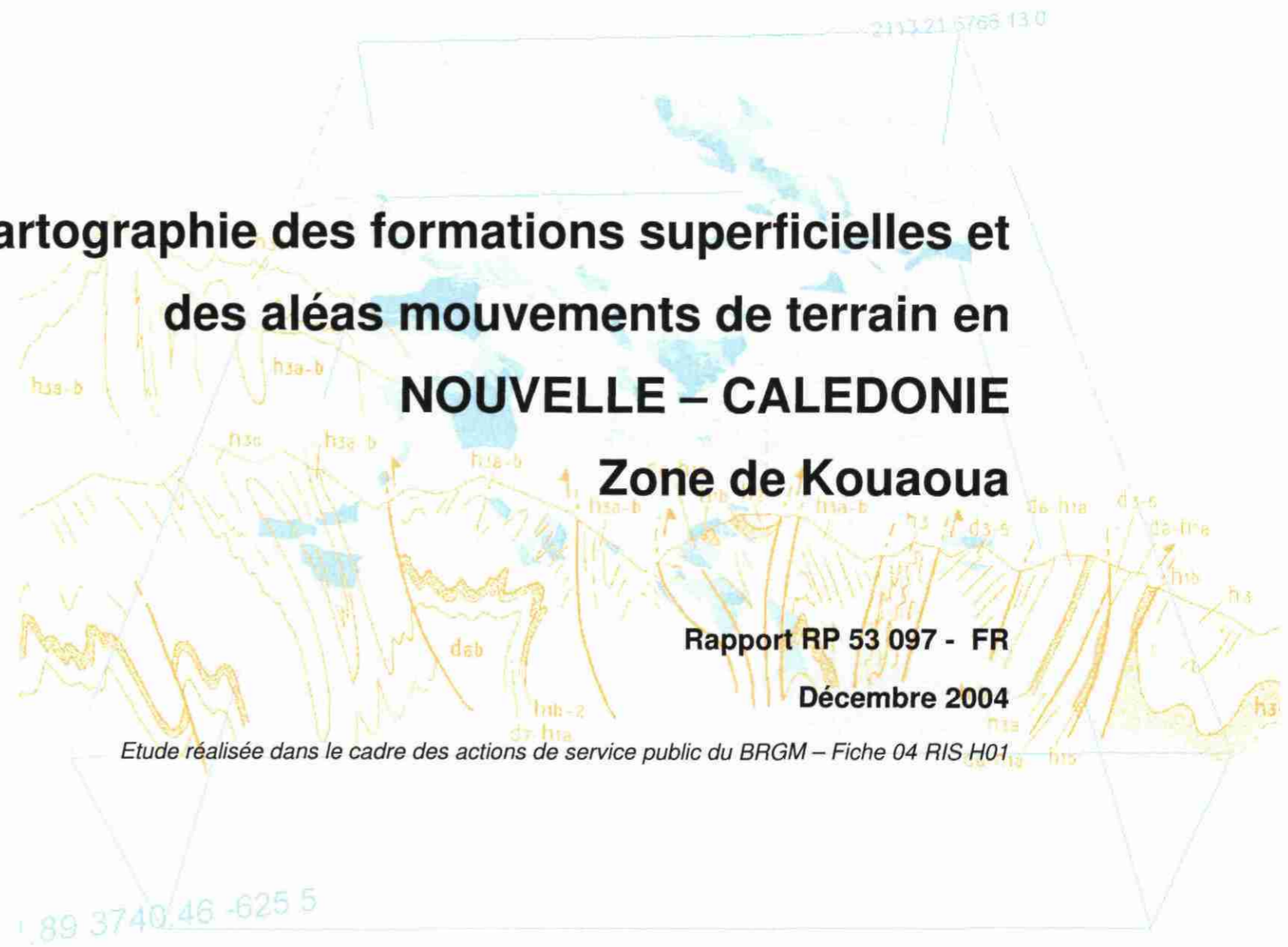


Document public



Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en NOUVELLE – CALEDONIE Zone de Kouaoua

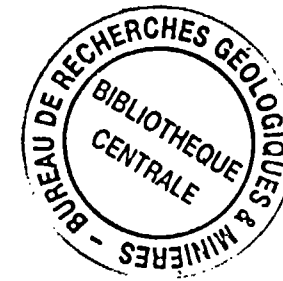


Rapport RP 53 097 - FR

Décembre 2004

Etude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM – Fiche 04 RIS H01





Document public

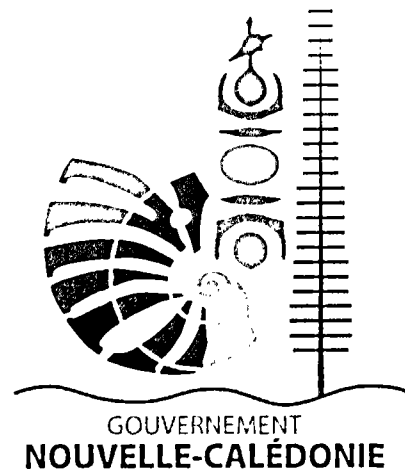
Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en NOUVELLE – CALEDONIE Zone de Kouaoua

Rapport RP 53 097 - FR

Décembre 2004

Etude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM – Fiche 04 RIS H01

P. Maurizot , Y. Lafoy, M. Vendé-Leclerc



Mots clés : aléas naturels, risques naturels, Plan de Prévention des Risques, mouvements de terrain, érosion, Nouvelle-Calédonie, latérites, péridotites.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Maurizot P., Lafoy Y., M. Vendé-Leclerc (2004) – Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie – Zone de Kouaoua, Rap. BRGM /RP 53 097 - FR.

©BRGM, 2004, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

1.	Introduction	4	6.	Carte géologique et des formations superficielles.....	12
1.1.	Objectifs de la convention	4	6.1.	Formations du substrat volcano-sédimentaire	12
1.2.	Contenu de l'étude	4	6.1.1.	Les formations sédimentaires sénoniennes.....	12
2.	La problématique du risque en Nouvelle-Calédonie	5	6.1.2.	Les calcaires de l'Eocène supérieur	12
2.1.	Spécificité des risques en Nouvelle-Calédonie.....	5	6.1.3.	L'unité de la nappe des basaltes de Poya	12
2.2.	La gestion du risque en Nouvelle-Calédonie	5	6.2.	Formations du substrat ophiolitique.....	12
2.3.	Limites de l'étude	5	6.2.1.	Péridotites indifférenciées	12
3.	Méthodologie des études de risque : La technique de l'aléa et la politique du risque 6		6.2.2.	Serpentinites	12
3.1.	Introduction	6	6.3.	Formations d'altérations	12
3.2.	Le PPR stricto sensu.....	6	6.3.1.	Cadre morphogénétique.....	12
3.3.	La carte des aléas annexé au POS et le "porté à connaissance" :.....	7	6.3.2.	Cuirasse continue "in situ"	13
3.4.	Quelles solutions pour la Nouvelle-Calédonie ?	7	6.3.3.	Blocs de cuirasse sur substrats variés.....	13
4.	Terminologie des études de risque : Définitions et documents.....	8	6.3.4.	Latérites épaisses	13
4.1.	La notion d'aléa et de risque	8	6.3.5.	Latérites minces	13
4.2.	Les différents documents élaborés dans une étude de risque.....	8	6.4.	Formation sédimentaire du Gwa Doro	13
4.2.1.	La carte géologique et des formations superficielles	8	6.4.1.	Affleurements du Gwâ Doro	13
4.2.2.	La carte informative des phénomènes.....	8	6.4.2.	Affleurements de Wénèè.....	14
4.2.3.	La carte des aléas.....	9	6.4.3.	Affleurements de l'arête du Gwâ Kayo (ou Kasouri)	15
4.2.4.	La carte des enjeux et d'appréciation des enjeux.....	10	6.4.4.	Affleurement de Kajitra.....	16
4.2.5.	Le plan de zonage ou carte réglementaire	10	6.4.5.	Affleurement du point coté 358.....	16
5.	Zone d'étude du programme 2004	11	6.4.6.	Conclusion.....	16
			6.5.	Formations alluviales et littorales.....	16
			6.5.1.	Alluvions récentes	16
			6.6.	Indications structurales.....	16

