

RAPPORTS SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES

SCIENCES DE LA TERRE

HYDROLOGIE

N° 2

1991

Classification et quantification
des phénomènes d'érosion, de transport
et de sédimentation sur les bassins touchés
par l'exploitation minière en Nouvelle Calédonie

José DANLOUX
Richard LAGANIER

Document de travail

RAPPORTS SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES

SCIENCES DE LA TERRE

HYDROLOGIE

N° 2

1991

Classification et quantification
des phénomènes d'érosion, de transport
et de sédimentation sur les bassins touchés
par l'exploitation minière en Nouvelle Calédonie

Joël DANLOUX
Richard LAGANIER

The logo for ORSTOM, featuring the word 'ORSTOM' in a stylized, bold, sans-serif font. The letters are filled with a fine grid pattern, giving it a textured appearance.

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1991

Danloux, J.
Laganier, R.

Classification et quantification des phénomènes d'érosion, de transport et de
sédimentation sur les bassins touchés par l'exploitation minière en Nouvelle Calédonie
Nouméa : ORSTOM. 1991, 21 p.
Rapp. sci. tech. : Sci. Terre : Hydrol.; 2

HYDROLOGIE; TELEDETECTION SPATIALE; SATELLITE SPOT; MINE; EXPLOITATION DU
SOUS SOL; CRUE; TURBIDITE; SEDIMENTATION FLUVIATILE; ENVIRONNEMENT / NOUVELLE
CALEDONIE

Imprimé par le Centre ORSTOM
de Nouméa
Juin 1991



RESUME

Après une présentation de la situation et de la géologie des massifs de péridotite et des conditions de gisement et d'exploitation ancienne ou récente des garniérites, un premier essai de classification des différentes morphologies est tenté à partir de l'imagerie SPOT.

Les grandes perturbations tropicales (cyclones et sécheresses pluriannuelles) qui conditionnent le régime hydrologique des rivières de Nouvelle-Calédonie et les différentes phases d'activité minière sont mises en correspondance avec les variations des exportations de matières, mesurées sur les bassins de la Pouembout et de la Ouenghi. L'analyse des imageries satellitaire et aériennes permet par ailleurs de montrer l'évolution des morphologies fluviales et littorales (méandres de la Thio, évolution des deltas de la Thio et de la Ouenghi).

De ces bilans et analyses et de l'examen de quelques situations, il ressort que, même si les conditions d'exploitation ont profondément changé et ne sont pas à l'origine de toutes les pollutions, les engravements de certaines rivières ne peuvent que se poursuivre.

ABSTRACT

The opencast nickel mining of ultrabasic mountains in New-Caledonia provoked geomorphological and ecological consequences, especially during cyclonic rains. After a presentation of the mountains geology, of the seam conditions and past and recent "garnierite" ore exploitation, a classification of the different surface state is being tested from SPOT imagery.

The tropical perturbations (cyclone and multiannual drought) which condition the hydrological regime of New-Caledonia rivers and the different phases of opencast mining are run in connection with the suspended loads variations, measured in the Pouembout and Ouenghi catchments.

Otherwise, the analysis from the spatial land scanning photography remote sensed allows to precise fluvial and coastal geomorphological modifications (creation of the Thio winding, evolution of the Thio and Ouenghi deltas).

This study shows that evolution of the exploitation conditions leads to a decreasing number of pollution causes, and alluviation goes on.

INTRODUCTION

Dans une approche globale et intégrée de la gestion du milieu physique, un des objectifs consiste à identifier les formes de dégradation des terres, leur évolution et à quantifier les phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation.

La télédétection spatiale et aérienne peut s'avérer être un outil apte à caractériser spatialement l'environnement en terme de déséquilibre du milieu, en permettant d'obtenir à la fois une vision synoptique des manifestations morphodynamiques et une vision diachronique adaptée à leur caractère évolutif.

Par l'étude des transports solides en suspension des cours d'eau, il est possible de dégager un ordre de grandeur des érosions spécifiques et de juger des effets de l'activité minière ancienne ou récente.

Ces travaux ont été menés sur plusieurs bassins-versants de Nouvelle-Calédonie (Ouenghi, Pouembout et Thio), plus ou moins affectés par l'exploitation minière.

I - LA CONJUGAISON DES FACTEURS DE DESEQUILIBRE

Les déséquilibres du milieu relèvent de causes complexes fondées sur la convergence de deux séries de paramètres, les uns propres au milieu naturel (dynamique climatique et évolution géomorphologique), les autres induits par l'anthropisation du milieu.

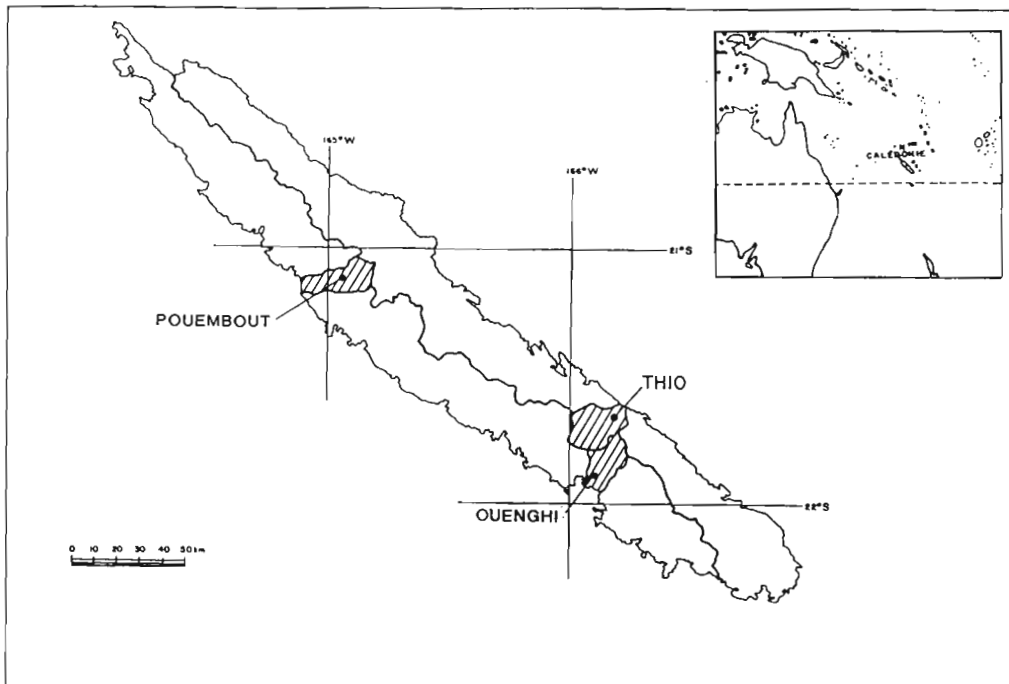


Fig. 1 - Nouvelle-Calédonie - Carte de situation

I.1 - LES CONTRAINTES CLIMATIQUES

Le régime pluvial de la Nouvelle-Calédonie, caractérisé par une saison chaude et pluvieuse de Novembre à Avril, dépend essentiellement de variations en latitude de la zone de convergence intertropicale et des cellules anticycloniques subtropicales qui l'encadrent. Ce régime, de caractère tropical océanique sur sa façade Est (alizés de secteurs Est à Sud-Est), peut être sérieusement perturbé :

- par des effets orographiques, les hauteurs de pluie annuelles, de l'ordre de 2 à 3 m sur la côte Est et 1 m sur la côte Ouest, atteignent 5 à 10 m sur certains sommets de la chaîne centrale,
- par le passage des dépressions et cyclones tropicaux qui peuvent intéresser toute l'île,
- par les grandes variations hydroclimatiques qui affectent le Sud-Ouest Pacifique (sécheresses pluri-annuelles).

