédimentation liés aux cyclones tropicaux dans les massifs d'ultrabases de Nouvelle-Calédonie. *Cah. ORSTOM, Série Géol.*, vol. III, n 2, pp. 221-244.

BIRD, E.C.F. ; DUBOIS, J.P. ; ILTIS, J. (1984).- *The impacts of open cast mining on the rivers and coasts of New Caledonia*. United Nations University Publ., NRTS-25/UNUP 505, 53 p., Tokyo.

ILTIS, J. ; CROZIER, M.J. (1987).- Conséquences géomorphologiques des crues cycloniques en Nouvelle-Calédonie. Le cas de la rivière Népoui. In : *Actes du Colloque de Strasbourg : Crues et inondations*, Strasbourg, Université Louis Pasteur, CEREG, pp. 261-278.

ILTIS, J. (1986).- Cyclones tropicaux et interventions anthropiques. La question de l'érosion des décharges minières en Nouvelle-Calédonie. In : *Actes du Colloque : Climats et risques naturels*. Paris, Ass. Française de Géogr. Physique, vol. IV, pp. 33-44.

JAFFRE, T. ; LATHAM, M. ; SCHMID, M. (1977).- Aspects de l'influence de l'extraction du minerai de nickel sur la végétation et les sols en Nouvelle-Calédonie. *Cah. ORSTOM, Série Biol.*, vol. XII, n 4, pp. 307-321.

LAUNAY, J. (1972).- La sédimentation en baie de Dumbéa (côte ouest de la Nouvelle-Calédonie). *Cah. ORSTOM, Série Géol.*, vol. IV, n 1, pp. 25-51.

TRESCASES, J.J. (1975).- *L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale*. Paris, 359 p. (Mémoires ORSTOM, n 78).

Directeur de la collection :

Monsieur le Professeur SINGARAVELOU

Comité de Lecture :

M. Olivier BALABANIAN, Département de Géographie, Univ. de Limoges.

M. Jean-Pierre BESANCENOT, Directeur de Recherche au CNRS, Dijon.

M. Francis CHAUVELIER, Département de Géographie, Université de Pau.

M. Guy DI MEO, Département de Géographie, Université de Pau.

M. Guy LASSERRE, Professeur émérite, Université de Bordeaux III.

M. Jean-Claude MAILLARD, Professeur, Département de Géographie, Université de Bordeaux III.

M. Serge MORIN, Département de Géographie, Université de Pau.

M. Jean-Noël SALOMON, Professeur, Département de Géographie, Université de Bordeaux III.

Secrétariat de rédaction :

Marie-France PERRIN, avec le concours de Gilbert CABAUSSEL et Françoise PETIT.

REALISATION TECHNIQUE :

Composition et mise en page :

Marie-Bernadette DARIGNAC, Marie-France TRESARRIEU

Illustrations

Jacqueline CATHALAA

Travaux photographiques :

Alain VERGNES, Jean-Pierre VIDAL

Impression et reliure :

Guy SALIGNIERE

Impression de la couverture :

H-B Impression, 19 rue de la Belle Etoile, 33000 Bordeaux

Photo de couverture : Cultures vivrières sur le périmètre de Kongoussi (Lac de Bam, Burkina Faso)
(cliché Pierre VENNETIER)

Définition de la maquette de mise en page :

Marie-Bernadette DARIGNAC, Maggy SEURIN

Conception et réalisation de la maquette de couverture :

Danielle CASTEX

© Centre d'Etudes de Géographie Tropicale, 1990

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

ISBN - 2-906621-17-X
ISSN 1147-3991

EAU ET AMENAGEMENT

DANS

LES REGIONS

INTER-TROPICALES

sous la direction de Pierre VENNETIER

Directeur de Recherche au CNRS

TOME 1

CENTRE D'ETUDES DE GEOGRAPHIE TROPICAL

Centre National de la Recherche Scientifique

Domaine Universitaire de Bordeaux
33405 Talence Cedex, France

ESPACES TROPICAUX, n° 2, 1990

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 34207 ex. 1

Cote : B 17
P36