7.	Modèle numérique de terrain – Images satellitaires	17	10.	Conclusions, recommandations	28
7.1.	Modèle numérique de terrain.....	17	11.	Références bibliographiques	29
7.2.	Données satellitaires	17			
8.	Carte informative des phénomènes recensés, typologie des phénomènes	19			
8.1.	Erosion superficielle	19			
8.2.	Les ravines régressives.....	19			
8.3.	Les coulées de débris	19			
8.4.	charriages et Débordements torrentiels.....	20			
8.5.	Les chutes de blocs et écroulements	20			
8.6.	Les effondrements liés aux cavités souterraines.....	20			
8.7.	Désordres périphériques aux anciens travaux miniers	20			
8.7.1.	Les zones soumises à l'érosion.....	20			
8.7.2.	Les zones d'accumulations	20			
8.7.3.	Les ouvrages liés à l'activité minière	20			
9.	Zones sensibles et sites dégradés par l'activité minière	21			
9.1.	ravine du creek Wayō Wia	22			
9.1.1.	Description des désordres.....	22			
9.1.2.	Evolution temporelle.....	22			
9.1.3.	La ravine descendant du sommet Mé Mwa	23			
9.1.4.	Conclusion, recommandations	24			
9.2.	Ravines sous la mine Méa	26			
9.2.1.	Description des désordres.....	26			
9.2.2.	Evolution temporelle.....	26			
9.2.3.	Conclusion, recommandations	26			

Table des illustrations

Figure 1 – Principales étapes de réalisation d'une étude de risque

Figure 2 - Emprise de la zone d'étude

Figure 3 - Affleurement situés à l'Ouest du sommet Gwâ Doro (brèche et conglomérats à la base, sédiments fins vers le sommet)

Figure 4 - Affleurement de Wénèè : Rochers ruiformes formés par des sédiments fins latéritiques

Figure 5 - Affleurement de Wénèè : Détail des sédiments latéritiques

Figure 6 - Affleurement de Gwâ Kayo : Panneau de conglomérat affecté par un accident gravitaire et limité à l'amont par une faille listrique

Figure 7 - Affleurement de Névèè : Galets du conglomérat avec altération corticale et fentes radiales

Figure 8 - Affleurement de Gwâ Kayo : Fracture ouverte latéritisée dans le conglomérat

Figure 9 - Modèle Numérique de Terrain à la maille de 10 mètres (MNT réalisé grâce aux données numériques des cartes topographiques DI3T à l'échelle du 1 / 10 000)

Figure 10 -Extraits de l'Image Quick Bird utilisée dans cette étude

Figure 11 - Cadastre minier de la zone d'étude (source DIMENC)

Figure 12 - Le secteur du creek Wayō Wia (mosaïque réalisée avec l'image Quic Bird de 2002 et les photographies aériennes de 1995)

Figure 13 - Le Creek Wayō Wia et son bassin versant en 1942

Figure 14 - Données topographiques sur la ravine descendant du sommet Mé Mwa

Figure 15 - Evolution temporelle de la ravine à l'amont du creek Wayō Wia

Figure 16 - Ravines au Sud de la Mine Méa

Figure 17 - Evolution temporelle de la ravine de Méa Mébara

1.1. OBJECTIFS DE LA CONVENTION

L'opération intitulée "*Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie*" fait l'objet d'une convention pluriannuelle entre la Nouvelle-Calédonie et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières. L'opération est réalisée par le Service Géologique National en collaboration étroite avec la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie (DIMENC). Elle consiste à compléter la cartographie géologique existante, en particulier par un levé des formations superficielles et d'altération et à dresser un inventaire des zones d'aléas du point de vue de l'instabilité et de l'érosion des sols. Cette opération permet, entre autre, de fournir des documents cartographiques pouvant contribuer à l'élaboration du schéma d'aménagement et de développement de la Nouvelle-Calédonie (article 211 de la loi organique du 19 mars 1999).

Cela consiste, pour les zones d'étude sélectionnées chaque année :

1 - à réaliser la cartographie des formations superficielles et faire le bilan de toutes les informations disponibles sur les phénomènes d'instabilité (mouvements de terrain et érosion) significatifs, observés ou historiques. Ces informations (disponibles auprès d'organismes tels qu'administrations, bureaux privés, universités, ...) sont synthétisées sous la forme de cartes informatives des phénomènes à l'échelle 1/25 000 destinées à informer et sensibiliser les élus et la population,

2 - à réaliser l'analyse de l'aléa instabilité et à en dégager les paramètres. Cette carte des aléas permet, en tenant compte, de la nature des phénomènes, de leur probabilité d'occurrence et de leur intensité, de localiser et de hiérarchiser les zones exposées aux phénomènes concernés,

3 - à contribuer à la constitution d'une base de données locale actualisable. Pour ce faire, ces données sont restituées sous forme numérique afin d'être intégrées dans les Systèmes

d'Informations Géographiques (SIG) développés par le Réseau d'Echanges et de Traitement d'Informations Géographiques (RETIGéo) de la Nouvelle-Calédonie.

1.2. CONTENU DE L'ETUDE

L'étude doit délimiter, dans les zones d'enjeux sélectionnées et avec une précision compatible à une échelle de 1/25 000ème, les zones susceptibles d'être affectées par les phénomènes naturels suivants :

- les mouvements de terrain tels que les glissements, éboulements, chutes de blocs, effondrements, affaissements, coulées boueuses, ...

- la dégradation naturelle ou anthropique de zones qui seront recensées en tant que facteur aggravant.

Le recensement des phénomènes naturels traités se fait par :

- la synthèse des archives en possession de divers organismes et administrations. Des enquêtes pourront être menées auprès de la population et des élus afin de réactiver la mémoire collective,

- l'interprétation des données de télédétection (images satellitales et photographies aériennes),

- la compilation des études existantes (cartes thématiques: topographiques, géomorphologiques, géologiques, de densité du couvert végétal; cartes de localisation des phénomènes; cartes de risques).

- des levés de terrain.

Le contenu de l'étude, englobe également:

- la saisie numérique des données en vue de leur intégration sous SIG,

- la constitution de la base de données des informations,

- l'élaboration des cartes: informative des phénomènes, géologique (du substrat et des formations superficielles),

- les traitements informatiques d'analyse.

- la rédaction des notices explicatives (cartographie) et descriptives (base de données).

Le rapport d'étude est remis aux autorités de la Nouvelle-Calédonie, à savoir :

- le Président du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie,

- le Haut-Commissaire de la République en Nouvelle-Calédonie, service de la sécurité civile,

- la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie (DIMENC) et le service des Méthodes Administratives et de l'Informatique (SMAI), tous deux mandatés pour le valider d'après la définition du cahier des charges de l'étude,

- les services des provinces où se déroule l'étude,

- les communes intéressées par l'étude.

2. La problématique du risque en Nouvelle-Calédonie

Depuis 1998, un programme de **cartographie des risques naturels concernant les mouvements de terrain**, a été entrepris en Nouvelle-Calédonie, à la demande de l'Etat, en réponse aux dégâts récurrents occasionnés par le passage des cyclones et dépressions tropicales. Ce programme est financé par la Nouvelle-Calédonie et la dotation d'Etat du Bureau de Recherches Géologiques et Minières. Il est réalisé par le BRGM en collaboration avec la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie (DIMENC) et le Service des Méthodes Administratives et de l'Informatique (SMAI).