I.1.1 - LES PRECIPITATIONS CYCLONIQUES

Dans le Sud-Ouest Pacifique, l'une des régions les plus touchées par les cyclones (11 %), on compte en moyenne et par an 8 à 9 dépressions tropicales dont près de 16 % affectent les secteurs Nord et Est de Nouvelle-Calédonie et dans une moindre mesure le secteur Ouest.

Si les intensités horaires n'atteignent pas des valeurs trop exceptionnelles (maximum relevé 123 mm/h), les pluviométries journalières les plus fortes voisinent les records mondiaux (1690 mm à Haut-Coulna le 24/12/1981 pour le cyclone Gyan).

L'importance de ces pluies explique les reprises brutales d'érosion (loupes de glissement) que l'on observe sur certains versants lors d'un épisode cyclonique particulièrement violent (bassin de la Tontouta - cyclone Anne).

I.1.2 - LES CRUES CYCLONIQUES

Suivant la trajectoire des dépressions, la répartition (anneau tourbillonnaire et bandes extérieures) des masses nuageuses et leur stationnement, les rivières peuvent rouler des volumes énormes de crue.

La Pouembout, rivière du versant Ouest, contrôlée à l'issue d'un bassin de 176 Km² a ainsi pour le cyclone Gyan, évacué en moins de 48 h plus de 60 millions de m³, plus que l'écoulement de deux années sèches successives.

Sur cette même Pouembout, les 19 plus forts débits journaliers relevés pour la période 1975-84 représentent à eux seuls 32 % de l'écoulement.

Si les maximums de crue atteignent sur certains bassins des valeurs fantastiques (plus de 30 m³/s/Km²), les volumes ruisselés et les débits spécifiques de crue des bassins plus perméables sur péridotite sont heureusement plus faibles.

Volume ruisselé-Vr 10 ⁶ m ³	Hauteur ruisselée-Hr mm	Débit maximal spécifique l/s/Km ²	Q MAXr/Vr 10 ⁻⁶	Evènement
LA THIO A St MICHEL - 350 Km²				
119	341	7140	19	Cyclone Gyan
89	253	9090	30	Cyclone Anne
LA OUENGLI A LA RT1 - 245 Km²				
105	429	8450	18	Cyclone Alison
59	240	6780	23	Cyclone Gyan
55	224	6860	28	Cyclone Anne
LA DUMBEA EST AU BARRAGE - 56 Km²				
18	329	21430	65	Cyclone Colleen

I.2 - L'EVOLUTION MORPHOLOGIQUE

La nappe des péridotites qui recouvre un tiers du bâti calédonien est constituée de roches ultrabasiques (harzburgites principalement) très fortement tectonisées (écaillages et accidents cassants).

Leur position souvent haute (le massif du Sud culmine à 1618 m et le plus élevé des massifs isolés à 1508 m), une fracturation intense et de nombreux accidents, marqués par des bourrages de serpentines mylonitiques, ont favorisé sous climat tropical le lessivage et une profonde altération de ces roches.

Bien que des phases de soulèvements et de basculements aient été mises en évidence, une série de mouvements tardi-tectoniques sur un ensemble pénéplané ne suffit pas pour expliquer les très nombreux étagements (plateaux, terrasses, gradins et replats de versants) observés dans ces massifs.

Si les grandes lignes du relief actuel semblent liées essentiellement aux mouvements tectoniques postérieurs à la mise en place de la nappe des péridotites, le modelé de surface, si caractéristique de ces formations, paraît se développer, même sous le climat actuel, à tous les niveaux d'altitude dans la mesure où les conditions de drainage vertical prédominent.

I.2.1. - L'ALTERATION DES ROCHES ULTRABASIQUES

Les conditions de gisement des minerais de nickel (garniérites) dépendant des conditions d'altération des péridotites, de très nombreux travaux ont décrit ces altérites dont on retrouve les différents horizons plus ou moins développés à 150 comme à 1500 m (Kouakoué) d'altitude.

Sur une roche saine, de densité 2,7 à 2,8, toujours très fracturée (diaclasses, fissures plus ou moins largement ouvertes) le profil type comporte :

- une péridotite décomposée à structure conservée et avec blocs non altérés,
- une altération terreuse silicatée (saprolytes) de densité 1,4 à 1,7,
- des "latérites" jaunes parfois très épaisses (plusieurs dizaines de mètres), constituées essentiellement d'hydroxydes de fer et de densité 0,8 à 1,1.

Le soutirage étant essentiellement vertical, l'hydrolyse des principaux minéraux (péridots et orthopyroxènes) aboutit :

- à des dépôts massifs de magnésium et de silice, dans les eaux qui ne sourdent normalement qu'au contact de roches moins fracturées (filons de gabbros) et moins perméables (serpentines de la semelle des massifs),
- à des réductions locales de volume et à la formation de zones plus déprimées, avec une nappe phréatique perchée temporaire parfois subaffleurante, où se concrétionnent les hydroxydes de fer ("latérites" rouges plus ou moins gravillonnaires, grenailles) et où vont se développer les premières cuirasses.

I.2.2. - LE MODELE DES ROCHES ULTRABASIQUES

Avec le temps, et bien qu'en aucun cas on aboutisse à des dissolutions et à des circulations souterraines aussi importantes qu'en massif calcaire, le modelé de surface va rappeler certains reliefs karstiques :

- "Lapiez" des sommets (Humboldt, Kouakoué);
- Replats et "dolines" en terrasses emboîtées des versants et des plateaux, où un concrétionnement important et parfois ancien peut conduire à des inversions de reliefs (croupes à grenaille et vestiges de cuirasse, plateaux cuirassés avec pointements de roches dures);
- Grandes dépressions fermées et reliefs résiduels des zones basses du Sud (Plaine des Lacs).

I.2.3. - *L'ÉROSION MÉCANIQUE NATURELLE*

Contrairement aux zones karstiques, l'érosion mécanique s'exerce dans ces massifs jeunes, là où les eaux peuvent se reconcentrer à la faveur d'épisodes pluvieux intenses :

- à la périphérie des cuirasses de plateaux, quand les cloisons rocheuses (filons,...) qui isolent ces unités sont disparues (démantèlement des cuirasses, colluvionnement des latérites),
- sur les péridotites décomposées des versants souvent très raides (pentes dépassant fréquemment 40 %), ainsi que dans certaines zones très tectonisées (arrachements).
- au niveau des chenaux d'écoulement (sapement des berges).

L'érosion mécanique y demeurerait toutefois beaucoup plus faible que sur d'autres formations (formation à charbons du Crétacé supérieur notamment), si certaines actions anthropiques (destructions de la forêt par le feu, ouvertures des pistes et exploitations minières) n'avaient amené un profond bouleversement de ce milieu.

I.3 - *L'ANTHROPISATION DU MILIEU*

I.3.1. - *LES FEUX ET L'AGRICULTURE*

L'action répétée des feux détruit la végétation protectrice du sol. Les raisons actuelles de ces incendies multiples retournent à la fois de pratiques agricoles (nettoyage du terrain pour une culture ou un pâturage) et de la chasse (préparation des pâturages pour les cerfs). Dans les deux cas, aucun contrôle n'est effectué et il en résulte une modification des formations végétales, un maquis secondaire se développant au détriment du maquis climacique pré-existant ou de la forêt.