2.1. SPECIFICITE DES RISQUES EN NOUVELLE-CALEDONIE

Le facteur dominant et permanent qui détermine les mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie est d'ordre géologique (notion de risques géologiques ou géohazards en anglais). Dans la grande majorité des cas, les désordres résultent de la conjonction des mêmes facteurs : intense altération des roches en climat tropical, fortes pentes du milieu montagneux, événements pluvieux cycloniques qui préparent et déclenchent des phénomènes d'instabilité parfois originaux.

La Grande Terre, présente sur les 500 kilomètres de son grand axe un fort relief. Les sommets dépassent couramment 1000 mètres alors que la largeur de l'île n'est en moyenne que de 40 kilomètres. Les entailles sont profondes, les vallées encaissées. Les populations se concentrent essentiellement sur le littoral ou dans les embouchures des principales rivières.

L'un des traits géologiques fondamentaux de la Grande Terre est constitué par les grandes étendues des massifs de péridotites. La plupart des risques naturels dangereux leur sont liés. Ces massifs sont en position topographique dominante. L'altération propre au milieu tropical fragilise à divers degrés ces formations particulières. La roche mère est profondément

transformée en latérite, résidu terreux et meuble, constitué en majorité d'hydroxydes de fer, formant un manteau épais parfois de plusieurs dizaines de mètres. Ces ensembles altéritiques présentent une faible fertilité naturelle en raison de nombreuses carences et de la toxicité due aux métaux. En conséquence, la couverture végétale qui a réussi à s'adapter à ce milieu difficile, est très fragile et sensible.

Cette puissante altération est le corollaire d'un climat chaud et humide. L'abondance et la chronicité des précipitations gouvernent le processus d'altération à long terme. Mais les crises aiguës pluviométriques, cyclones et dépressions tropicales, jouent le rôle de déclencheur des phénomènes d'instabilité. Des intensités pluviométriques supérieures à 100 mm/h sont parfois enregistrées au passage de **cyclones ou de dépressions tropicales**. On relève un record de 1392 mm tombés en 24 h. sur le Mont Humboldt lors du passage du cyclone Anne en 1988.

Les débits des rivières et des "creeks" (torrents) peuvent connaître des pointes de crues exceptionnelles. Le débit liquide mesuré lors du cyclone Gyan (décembre 1981) sur la Ouaième est un record mondial : 10 400 m³/s pour 320 km². Des variations de hauteur du lit de l'ordre de la dizaine de mètres ont été rapportées. Quant aux débits solides ils ne sont pas moins importants pour tous les bassins versants.

Schématiquement, on a donc, une zone littorale au relief modéré, lieu de prédilection pour les implantations humaines, dominée par des massifs aux fortes pentes, puissamment altérés, à la végétation fragile, et arrosés par d'abondantes précipitations en altitude. Cette situation, on le comprend, présente des risques.

Les phénomènes résultants sont nombreux et chaque cyclone apporte son cortège de dégâts : toute la gamme des mouvements de terrains est représentée, avec des glissements, des écroulements, des coulées de débris, des coulées boueuses, des zones de forte érosion avec ravinement actif à l'amont et engravement des cours d'eau à l'aval, des zones de

débordement torrentiel. Les cas les plus bénins concernent des inondations ou des pollutions de rivières par des boues latéritiques. Les cas les plus graves consistent en coulées de "laves torrentielles" destructrices.

Ce contexte naturel très spécifique au sein de la communauté française d'outre mer (spécificité géologique aussi forte que celle de la Polynésie française, des Antilles ou de la Réunion avec ses terrains volcaniques par exemple) demande en retour une étude adaptée.

L'activité humaine n'est pas sans incidence sur ce milieu sensible. L'exploitation des ressources, au premier chef minérales, avec le nickel, mais aussi forestières et dans une moindre mesure agricoles, sont autant de facteurs additionnels qui peuvent aggraver ces conditions naturelles déjà sévères. La destruction du couvert végétal, l'abandon d'anciennes exploitations, l'ouverture de pistes, l'exploitation du sol et du sous-sol, de la forêt ou la mise en culture de certaines zones peuvent, s'ils ne sont pas maîtrisés, déclencher ou aggraver les mouvements de terrain et les phénomènes torrentiels. L'activité minière du Territoire, présente mais surtout passée, est au centre de cette problématique. **Son incidence véritable par rapport aux désordres recensés doit être établie.**

2.2. LA GESTION DU RISQUE EN NOUVELLE-CALEDONIE

La culture du risque reste faible en Nouvelle-Calédonie, ce qui est paradoxal pour un territoire soumis périodiquement aux cyclones et dont la constitution géologique et physiographique est éminemment favorable à l'instabilité des terrains. Cette méconnaissance du risque a plusieurs causes : urbanisation et infrastructures encore réduites, faible prise en compte de l'environnement, absence de recul historique sur les événements, décalage du dispositif légal par rapport à la métropole, priorité donnée au développement économique au détriment du milieu naturel, indifférence face

à la réglementation perçue comme un pouvoir renforcé de l'Etat.

Bien des désordres infligent chaque année des dégâts aux infrastructures de la Nouvelle-Calédonie. Si ces phénomènes n'ont pas encore fait de victimes directes, les dégâts sur les biens sont en revanche importants : réseaux linéaires divers coupés (voirie, lignes électriques, adductions d'eau), franchissements emportés, propriétés dégradées, captages détruits, rivières engravées ou polluées, lotissements inondés, habitations endommagées et évacuées, chantiers perturbés, installations minières détruites.

Ces dommages coûtent cher aux collectivités, qu'il s'agisse de simples déblaiements périodiques, de travaux de réfections ou à l'extrême, de travaux lourds de génie civil pour la protection et le confortement des sites dégradés. En comparaison, **une stratégie de prévention du risque** dont l'objectif premier est de délimiter les zones dangereuses et le but final d'améliorer la réglementation des futurs aménagements, représente une économie évidente sur le moyen et le long terme.

2.3. LIMITES DE L'ETUDE

Cette étude concerne strictement les aléas liés aux différents types de mouvements de terrain. Les autres types d'aléas naturels ne sont pas ou peu pris en compte. L'aléa sismique demeure faible en Nouvelle-Calédonie. L'aléa "inondation des grandes vallées alluviales" est traité par la DAVAR. L'aléa torrentiel, dans la partie basse des vallées, n'est pas pris pleinement en compte. Il n'y a pas à l'heure actuelle de spécialiste de ce type d'aléas en Nouvelle-Calédonie, alors que les risques à l'amont (mouvements de terrain) sont bien cernés (programme BRGM - DIMENC), ainsi que les risques d'inondation à l'aval, dans les grandes vallées côtières (programme DAVAR).

3. Méthodologie des études de risque : La technique de l'aléa et la politique du risque

3.1. INTRODUCTION

Parmi les risques naturels connus : inondations, séismes, mouvements de terrains, ces derniers sont les plus mal perçus par la société. Alors que le caractère "naturel" est accepté quand il s'agit des phénomènes d'inondations pour lesquels le risque, généralement précédé par des phénomènes annonciateurs, est subi avec une certaine fatalité, il en va autrement pour les mouvements de terrain aux caractères plus soudain, destructeur et ruineux. On cherche souvent un coupable... Or, les mouvements de terrain sont par essence difficilement prévisibles. L'un des moyens les plus efficace pour s'en protéger reste donc la prévention.

Lorsque les biens où les populations sont atteints par un phénomène naturel, cette intrusion est désormais perçue par le public comme quelque chose de plus en plus intolérable. La sécurité face aux éléments naturels devient alors un droit que certains n'hésitent pas à placer au même rang que le droit au travail, à l'assistance, à la santé.