La valorisation agricole des terres peut être également un facteur aggravant d'érosion avec :

- l'usage de gros engins (bulldozer) gommant les fossés collecteurs des eaux de pluies,
- les labours suivant la ligne de plus grande pente,
- des irrigations mal contrôlées.

I.3.2. - *LES CONDITIONS D'EXPLOITATION ANCIENNES ET RECENTES DES GARNIERITES*

Les gisements de nickel ont fait l'objet d'une exploitation dès la fin du XIX^{ème} siècle par le creusement de galeries souterraines (1875-76), très vite relayées par des carrières (1888). L'extraction et le triage s'effectuaient alors manuellement, les "veines" à haute teneur en nickel (10 à 15%) et proches de la surface étant les seules exploitées.

Avec la mécanisation des moyens de production après la seconde guerre mondiale (premier trommel en 1948, camions de 20 t. en 1949, première pelle diesel en 1950) et la possibilité d'exploiter des gisements plus profonds mais moins riches (2 à 5%) dans les saprolites, le matériel résiduel (cuirasses, latérites et blocs rocheux non minéralisés) a augmenté considérablement.

En 1979 on comptait pour 1 tonne de minerai marchand, 2,1 tonnes de produits stériles à mettre en décharge (dont 0,8 de latérites) et pour une production de 1 million de tonnes, un décapage de 22 ha.

Jusqu'en 1972, à l'exception de quelques sites de plateau (Thio, Do Thio) et afin d'éviter des travaux importants de découverte, de nombreux petits gisements ont été exploités sur les versants, dans des conditions qui se sont révélées par la suite extrêmement néfastes, tant par les moyens employés (ouvertures et décapages au bulldozer) que par les méthodes d'exploitation (décharges incontrôlées, flancs et niveaux d'extraction non protégés).

L'apparente consistance des latérites a permis notamment l'édification avec les déblais, de talus à très fortes pentes (jusqu'à 70 %) qui peuvent tenir des années durant, jusqu'à ce que des pluies particulièrement intenses et longues, et un ruissellement plus concentré, aboutissent au ravinement (érosion linéaire) ou à la remobilisation (glissement) de ces décharges avec parfois de véritables coulées de laves torrentielles.

Depuis, et avec l'ouverture de grands gisements à fort recouvrement latéritique, des exploitants comme la SLN (Société métallurgique Le Nickel) ont conçu de nouvelles méthodes, beaucoup plus coûteuses mais efficaces :

- Routes ouvertes à la pelle avec conservation d'un merlon de terrain naturel et mise en décharge des produits extraits. Décanteurs en amont de barrages filtrants (blocs rocheux).
- Niveaux d'exploitation ouverts avec conservation d'un merlon de terrain naturel. Bassins évacuateurs et barrages filtrants de blocs rocheux (stériles primaires).
- Produits latéritiques compactés et stockés en décharge sur des anciens niveaux d'exploitation, protégés de tout ruissellement amont et avec un talus aval constitué de stériles rocheux.

Conclusion :

La conjonction de ces différents facteurs (précipitations et crues importantes, fortes pentes et niveaux épais d'altération, fragilisation du milieu par anthropisation) engendre une instabilité profonde du milieu. Ces déséquilibres s'expriment dans le paysage par des cicatrices qui sont autant de discontinuités qu'il est nécessaire, pour en comprendre l'organisation spatiale et leur dynamique, d'identifier, de localiser (cartographie des états de surface) et de quantifier (mesure des transports solides et évolution des morphologies fluviales).

II- LES MODALITES DE L'EROSION ACTUELLE

II.1 - ESSAI DE CARTOGRAPHIE DES ETATS DE SURFACE PAR TELE-DETECTION SPATIALE ET RECONNAISSANCE DES SOURCES MAJEURES D'EROSION

II.1.1 - LES METHODES D'EXPLOITATION ET D'ANALYSE

Les données numériques acquises par le satellite d'observation de la Terre SPOT ont été traitées avec le progiciel Carto-PC (A., 1989) pour les travaux de correction et d'analyse.

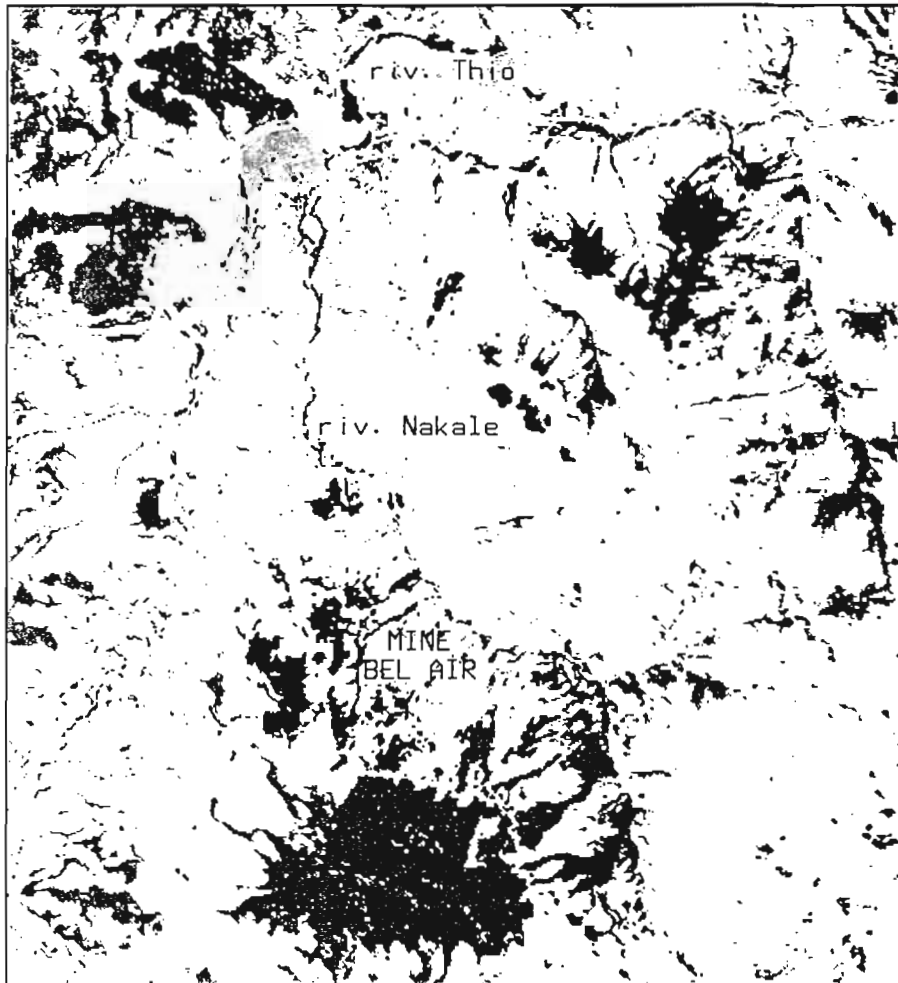
Pour le rétablissement des données numériques dans un format et une géométrie conformes à une projection cartographique ou à une autre image, la méthode classique des points d'appui ou amers est ici employée.

L'établissement d'une classification non supervisée (classification ascendante hiérarchique) utilise l'algorithme décrit par Jambu, et procède pour cela, en 2 étapes (Richards J.A., 1986).

Dans un premier temps, les distances mutuelles des N points du nuage sont calculées dans un espace à deux dimensions (les deux premiers facteurs de l'analyse en composantes principales), la distance choisie étant la distance euclidienne. A chaque itération, le couple de points donnant la plus petite distance est recherché. Les deux points dont la distance est minimale sont agrégés puis remplacés par leur barycentre. Le nombre de points du nuage est donc réduit de un à chaque itération et le programme continue jusqu'à n'avoir plus qu'un point dans le nuage. L'analyse de l'arbre d'agrégation qui représente l'ensemble des itérations permettra de choisir le nombre de classes et d'effectuer les regroupements que l'on souhaite en affectant une couleur à chacune des classes ainsi formées. L'identification des classes se fait donc à posteriori.

II.1.2 - LES EXEMPLES DE CLASSIFICATION

Différents états de surface se dégagent ainsi de ces premiers traitements de l'image SPOT du 9 octobre 1986 (bassin-versant de la Thio, secteur des mines Bel Air et Bornet) : mines et alluvions, prairies et champs cultivés, savanes et maquis minier, forêts.







-  prairies et champs cultivés
-  savanes et maquis minier
-  forêts
-  mines et alluvions

Fig. 2 - Classification non supervisée du secteur des mines Bel Air et Bornet

La recherche d'une distinction entre alluvions et zones d'extractions minières a conduit ensuite à l'analyse de leurs signatures spectrales à partir de parcelles représentatives des différents états de surface définis, et à un classement supervisé des données numériques utilisant l'algorithme des probabilités conditionnelles (méthode de Bayes).

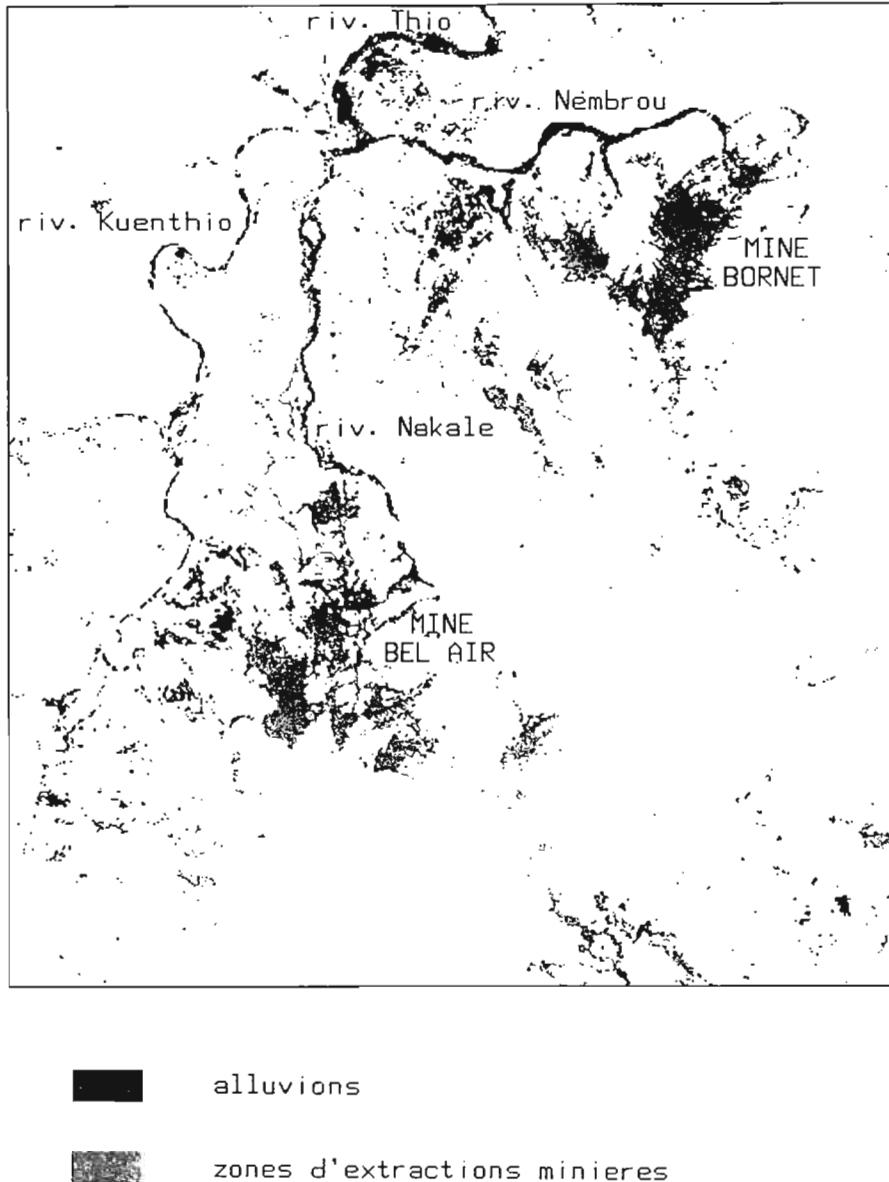


Fig. 3 - Classification supervisée des secteurs des mines Bel Air et Bornet

Si les espaces miniers sont relativement bien individualisés, la classe "alluvions" présente quelques erreurs, d'autres types de milieux (champs, zones dégradées par les feux) pouvant lui être rattachée.

Les figures 2 et 3 illustrent bien ce qu'il est possible, après quelques contrôles de terrain, de cartographier automatiquement et de comparer à des situations plus anciennes (données topographiques de 1955) ou plus récentes (imageries postérieures au cyclone Anne - Janvier 1988).

Dans ce secteur, fragilisé par l'ouverture des mines, les surfaces dégradées ou remaniées apparaissent assez nettement, qu'il s'agisse des plates-formes et des pistes d'accès ou des déblais, ou encore des zones d'érosion ou d'alluvions.

Si mines et alluvions récentes présentent parfois les mêmes signatures spectrales, leurs localisations et leurs formes permettent de différencier :

- Les plates-formes minières, grands replats en altitude.
- Les décharges encore peu actives, étroites en pied et à la périphérie des plates-formes.
- Les ravines actives au tracé linéaire entre plate-forme et vallée alluviale.
- Les glissements, comparables aux cônes torrentiels de déjection.
- Les zones de rédépôt dans les principales rivières (Nakalé et Nembrou).

II.2 - LES FLUX DE MATIERES

La quantification de l'érosion implique l'évaluation correcte et sur une assez longue période des exportations, qu'il s'agisse des transports en suspension ou par charriage ou des flux des matières dissoutes.

II.2.1 - LES METHODES ET LES OBJECTIFS

Le programme de mesures s'est déroulé dans 2 secteurs distincts mais complémentaires

- l'un à la sortie du bassin de la Ouenghi, en majeure partie sur roches ultrabasiques et ce, durant toute la période (1974-82) de reprise de l'activité minière (exploitation modèle du Kongouhaou),

- l'autre sur la vallée de la Pouembout à vocation agricole affirmée, mais dont certains affluents drainent des horizons très vulnérables à l'érosion (formations terrigènes à charbons du sous-bassin de la Poualoo), comme d'anciens secteurs miniers (massif du Paéoua - ruisseau de la Mine) ou des massifs peu touchés (prospection du Kopéto Ouest - rivière Kopéto) ou épargnés par l'exploitation (Kopéto Est - rivière Paipinda).