Dans plusieurs pays, l'impulsion et la coordination des recherches, la législation en matière de catastrophes et de risques, sont maintenant placés directement sous la responsabilité du gouvernement. **Comment prendre en compte les risques naturels dans les documents d'urbanisme ? Quels aménagements pour garantir quelle sécurité ? Quels conseils donner aux maires pour concilier le développement de leur commune et les risques naturels ?** Autant de questions auxquelles une véritable politique de gestion des risques doit pouvoir répondre et sur lesquelles nous nous proposons d'apporter quelques éléments de réponse.

L'Etat s'est préoccupé de longue date de prévenir les sinistres dus aux risques naturels en métropole mais la forte spécificité des DOM TOM n'a pas permis la transposition pure et simple des dispositifs légaux dans ces contextes éloignés. On ne peut pas en effet comparer des milieux naturels aussi disparates que celui de la métropole, des Antilles ou de la Réunion avec le volcanisme, ou de la Nouvelle-

Calédonie avec ses "massifs miniers", pas plus qu'on ne peut comparer leurs développements socio-économiques, leurs statuts administratifs, leurs compétences en matière d'aménagement et de sécurité civile.

Toutefois, comme partout, la fin du XXe siècle a vu une accélération de l'occupation humaine dans tous ces pays et la prise de conscience de la nécessité d'une réglementation vis à vis des risques naturels.

En métropole, divers documents ont été créés pour avertir les populations exposées et réglementer la construction dans les zones à risque. Cette réglementation a pris successivement la forme selon le département concerné et l'époque, de cartes de risques naturels en application de l'article R111-3 du code de l'urbanisme, de PZEA, PZERN, Projets d'Intérêt Général (PIG), de Plans d'Exposition aux Risques naturels prévisibles (PER), etc... La plupart de ces documents sont remplacés aujourd'hui par les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) considérés de par leur poids réglementaire et leur niveau de réalisation technique comme la forme la plus aboutie en matière de plan de prévention.

Quelles règles définir pour la Nouvelle-Calédonie où un tel dispositif n'existe pas ?

Toute étude de risques naturels présente deux phases :

- **la première est technique** et correspond à l'inventaire des phénomènes et à la réalisation de la cartographie des aléas (probabilité de survenance du phénomène).

- **la deuxième est administrative et réglementaire**, et se pose plus en terme de réflexion d'aménagements. **Elle est donc politique** et considère les moyens de se protéger des phénomènes.

Si la première phase présente parfois des difficultés techniques de réalisation par manque d'informations, difficulté d'évaluation de la probabilité, faible recul historique, c'est à dire en fait par manque de représentativité

statistique, elle arrive à son terme la plupart du temps quitte à présenter quelques imperfections. Il n'en va pas de même pour la phase réglementaire qui entraîne obligatoirement une concertation et une négociation au niveau des collectivités et constitue une phase délicate avec ses dimensions socio-économiques et donc politiques. Cette dernière phase est cependant essentielle car, en théorie, il est toujours possible de se protéger contre un phénomène. Mais à quel prix ? Seul le coût des protections, leur caractère "raisonnable", l'incidence sur la gestion de la collectivité, permettent de trancher. Il s'agit donc en fait de "négocier le risque acceptable" vis à vis de tel ou tel aménagement et, pour aboutir dans une telle négociation, il importe que les limites "techniques" des secteurs soient bien explicitées par les techniciens puis reconnues et acceptées par les décideurs.

Le retard constaté en métropole dans la mise en œuvre des PER puis des PPR alors que la fréquence des catastrophes ne baissait pas, bien au contraire, a mis en évidence la nécessité de garder un éventail législatif le plus ouvert possible, prenant en compte les différentes situations locales et les enjeux pour gagner en efficacité et en réalisme en matière de prévention.

A l'heure actuelle deux choix sont possibles :

3.2. LE PPR STRICTO SENSU

Les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles, ou P.P.R., ont été mis en place par une loi récente (loi n°95-101 du 2 février 1995 dite "loi Barnier", décret n°95-1089 du 5 octobre 1995) pour simplifier l'affichage du risque, en remplaçant les différents documents mis en place jusqu'alors. Les PPR peuvent "interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou [...] prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités" (Art. 40-1 de la loi 87-565 modifiée par la loi 95-101). Il s'agit donc d'un outil

puissant, capable de réglementer toute occupation humaine si nécessaire.

A titre d'exemple, dans une zone où des mouvements de terrains sont connus, on peut être soumis aux réglementations suivantes :

- Le risque est fort : toute construction ou aménagement sont interdits, sauf exceptions dûment justifiées et sécurisées (bâtiments sans occupation humaine, pylônes, routes...).

- Le risque est moyen ou modéré : une étude géotechnique, est exigée avant toute construction, et diverses dispositions peuvent être prescrites au constructeur.

- Le risque est faible, mais les terrains sont sensibles : quelques mesures d'urbanismes (absence d'infiltration d'eau dans les sols, etc..) sont prescrites, et l'administration recommande une étude de sol à l'échelle d'une parcelle, qui relève alors de la responsabilité du constructeur. Dans ce dernier cas le pétitionnaire peut passer outre à la recommandation, mais prend un grand risque vis à vis de ses assurances qui pourraient bien en cas de sinistre évoquer l'absence d'étude, alors que le risque (même faible) était notoire, pour en refuser la prise en charge.

Après élaboration dans les formes définies par la loi (prescription par le Préfet, élaboration par un service de l'Etat, consultations, enquête publique puis approbation par le Préfet), le P.P.R. vaut servitude d'utilité publique, et doit être annexé au Plan d'Occupation des Sols (POS). Les dispositions du PPR peuvent être, après consultation des maires concernés, immédiatement rendues opposables par le représentant de l'état dans le département. Cette décision est rendue publique. A défaut de mise en conformité, la réalisation des mesures peut être exécutée au frais du propriétaire.

A côté de cette procédure lourde mais puissante qui n'a jamais été transposée en Nouvelle-Calédonie, subsiste la possibilité d'intégrer directement des réglementations concernant les risques naturels dans les POS, généralement par le biais d'une carte des aléas.

3.3. LA CARTE DES ALEAS ANNEXE AU POS ET LE "PORTE A CONNAISSANCE" :

Dans le cadre de l'élaboration ou de la révision d'un POS ou d'un document d'urbanisme en tenant lieu, l'Etat en métropole dispose des moyens de droit commun du Code de l'urbanisme que sont notamment le contrôle des permis de construire au regard de la sécurité publique en application des articles R. 111-2 et 3 du Code de l'urbanisme.

L'article R. 111-3 du code de l'urbanisme (en métropole) stipule que "la construction sur des terrains exposés à un risque, tel que: inondation, érosion, affaissement, éboulement, avalanches, peut, si elle est autorisée, être subordonnée à des conditions spéciales. Ces terrains sont délimités par arrêté préfectoral pris après consultation des services dans les formes prévues par le décret n° 59-701 du 6 juin".

Pour ce faire, il est possible d'annexer au POS une carte des aléas qui permet de prendre en compte la notion de risque naturel. Il s'agit là d'un mode de fonctionnement plus facile à mettre en œuvre qu'un PPR, mais un peu plus limité dans ses possibilités réglementaires : Un POS ne peut pas en effet imposer de dispositions constructives (par exemple étude de sol), qui restent de la responsabilité du maître d'œuvre.

Les cartes des aléas jointes au POS ne sont donc pas en elles même des documents réglementaires. Sur le plan juridique, il s'agit d'un simple "porté à connaissance" de l'Etat ou d'une initiative de la commune, au moment de l'élaboration ou de la révision du POS : il n'y a pas de phase administrative pour ce document, contrairement au P.P.R. et l'Etat doit choisir entre une interdiction pure et simple de construire (par principe de précaution), et une simple recommandation de ces dispositions, dont l'application reste sous la responsabilité du pétitionnaire.

Cependant, la réalisation de la carte des aléas et la procédure du porté à connaissance présentent l'avantage de mettre l'information disponible à disposition du public, de faciliter la communication de documents qui, à défaut

d'apporter une réflexion et des solutions définitives aux problèmes d'instabilité, réunissent les éléments de connaissance indiscutables disponibles.

Tout le problème est de savoir où s'arrêtent les connaissances indiscutables et comment elles peuvent être rendues disponibles. Rappeler un événement survenu dans le passé ou aider à la lecture d'une carte géologique sont choses assez faciles, mais formuler, sur des bases insuffisantes, un diagnostic lourd de conséquences et de responsabilités est un exercice beaucoup plus redoutable.

La procédure du porté à connaissance est donc généralement engagée dans un premier temps à des échelles (1/25000) intéressantes surtout pour mettre en lumière les zones ou des études plus complètes doivent être entreprises. C'est l'échelle des "unités ou bassins de risque", ensemble régional homogène présentant une unité au plan géologique, géomorphologique ou économique (bassin versant, tronçon de vallée, région naturelle) soumis à un ou plusieurs phénomènes naturels récurrents. Par la suite des études à l'échelle communale (1 / 10 000) sont entreprises sur les zones jugées les plus sensibles.

3.4. QUELLES SOLUTIONS POUR LA NOUVELLE-CALÉDONIE ?

En Nouvelle-Calédonie, trois procédures contenant des éléments spécifiques en matière de risque naturel régissent la construction et l'urbanisme (Dinger et Tachker, 1989) et peuvent être utilisées dans la prévention des risques naturels.

Au niveau des Plans d'Urbanisme Directeur (PUD), le plan comporte un "règlement qui fixe les règles et servitudes relatives à l'utilisation du sol, justifiées par les nécessités locales ou générales. Ces servitudes peuvent, le cas échéant, comporter l'interdiction de construire" (Délibération n° 74 du 11 mars 1959) après enquête publique. L'autorité compétente est actuellement la Province lors de l'instruction du PUD puis la municipalité concernée lorsque le PUD a été approuvé.

Au niveau des lotissements, l'exécutif compétent "peut interdire le groupe

d'habitations ou le lotissement si le terrain est impropre à l'habitation" (décret n° 51 – 1135 du 21 septembre 1951, alinéas 3 et 4).

Au niveau des permis de construire (compétences municipales), la délibération n°19 du 8 juin 1973 prévoit dans son article 16 que "le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales si les constructions, par leur situation ou leurs dimensions, sont de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique". L'article 17 stipule que "la construction sur des terrains exposés à un risque naturel tel que : inondation, érosion, affaissement, éboulement, peut, si elle est autorisée, être subordonnée à des conditions spéciales".

La procédure du lotissement précède toujours la délivrance des permis de construire. Les articles 16 et 17 relatifs au permis de construire sont directement inspirés des articles R111-2 et R111-3 du code de l'urbanisme métropolitain. Le 2ème alinéa de l'article R111-3 métropolitain, n'a cependant pas été repris dans la réglementation du Territoire. Il s'agit de la procédure d'approbation des zonages de risques. Ces articles 16 et 17 permettraient de prendre en compte tant les effets induits (article 16) que les effets subis (article 17) en matière de risques naturels. Leur utilisation ne semble pas encore fréquente, notamment pour refuser les autorisations sollicitées.

Ajoutons enfin que la réglementation sur les permis de construire ne s'applique qu'en zone urbaine. Les constructions en zones rurales non agglomérées ne sont donc pas soumises à autorisation.

En Nouvelle-Calédonie, ces éléments de procédure doivent permettre de prendre en compte "a minima" les risques naturels notamment dans les PUD. Mieux vaut un règlement imparfait mais utilisé, reconnu et adopté qu'une étude exhaustive mais inutilisée. Nombreux sont les exemples métropolitains de cartographies thématiques ignorées des collectivités locales. A l'opposé, l'imperfection des observations ne doit jamais être prétexte à ne pas transformer le document technique en un document d'aménagement. Enfin, l'expérience montre qu'une cartographie des risques naturels qui ne reposerait pas sur une

concertation, menée tout au long de la procédure, a peu de chances d'aller à son terme administratif ou tout au moins d'être respectée dans les décisions quotidiennes d'aménagement.

En l'absence de législation du type PPR en Nouvelle-Calédonie, il semble que la procédure de la "carte des aléas" jointe aux PUD ou au POS, à défaut d'offrir une solution absolue, peut apporter des réponses satisfaisantes à la prise en compte des risques dans l'aménagement.

4. Terminologie des études de risque : Définitions et documents

Une étude de risque obéit à une démarche désormais bien établie, utilise des termes précis et produit différents documents de natures bien déterminées. Cette codification a été formalisée dans un certain nombre de dossiers édités par les Ministères concernés (Aménagement et Equipement) et le vocabulaire ainsi défini est désormais employé couramment dans les procédures des Plans de Prévention des Risques métropolitains. Il n'est pas inutile d'en faire un bref rappel. Il est également indispensable, de s'entendre sur la définition des termes les plus couramment utilisés. En effet, l'expérience révèle que les mots recouvrent quelquefois des significations très éloignées. Les recherches entreprises montrent malheureusement qu'il n'existe pas, dans la littérature, de terminologie claire et précise, qui fasse l'unanimité des experts des différents risques. La terminologie de référence proposée ici est établie à partir des principales définitions existantes et de l'usage courant constaté.

4.1. LA NOTION D'ALEA ET DE RISQUE

Le **risque R** est classiquement défini de manière théorique comme le produit de l'**aléa naturel A** par les **enjeux ou plus exactement leur vulnérabilité V**.

Risque = Aléa x Vulnérabilité

Selon une telle équation, un aléa très important en plein désert entraîne un risque nul, ou à l'opposé un aléa modeste peut entraîner un risque énorme dans une zone à fort enjeu (barrage, installations classées, forte densité urbaine). Le **risque** peut être également défini de manière plus complexe comme une **mesure probabilisée de l'impact d'un phénomène sur le milieu anthropisé**. En termes probabilistes et pour un site ou une région donnée, il représente l'espérance mathématique des pertes au cours d'une période de référence. L'**aléa naturel** fait donc référence aux phénomènes (par exemple tel type de glissement de terrain) et c'est la

présence d'enjeux (biens ou personnes) qui crée les conditions du risque.

L'**aléa naturel A** est défini à son tour comme la **probabilité d'occurrence d'un phénomène**, ou plus précisément comme la **probabilité pour qu'au cours de la période de référence, un événement atteigne ou dépasse une certaine intensité** sur le site étudié. On définit par exemple, dans le cas des inondations, les limites des crues quinquennale, décennale, etc..., sachant bien que la crue décennale peut se produire deux années consécutives. Cet aspect probabiliste est encore plus pesant dans le cas des mouvements de terrain. Aucun phénomène n'y ressemble au précédent. Si dans le cas des inondations, la modélisation du phénomène est relativement plus facile, dans le cas des mouvements de terrain et selon le type concerné, une beaucoup plus grande incertitude existe.

Evaluer l'aléa revient donc à calculer, en un site donné, la fonction de répartition des paramètres caractéristiques de l'événement. Pour caractériser l'aléa, des facteurs de plusieurs types sont à prendre en compte. Il s'agit des facteurs permanents indépendants des notions temporelles, à l'échelle humaine (topographie, géologie, géomorphologie dynamique...) et des facteurs temporels, présents ou passés, ponctuels dans le temps (instabilités historiques, géomorphologie...). Plus précisément pour les mouvements de terrain on distingue :

- les facteurs **permanents** ou **intrinsèques** tels que la nature du sol et du sous sol, c'est pourquoi on parle souvent de **facteurs ou risques géologiques**,
- les facteurs **aggravants** tels que les interventions humaines (feux de brousse, aménagements sans précautions), ou encore la pente,
- les facteurs **déclenchants** tels que les cyclones et les précipitations qui les accompagnent, ou encore les séismes.