Les très gros matériaux ne se déplaçant qu'avec retard, seuls les exportations de matières en suspension ont été réellement suivies durant plusieurs années et au cours des événements cycloniques les plus importants :

- Prélèvements réguliers en un point donné en vue de la détermination des variations de concentration dans le temps.

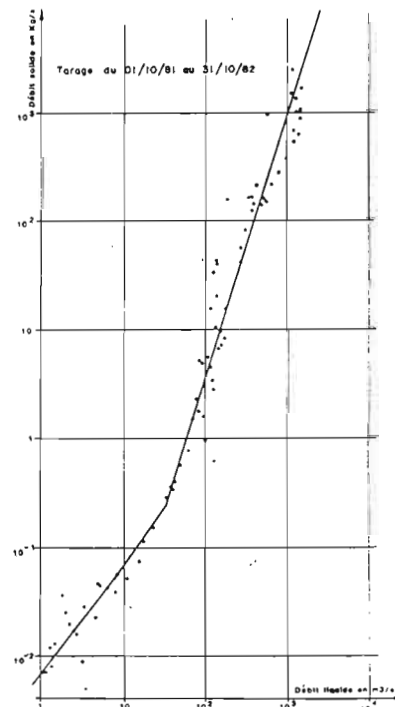


Fig. 4 - La Ouenghi au pont de la RT1
Relation entre débit liquide et débit solide

- Mesures des débits solides associant mesures des concentrations et des vitesses sur une section et pour des hauteurs données.
- Etablissement des étalonnages débits liquides - débits solides (cf. Fig. 4).

II.2.2 - LA REPARTITION DES FLUX PARTICULAIRES DANS LE TEMPS

Liés aux fortes irrégularités pluviométriques, les débits solides peuvent être quasiment inexistant pendant plusieurs années déficitaires et présenter de très fortes valeurs au cours de quelques crues qui vont permettre une remobilisation plus ou moins complète des dépôts (déblaiement des accumulations sur glacis et piedmonts, sapement des berges).

Ainsi pour la Ouenghi plus de 94% des suspensions transportées en 9 ans l'ont été à la faveur des 6 crues les plus importantes de cette période (Tab. 1 et 3).

Tab. 1 - Bilan annuel des transports solides en suspension

Année	Module Qm ³ /s	Débit maximal journalier DC1 Qm ³ /s	Débit solide moyen Kg/s
POUEMBOU Radier route FORET-PLATE			
1975-76	6,90	349	≥3,88
1976-77	0,47	8	0,01
1977-78	1,41	71	0,17
1978-79	1,03	35	0,07
1979-80	1,12	30	0,10
1980-81	2,30	147	1,06
1981-82	6,69	730	10,8
POUALOA Cote 117			
1978-79	0,36	11	0,01
1979-80	0,39	11	0,01
1980-81	0,66	49	0,15
1981-82	2,13	233	4,04
OUENGLI RT1			
1973-74	12,10	1250	≥8,23
1974-75	14,80	925	6,33
1975-76	14,50	934	3,27
1976-77	2,76	21	0,03
1977-78	7,58	401	1,44
1978-79	3,70	85	0,07
1979-80	4,22	52	0,12
1980-81	7,23	718	1,72
1981-82	11,30	821	1,92

Les débits solides d'une année n'étant le plus souvent dus qu'à une forte crue, des relations assez nettes se dégagent par bassin et par période entre suspensions annuelles exportées et débits liquides maximums journaliers (Fig.5).

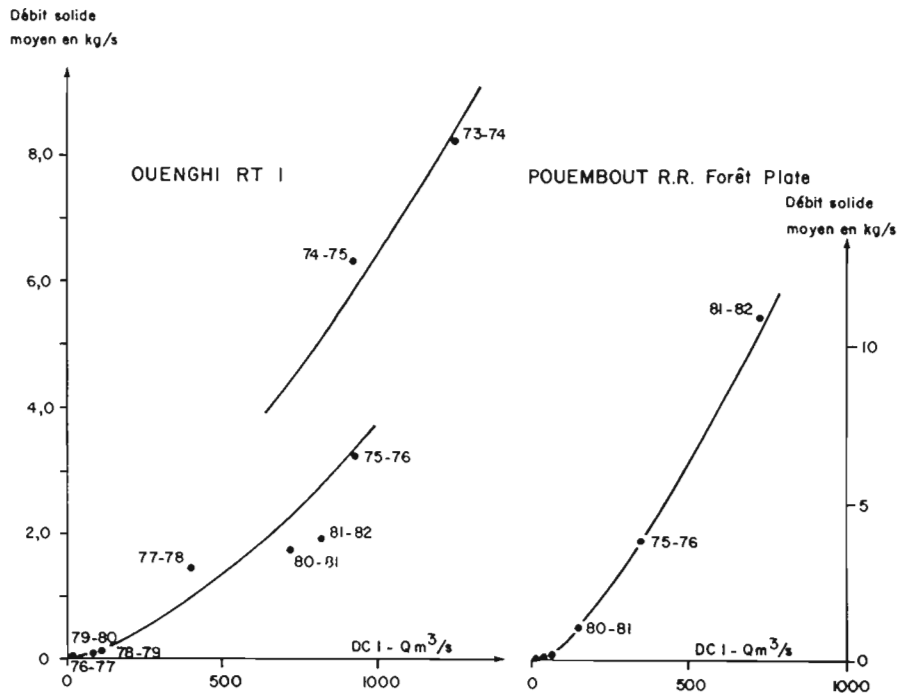


Fig. 5 - Relations entre débit solide moyen annuel et débit journalier maximal

Ce type de régime, comparable à celui des régions semi-arides de la bande intertropicale est d'autant plus accentué que la faible couverture végétale (savane arbustive, maquis minier) ne se modifie guère au cours de l'année et que les terrains sont plus érodibles (Cf. sous-bassin Poualoo).

II.2.3 - LES TRANSPORTS PARTICULAIRES ET LES EROSIONS SPECIFIQUES

Le bilan des exportations (Tab. 2) des 3 sous-bassins de la Pouembout, observés durant 2 années, montre bien la faiblesse des transports en suspension sur les bassins en partie sur péridotite mais épargnés par l'activité minière (Kopéto, Papainda) et l'importance des dégradations sur un bassin comme celui de la Poualoo où les bad-lands de la formation à charbons sont assez largement représentés.

Tab. 2 - Bassin Pouembout - Dégradations spécifiques (en t./ha)

Année	Poualoo Cote 117 A = 42,1 Km ²	Kopéto Cote 55 A = 13,1 Km ²	Papainda Cote 50 A = 9,16 Km ²
1980-81	1,2	0,5	0,2
1981-82	30,2	3,5	2,4

II.2.4 - LES EFFETS DE L'ACTIVITE MINIÈRE SUR LE REGIME DES TRANSPORTS EN SUSPENSION

Une augmentation des transports solides apparaît dès les premiers travaux de prospection (ouvertures de piste, premiers décapages) comme l'indiquent les dégradations relevées sur le bassin Kopéto (Tab. 2).

Le suivi de la Ouenghi dès l'ouverture de la mine du Kongouhaou montre (Tab. 3, Fig. 6) par ailleurs que les apports solides, très importants les premières années (plus de 200000 t./an), diminuent largement par la suite (60000 t./an).