V est la vulnérabilité du site. Dans un désert parfait, la vulnérabilité est nulle, et par conséquent, le risque est nul, même si l'aléa ne l'est pas. La vulnérabilité est un facteur complexe qui présente des termes qui sont de deux natures différentes. Les uns sont de nature physique (exprimables, par exemple, en fonction de l'intensité de l'événement), comme la stabilité des constructions en réponse aux mouvements du sol, alors que les autres sont de nature socio-économique, tels que la perception du risque par la population ou l'organisation de la gestion des crises.

L'**aléa relève du domaine technique** et de l'expertise. S'agissant de glissements de terrain, un géologue pourra l'appréhender. S'agissant d'inondation un hydraulicien pourra l'évaluer. **La vulnérabilité relève du domaine de l'aménageur, l'appréciation du risque en fin de compte revient au décideur et au politique.**

4.2. LES DIFFERENTS DOCUMENTS ELABORES DANS UNE ETUDE DE RISQUE

La succession des différents stades et documents produits par une étude de risque est présentée sur la figure 1.

4.2.1. La carte géologique et des formations superficielles .

Le facteur intrinsèque et principal des aléas concernés par cette étude est de nature géologique. Une **analyse géologique détaillée** du site est donc un préalable nécessaire à toute étude de risque. Elle met l'accent sur la **géologie des formations superficielles et d'altération**, siège de tous les phénomènes d'instabilité. Dans bien des cas, les documents géologiques existant ne prennent que peu en compte ces types de formations. Il est donc souvent nécessaire de palier cette carence par des levés actualisés à différentes échelles. Ne pouvant matériellement pas disposer d'une

information en continu, le géologue est alors amené à trouver une règle de répartition des formations superficielles et d'altération qui lui permet à partir de points clefs isolés de généraliser à l'ensemble cartographié.

Dans le cas spécifique de la Nouvelle-Calédonie, les cartes géologiques sont souvent anciennes et peu précises. Quant à la cartographie des formations superficielles et d'altération elle est à chaque étude entièrement à réaliser. C'est l'un des acquis principaux de cette étude

4.2.2. La carte informative des phénomènes

La connaissance des phénomènes historiques, passés ou encore actifs constitue une étape essentielle et incontournable pour la bonne compréhension des phénomènes. Il est donc indispensable dans toute étude de risque de réaliser une sorte d'état des lieux des phénomènes dans la zone considérée, et de collecter un maximum d'occurrences de phénomènes, de les classer, les hiérarchiser et en établir une typologie dans leur cadre géologique, géomorphologique et physiographique. Cet étape se fait à la fois par des observations de terrain, par une enquête, menée auprès des habitants, de la municipalité, des services administratifs, par la compilation d'archives, d'études et de cartes déjà réalisées, de photographies aériennes... Une bonne compréhension des phénomènes concernés est un préalable nécessaire à l'élaboration d'une telle carte.

Dans le cas spécifique de la Nouvelle-Calédonie, le recul historique est faible, les archives rarissimes et les études presque inexistantes. L'extension de l'urbanisation et l'accélération du développement économique ne datant que d'une vingtaine d'années, la confrontation aux phénomènes de mouvements de terrain est toute récente. Il est donc difficile d'apprécier l'évolution des phénomènes et de les quantifier en terme de fréquence ou d'intensité. L'un des outils fondamentaux pour réaliser le suivi chronique des phénomènes

d'instabilité dans ce contexte, reste la photographie aérienne. Le pays est couvert entièrement par trois jeux de photographies "standards" (1942, 1954 et 1976). Des couvertures partielles près des zones urbaines ou sur les massifs miniers permettent de faire des observations complémentaires.

Les images satellitales telles que SPOT ou LANDSAT sont de résolution trop faible pour être directement exploitées. Elles ne sont utilisées que pour éclaircir le contexte géologique à grande échelle, lorsque les données de base sont trop fragmentaires. Les nouvelles images satellitales haute résolution (Quick Bird ou Ikonos par exemple de résolution inférieure au mètre) pourraient s'avérer très intéressantes.

Sur tous les documents photographiques, la méthode analytique est essentiellement visuelle. Les désordres se manifestent par des zones claires correspondant à la destruction de la végétation, qu'il s'agisse de zones de départ (arrachements), de transport (ravines) ou d'atterrissement (alluvions).

Le suivi temporel n'est pas toujours aisé. Les échelles sont variables (1 / 20 000 à 1 / 40 000, 1 / 8 000 dans le meilleur des cas). Il en est de même pour les angles de prises de vue et d'éclairage. Parfois des zones d'ombre empêchent toute observation. Les contrastes saisonniers sur la végétation et les contrastes hydriques sur les sols, fonctions de l'abondance et de la proximité dans le temps des précipitations pendant la période précédant la prise de vue, introduisent aussi une grande hétérogénéité dans la donnée. Enfin, le pas de temps entre deux observations procuré par ces documents est assez disparate. L'intervalle de temps le plus important (de 54 à 76) correspond d'ailleurs à une période critique pour le suivi de l'érosion, puisqu'il recouvre la période du "boom" du nickel qui a duré de 68 à 71. Les premières observations antérieures à cette période de référence remontent à 14 ans et les prochaines observations disponibles sont de cinq années postérieures.

La périodicité des documents disponibles est également à comparer avec la fréquence des événements pluvieux anormaux déclencheurs des mouvements de terrains les plus remarquables. La région de Nouméa a été

affectée par les cyclones Béatrice en 1954, Colleen en 1969, Alison en 1979, Anne en 1988, Erica en 2003, soit des intervalles de 10 à 15 ans.

Compte tenu de toutes ces précisions sur la donnée on comprend que la méthode présente plusieurs limitations. L'échantillonnage dans le temps est très ponctuel. En outre, s'il est possible de mettre en évidence les

changements les plus flagrants tels qu'apparitions, cicatrisations ou aggravations spectaculaires et importantes, il n'est en revanche guère réaliste de vouloir mesurer précisément l'évolution des phénomènes. Pour donner un exemple, le déplacement d'un front d'érosion de 10 mètres (ce qui est considérable au regard des phénomènes étudiés) sur un document à l'échelle moyenne du 1 / 20 000 se traduira par un écart de 0.5 millimètres sur le cliché. La comparaison avec un cliché similaire, d'une autre époque, pris sous un angle et dans des conditions d'éclairage différents ne peut pas être valide avec de tels paramètres. Tout au plus pourra-t-on mettre en évidence des tendances et des modifications manifestes.

Les résultats obtenus par l'étude rétrospective des photographies aériennes pour suivre l'évolution des désordres dans le milieu naturel et éventuellement l'influence des aménagements humains sur celui-ci sont mitigés. L'outil a ses limites mais faute d'être le meilleur, c'est en tout cas le seul qui soit capable d'offrir une vision sur l'état naturel passé. La perception offerte par les anciennes photographies aériennes tend cependant à minimiser les désordres de petites et moyennes tailles. Elle ne permet pas d'estimer les phénomènes dynamiques tels que l'accroissement du transport des sédiments (fins ou grossiers). Elle offre par contre une bonne réponse pour ce qui a trait à la morphologie et aux changements de formes pour peu que ceux-ci soient d'une ampleur appréciable par rapport à l'échelle du document.