Tab. 3 - Bassin Ouenghi - Caractéristiques des crues

Date	Débit maximum Q.Max m ³ /s	Volume ruisselé 10 ⁶ m ³	Temps de base mn	Débit moyen ruisselé m ³ /s	Tonnage transporté Qs en t.
03-05/02/74	1590	119	3090	642	215000
12-12/02/74	377	9	1200	129	5600
07-08/03/75	2070	105	2190	799	182000
17-18/04/75	420	12	1260	155	4170
14-19/01/76	1260	117	6300	310	83100
27-27/06/77	64	1	630	27	56
06-08/01/78	608	38	3435	185	40300
12-14/03/80	282	7	2640	44	19200
12-13/02/81	1280	53	1380	644	40700
06-07/03/81	436	13	2020	106	4420
24-25/12/81	1660	59	1710	572	40300

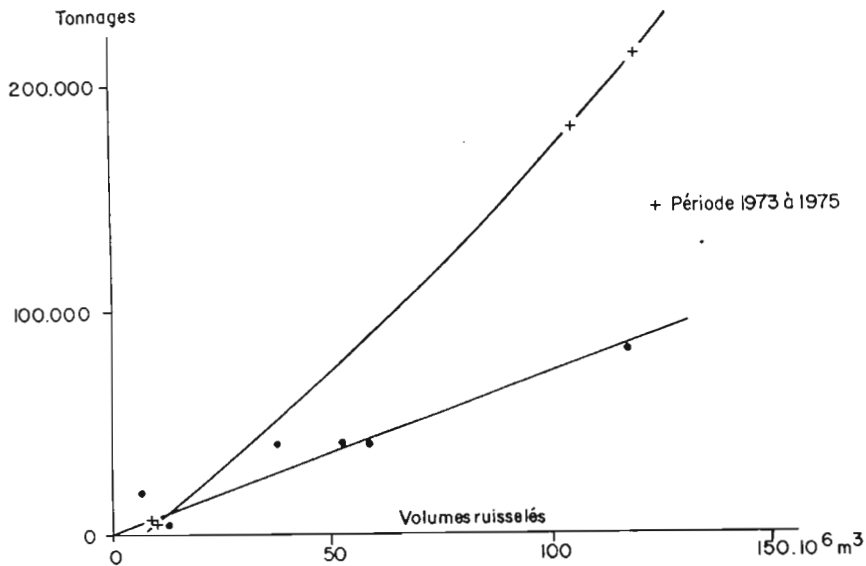


Fig. 6 - Ouenghi RT1 - Variations des flux particulaires en fonction du volume ruiselé

Ces différences sont d'autant plus nettes que le bassin, au cours de la période d'ouverture du gisement a été touché par le passage de 2 perturbations tropicales fortes (cyclone Pam et Alison).

Ces apports supplémentaires sont apparemment dus à la traversée lors des travaux routiers d'une zone d'arrachement dont les matériaux, en l'absence d'endiguement, ont progressé jusqu'à la Ouenghi.

Les méthodes d'exploitation mises en œuvre visant à limiter au maximum toute pollution en aval du gisement, les suspensions sont retombées dès 1976 à un niveau relativement bas et s'y sont maintenues, malgré un glissement accidentel survenu en Juin 1977.

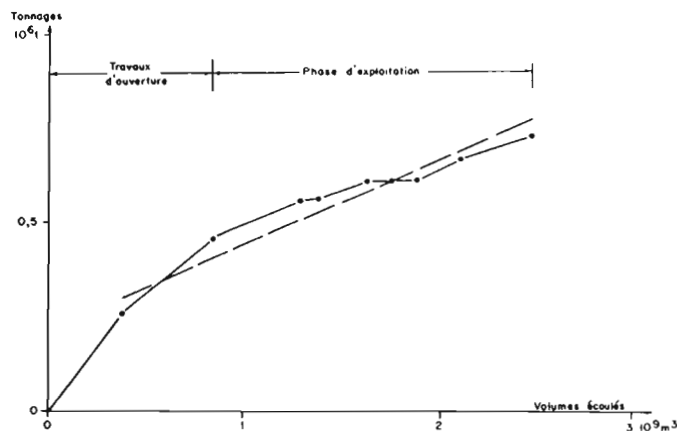


Fig. 7 - Ouenghi RT1 - Evolution des transports solides et des volumes écoulés au cours de la période 1973-1982

Seules traces de la zone d'arrachement actuellement purgée,
 - la reprise des transports pour des volumes ruisselés plus faibles (Fig. 6), en raison d'une plus grande disponibilité de matériaux dans la Ouenghi,
 - les blocs et galets qui constituent une importante plage de dépôts au débouché de la ravine.

II.2.5 - LES FLUX DE MATIERES DISSOUTES

Si l'érosion météorique ne s'exerce véritablement qu'à la faveur de quelques épisodes pluvieux, les dissolutions et les exportations correspondantes (magnésie et silice essentiellement) se maintiennent tout au long des années, avec des teneurs pour la Ouenghi de l'ordre de 45 mg/l. en basses et moyennes eaux (débits de 1 à 25 m³/s), soit au maximum un départ de 50 t./an/Km².

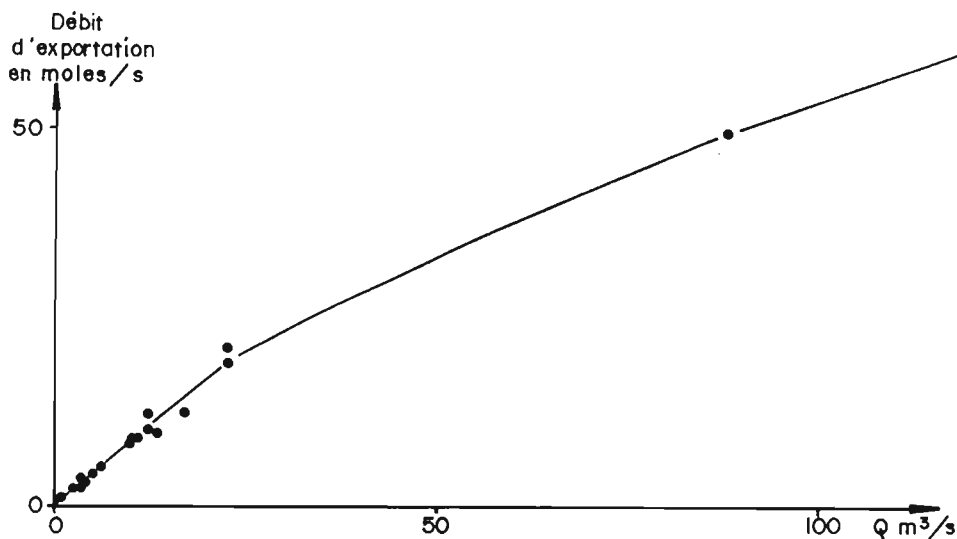


Fig. 8 - Ouenghi RT1 - Débits d'exportation de la magnésie

II.2.6 - LE BILAN DES FLUX DE MATIERES

Faute d'un échantillonnage et de mesures de débits suffisants, on a longtemps considéré que le rapport des suspensions sur la charge totale dans les bassins sur roches ultrabasiques n'excédait pas 20%.

Même si l'on ignore les valeurs des réaccumulations de silice à la semelle des massifs et celles des produits de désagrégation dans les zones de piedmont, ainsi que les quantités de matériaux charriés, les mesures réalisées (bassin Ouenghi) permettent de corriger les premières estimations et de retrouver des chiffres, proches de ceux que l'on connaît pour d'autres bassins dégradés et sous savane, de la bande intertropicale.