4.2.3. La carte des aléas

La carte informative des phénomènes naturels permet d'évaluer la fréquence, la sensibilité des secteurs géographiques ou des configurations géologiques concernées, et de déterminer les facteurs naturels ou anthropiques jouant un quelconque rôle dans ces phénomènes. Mais au-delà de l'inventaire des phénomènes existants, il est nécessaire de délimiter des zones où les mouvements peuvent survenir, les secteurs où ils sont potentiels. Il s'agit alors d'une démarche prospective pour établir une carte tenant compte des phénomènes prévisibles et pas seulement visibles. Une telle carte est qualifiée de "carte des aléas". Chaque

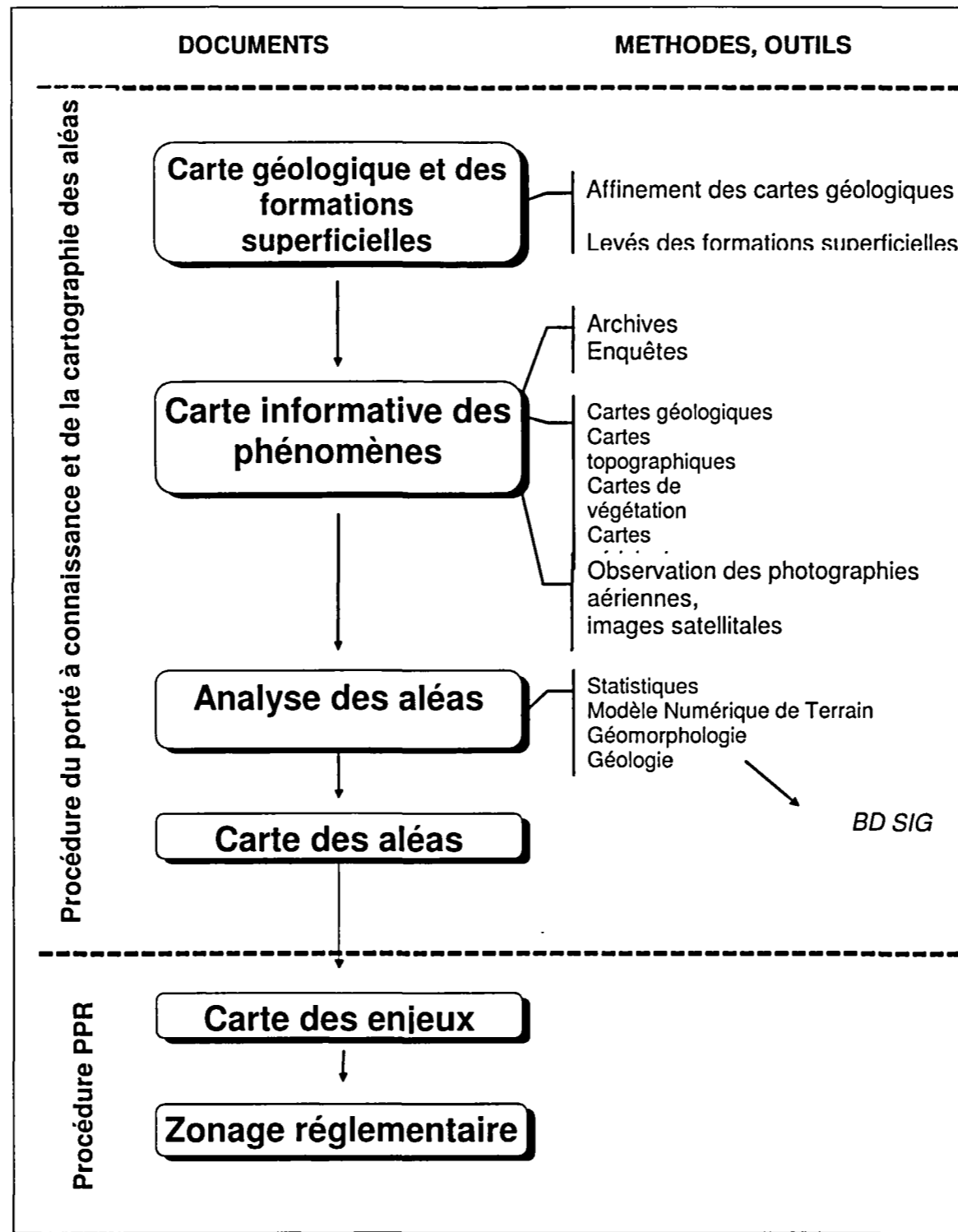


Figure 1 – Principales étapes de réalisation d'une étude de risque

famille de phénomène y est représentée par une couleur différente, chaque type de phénomène par un figuré et les **niveaux d'aléas** (fort, moyen, faible et nul) sont représentés par des tons de couleurs différentes.

Dans l'étude présente, la carte d'aléas n'est produite que lorsque les informations disponibles sur les phénomènes sont suffisamment abondantes.

4.2.4. La carte des enjeux et d'appréciation des enjeux

En métropole, ce document n'est élaboré que dans le cadre des Plans de Prévention des Risques (PPR). L'appréciation des enjeux existants et futurs permet d'orienter les prescriptions réglementaires. Cette analyse est réalisée principalement à partir de la superposition de la carte des aléas et celle de l'occupation des sols.

Un tel document n'est pas élaboré dans le cadre de cette étude.

4.2.5. Le plan de zonage ou carte réglementaire

Cette cartographie permettra "in fine" de classer les différents terrains dans le **zonage réglementaire**. La transformation de la **carte des aléas** en **carte de zonage réglementaire** n'est pas une pure et simple transposition. Elle résulte d'une concertation entre les techniciens et les décideurs, et fait l'objet d'une négociation au cours de laquelle les différents aléas peuvent être appréciés diversement et pondérés, les limites déplacées en fonction des enjeux, des contraintes économiques, ou du bâti existant. Il est en effet théoriquement souvent possible de se prémunir contre un risque. Mais à quel prix ?

Il n'appartient pas au technicien de l'aléa de décider de quelle manière doit être classée telle ou telle zone, ou si celle-ci est constructible ou pas. Pas plus qu'il ne doit préconiser tel ou tel règlement. Ce travail relève de l'organisme instructeur. Il est par contre du devoir du technicien de l'aléa de bien expliciter son

analyse et ses limites afin d'aider au mieux l'organisme instructeur dans sa décision.

C'est selon cette procédure que sont établies les cartes de zonage des Plans de Prévention des Risques assorties d'un règlement, en Métropole.

Ce document à l'échelle cadastrale fait apparaître un zonage détaillé des contraintes appliquées à l'urbanisation allant du non-constructible à la construction libre, en passant par un ensemble de recommandations et de prescriptions décrites dans des fiches spécifiques rattachées à chaque zone. L'ensemble de ces mesures constitue le règlement.

Ce type de document n'est également pas produit par la présente étude, des études à plus petite échelle étant indispensables pour son élaboration

5. Zone d'étude du programme 2004

La zone d'étude concernant la Province Nord pour le programme 2004 couvre une région de 20 x 15 km (Figure 2). Elle concerne le massif de péridotite de la Côte est autour de la baie de Kouaoua. Les zones habitées sont concentrées dans les vallées et sur le littoral. De nombreuses installations industrielles sont également présentes : aménagements portuaires, zones de stockage de minerais. Le secteur recouvre un vaste domaine minier avec de nombreuses exploitations anciennes ou en activité.

Géologiquement et géomorphologiquement, le domaine étudié se situe à cheval sur les massifs de péridotite de la Côte est et sur les formations volcano-sédimentaires de la Chaîne centrale. Les reliefs sont accusés. Les chaînons de péridotites plongent dans la mer par un abrupt important. Les masses latéritiques, concentrées sur les plateaux, sont fortement exposées à l'érosion et dominent le lagon sud. Le contact entre les massifs de péridotites chevauchant et le substrat volcano-sédimentaire est marqué par une zone épaisse de serpentinite.

Les surfaces concernées par les exploitations minières, anciennes ou actuelles, sont importantes dans la zone étudiée. De nombreuses pistes de prospections sillonnent également les zones latéritiques et cuirassées du secteur. Un bilan des superficies concernées, de leur évolution au cours du temps est présenté.

Il n'y a pas eu de travaux antérieurs concernant les aléas dans la zone concernée.