Avec 470000 t. du 1er Novembre 1974 (exclue, l'année 1973-74 correspondant aux travaux d'ouverture) au 31 Octobre 1982 pour un volume écoulé de $2084 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ et un volume annuel moyen de $251 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, les exportations de matières en suspension sur la Ouenghi devraient être de l'ordre de 230 t./an/ Km^2 , soit :

- une dégradation spécifique de 0,13 mm/an (densité moyenne du matériau de départ admise $d = 1,8$),
- et des apports annuels moyens au delta de l'ordre de 30000 m^3 (densité moyenne des vases admise $d = 2,0$).

II.3 - L'EVOLUTION DES MORPHOLOGIES FLUVIALES ET LITTORALES

Des signes de rupture de l'équilibre morphodynamique fluvial et littoral, liés à l'importance des apports en sédiments, sont enregistrés. La scannerisation et la rectification des différentes imageries satellitaire et aériennes permettent ainsi, après superposition des fonds hydro de 1955 (cartes au 1/50000e de l'IGN), de saisir l'évolution des lits fluviaux, comme ceux des rivières Thio et Ouenghi à proximité de leur embouchure.

II.3.1 - DELTA ET MEANDRES DE LA THIO

Ouvertes depuis 1875-76 les exploitations du plateau de Thio ont été à l'origine du développement incontestable des engravements de la basse-vallée (transport autrefois possible du minerai par chaland sur la Thio), même si le comblement du lit mineur ne semble pas encore à l'heure actuelle, être la cause d'une aggravation notable des inondations dans la zone basse (très large réoccupation de la plaine alluviale lors des crues, relation "stable" pour différents maximums de crue entre niveaux relevés sur la basse-Thio et plus en amont).

L'évolution morphodynamique du lit mineur entre 1955 et 1989 n'en demeure pas moins très importante (Fig. 9) :

- Ensablement rive droite du delta jusqu'au pointement du Bota Méré, le dégagement de l'embouchure n'étant que temporaire (crue récente).
- Développement de méandres, tant en amont qu'en aval du pont, à partir d'un lit quasi-rectiligne. Le plus spectaculaire (amont pont) et le plus dangereux (attaque de la berge concave rive droite, en partie stoppée depuis 1982 avec la mise en place d'enrochements) des méandres semble lié à la poursuite après 1955 des apports latéraux rive gauche.

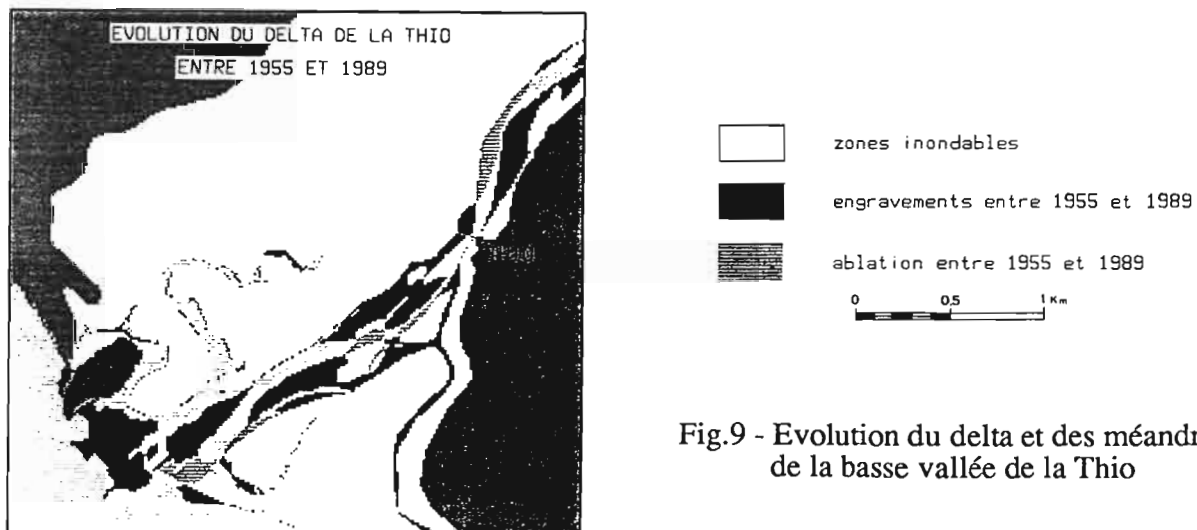


Fig.9 - Evolution du delta et des méandres de la basse vallée de la Thio

II.3.2 - DELTA DE LA OUENGI

L'évolution de ce delta se traduit par d'importants dépôts de barre, dont les contours peuvent être précisés (Fig. 10) à partir des photos aériennes de 1954 (carte topographique IGN) et de 1982.

Sur la base des mesures précédentes, un accroissement moyen annuel de 30000 m³ résultant de l'érosion "naturelle" du bassin de la Ouengi et les 130000 m³ supplémentaires liés aux travaux d'ouverture du Kongouhaou représenteraient en 28 ans près de 1000000 m³ d'apports, à rapprocher des observations indirectes de la barre (front de 3 Km avec avancée de 300 m en moyenne sur 1 m).

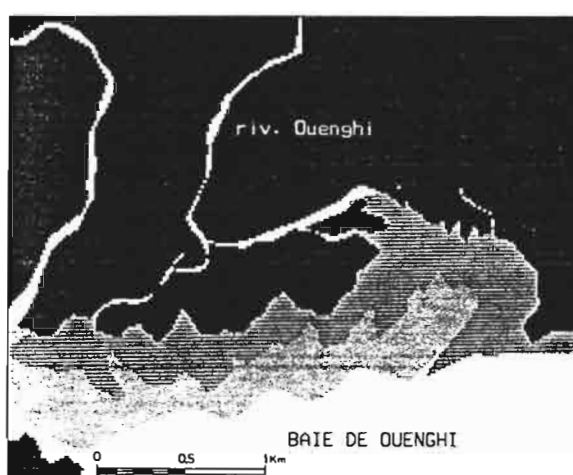


Fig. 10 - Progression du delta de la Ouengi entre 1954 et 1982

III - LES EVOLUTIONS A MOYEN TERME - LE DEVENIR DES GALETS

Les quelques exemples présentés montrent qu'il est possible, à partir des moyens techniques mis en œuvre :

- de déceler les principales sources de transports solides en Nouvelle-Calédonie (formation à charbons, milieux anthropisés),
- de tester globalement l'efficacité des nouvelles méthodes d'exploitation des garnièrites (mine du Kongouhaou),
- de mettre en évidence, après seuillage des différentes imageries puis superposition, l'extension des terrains découpés et érodés ainsi que les évolutions torrentielles, fluviales et littorales dans les secteurs les plus touchés par l'activité minière.

Ces moyens, complétés par quelques mesures de terrain (profils et granulométries des lits fluviaux, relevé des arrachements, évolution des remplissages en amont des ouvrages de stockage) devraient permettre de mieux appréhender les phénomènes d'érosion ainsi que de mieux évaluer les risques que peuvent constituer à moyen terme :

- l'érosion des surfaces dégradées ou remaniées (anciennes décharges en particulier),
- les déjections torrentielles dans les principaux cours d'eau.

L'érosion multiforme (ravine, glissements de masse, laves torrentielles, érosions au pied des décharges et sapements des berges) qui peut affecter les surfaces dégradées ou remaniées, lors d'épisodes pluvieux particulièrement importants, engendre parfois des situations quasi-irréversibles.

C'est ainsi, qu'à la suite du cyclone Anne (Janvier 1988) qui a touché sévèrement les bassins de la Thio (maximum de crue le plus important de la période 1948-91) et de la Tontouta, une ravine en contrebas des plates-formes d'exploitation de l'ancienne mine Bel Air s'est réactivée, fournissant en une seule coulée, au creek Jeanne et Marie plus aval (bassin de 2,60 Km²) 40 à 50000 m³ de matériaux (Meunier M., 1990).

L'affaissement des décharges non contrôlées et les transports torrentiels ont provoqué dans certaines vallées, condamnées jusque dans les années 70 par l'exploitation minière, des surélévations locales des lits par les stériles rocheux qui atteignent parfois plusieurs mètres.

- Bassin de la Tontouta (secteur minier de Tontouta).
- Basse-vallée de la Thio, Do Thio (Thio plateau et Do Thio) et Nembrou (Thio Ningua).
- Rivière Ouango (secteur minier de Boakaine).
- Rivière Kouaoua (secteur minier de Kouaoua).
- Rivières Ouha et Ouaté (secteurs miniers de Népoui et du Boulinda).
- Rivières Tinip, Ouá Bouameu et Oué Tenguea (secteurs miniers de Ouaco et du Kaala).

Si ces comblements affectent quelques biefs en en modifiant les régimes (accroissement des débits d'inféro-flux et diminution des débits superficiels de basses-eaux) et les conditions hydrauliques (augmentation des risques d'inondation), bien des rivières dont les estuaires ou les plaines alluviales ont déjà été touchées par les boues d'origine latéritique ne sont pas encore envahies par les galets.

Sur la Ouenghi (Fig. 11), le rehaussement du lit mineur au niveau de la RT1 est progressif mais faible et constitué essentiellement par des sables et des gravillons.

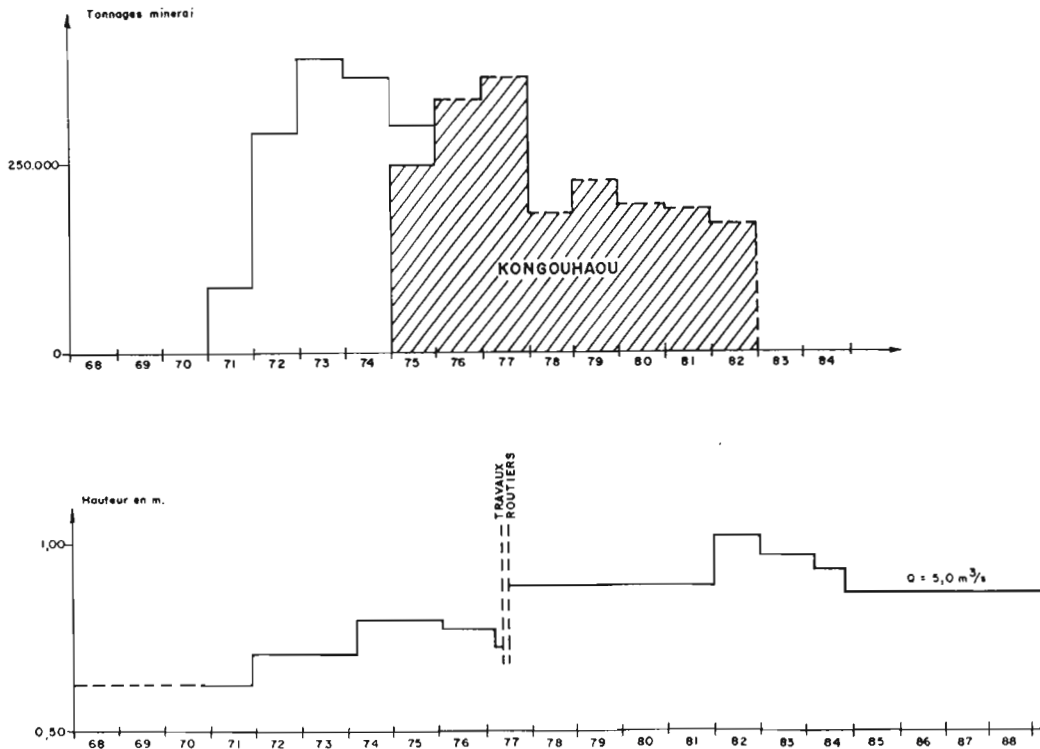


Fig 11 - Extractions minières et rehaussements du lit mineur de la Ouenghi

La capacité de charriage étant souvent insuffisante, les galets et les blocs encombrant ainsi le bas de la ravine située en amont du Kongouhaou, dont les déjections sont recoupées par la rivière Tontou, ou se répandent (lit en tresses) dans la zone de confluence Tontou-Ouenghi.

Il en est de même pour la Thio, où l'on connaît des sections entre St-Michel et St-Paul encore peu touchées par les engravements, alors que les blocs encombrant la Nembrou, la Nakalé, les creeks Vincent et Jeanne et Marie.

BIBLIOGRAPHIE

- A. (1976) : *Lateritic nickeliferous. Ores and orebodies in New-Caledonia*. SLN Geol. Dept. 25 th Intern. Geol. Congr. Sydney, 4 fasc. + 3 pl. h.t.
- A. (1979) : *Rapport sur la pollution minière en Nouvelle-Calédonie*. Rapport Mines n° 26 SES 693/MI, Rapport multigr., 29 p.
- A. (1985) : *Thio Kongouhaou. 8 ans d'effort*. SLN, Plaquette 14 p.
- A. (1989) : *Guide d'utilisation du progiciel CARTO-PC. Version 1,0*. Ecole Mines Paris - CTAMN, Rapport 89/R/02, Vol. 1, 107 p. + 2 ann.
- A. (1990) : *Le nickel en Nouvelle-Calédonie : De la prospection à la mine*. SLN, Plaquette 46 p.
- BALTZER F. - TRESCASES J.J.** (1971) : *Erosion, transport et sédimentation liés aux cyclones tropicaux dans les massifs d'ultrabasites de Nouvelle-Calédonie*. Cahiers ORSTOM, série Géologie, Vol. III, n° 2, pp. 221-244.
- COURAULT D.** (1989) : *Etude de la dégradation des états de surface par télédétection: Analyses spectrales, spatiales et diachroniques*. N° 17, Revue SOLS, INRA, 239 p.
- DANLOUX J.** (1987) : *Contribution à l'étude des transports solides en Nouvelle-Calédonie: Les transports solides en suspension sur les bassins de la Ouenghi et de la Pouembout*. ORSTOM, Rapport multigr., 121 p.
- DUBUCQ M.** (1986) : *Télédétection spatiale et érosion des sols. Etude bibliographique*. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, Vol. XXII, n°2, pp. 247-258.
- GERY P.M.** (1972) : *Note sur les décharges minières en Nouvelle-Calédonie*. Conserv. Nat. Arts et Métiers. Rapport multigr., 22p. dont 3 ann.
- MEUNIER M.** (1990) : *Commission de réhabilitation de la région de Thio. Etude des transports solides*. CE-MAGREF, 121 p.
- PARIS J.P.** (1981) : *Géologie de la Nouvelle-Calédonie: Un essai de synthèse*. Mémoire BRGM, n° 113, 278 p. + 2 c.h.t.
- RICHARDS J.A.** (1986) : *Remote sensing Digital Image Analysis*. Ed. Spinger Verlag, 281 p.
- TRESCASES J.J.** (1975) : *L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale: La formation des gisements nickélifères de Nouvelle-Calédonie*. Mémoire ORSTOM n° 78, 260p.