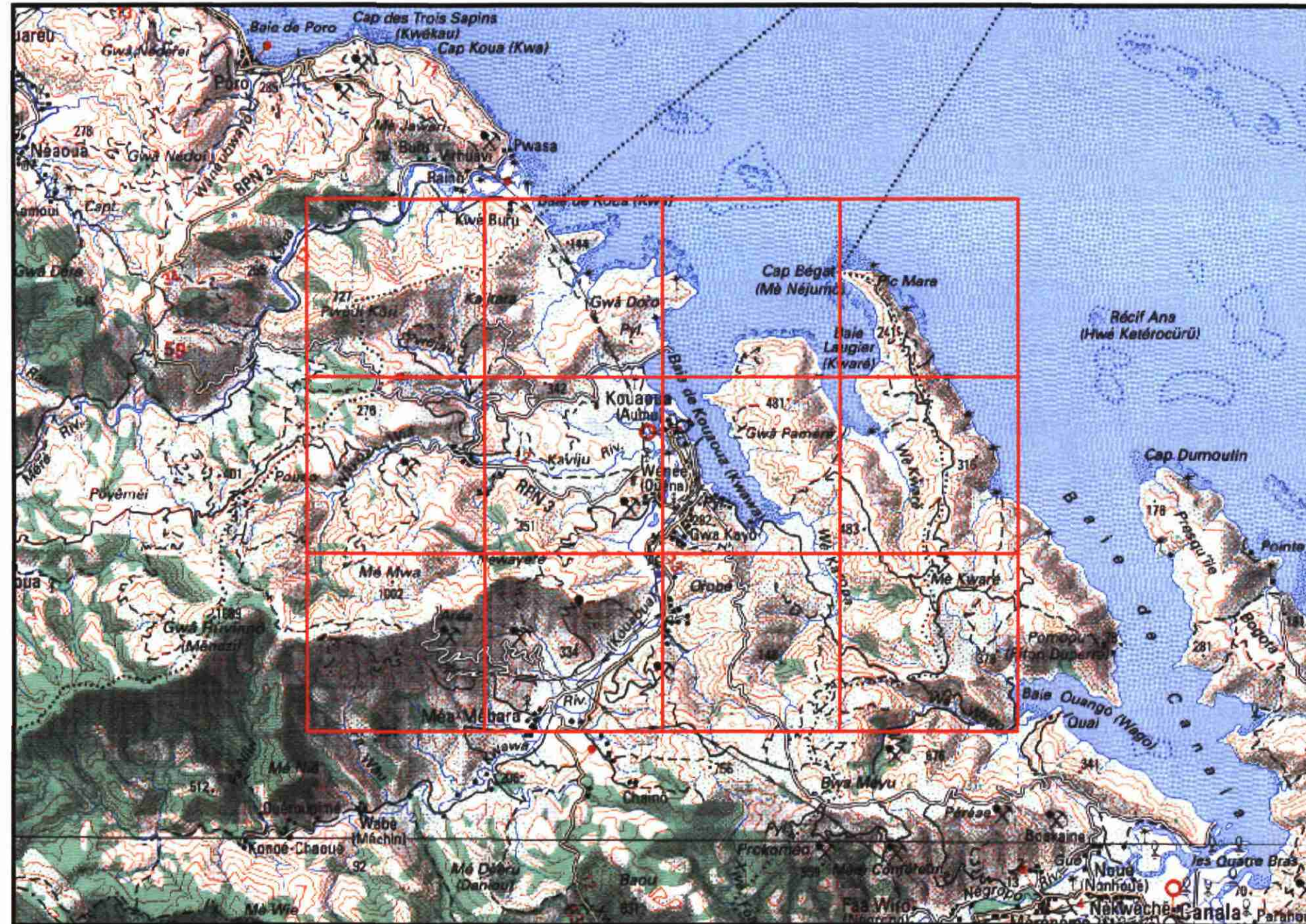


Figure 2 - Emprise de la zone d'étude

6. Carte géologique et des formations superficielles

La zone d'étude est couverte par la feuille 1 / 50 000 Kouaoua, levée par B. Guy en 1976 et publiée en 1979 et Houaïlou - Baie Lebris, levée par J. Arène *et al.*, entre 1971 et 1975 et publiée en 1980. Ces coupures géologiques sont donc vieilles de plus de trente ans. Ces cartes, réalisées à une telle échelle et avec les documents de l'époque (photographies aériennes pour partie antérieures à 1976) ne peuvent prétendre à une grande précision. Les formations d'altération y sont peu détaillées. Il est inutile cependant de trop critiquer ce document désormais obsolète, qui représente une étape de la connaissance géologique de la région.

Pour les besoins de la présente étude, une nouvelle cartographie a été réalisée (annexe 1). Son échelle de validité est le 1 / 25 000, bien que les levés aient été systématiquement réalisés sur des supports topographiques à l'échelle du 1 / 10 000 (DI3T) et avec l'aide de différents jeux de photographies aériennes dont certaines en couleurs. Une image satellitale haute résolution (Quick Bird) a également été utilisée. L'effort a bien entendu porté sur les formations superficielles et d'altération.

6.1. FORMATIONS DU SUBSTRAT VOLCANO-SEDIMENTAIRE

6.1.1. Les formations sédimentaires sénoniennes

Cet ensemble affleure en rive gauche de la rivière Kouaoua où il est surmonté par la nappe des péridotites. On peut distinguer :

- à la base des niveaux d'argilite noires micacées, grés et lentilles de charbon.
- au sommet un niveau d'argilite à nodules siliceux, pyriteux et calcaires (niveau "des mamelons rouges").

Ce dernier ensemble s'altère en prenant des teintes ocres, rouilles ou violacées et forme des reliefs dénudés et ravinés caractéristiques.

6.1.2. Les calcaires de l'Eocène supérieur

Il s'agit d'une lentille de calcaire à Foraminifères benthiques (faciès calcaire de Uitoé) qui apparaît sous le front de la nappe des péridotites dans le haut bassin de la Foa Nindja.

6.1.3. L'unité de la nappe des basaltes de Poya

On trouve les basaltes de la nappe de Poya sous le plan de chevauchement de la nappe des péridotites, en rive gauche de la Kouaoua, dans le secteur de Méa Mébara ainsi que dans la demi-fenêtre de la rivière Méré, à l'Ouest de la zone d'étude. Les intercalations sédimentaires y sont mineures et réduites à quelques niveaux d'argilites et de cherts ferromanganésifères de couleur pourpre caractéristique.

Très fracturés et écaillés de part leur situation structurale sous la nappe des péridotites, les basaltes présentent une altération pénétrante importante et déterminent des pentes douces. L'altération se traduit par un empâtement d'argile ferrugineuse rouge assez régulièrement répartie sur toute la formation. Les reliefs peu accusés et la faible tranche d'altération n'induisent pas de désordres particuliers.

6.2. FORMATIONS DU SUBSTRAT OPHIOLITIQUE

6.2.1. Péridotites indifférenciées

Seule la séquence mantellique harzburgitique profonde affleure dans la zone d'étude. Ces péridotites sont composées par une alternance de niveaux plus ou moins riches en orthopyroxènes déterminant un rubanement. Elles correspondent à des péridotites appauvries à la suite d'un fort taux de fusion partielle. Les péridotites portent la signature typique de la déformation asthénosphérique

(foliation et linéation d'étirement NS) remarquablement constante à travers toute la zone étudiée (Prinzhofer, 1981). Des poches ou lentilles de dunités sont composées essentiellement de péridots et de spinelles chromifères.

6.2.2. Serpentinites

Les serpentinites se trouvent à la base de la nappe des péridotites où elles marquent la surface de charriage. Elles soulignent également des accidents plus fortement pentés internes à la nappe et qui se raccordent parfois à cette semelle.

6.3. FORMATIONS D'ALTERATIONS

6.3.1. Cadre morphogénétique

Nous ne nous étendrons pas ici sur l'aspect géochimique et minéralogique de l'altération des péridotites qui a été décrit par maints auteurs (Trescases, 1975, Latham, 1975, Pelletier, 1983, 1996). Rappelons simplement que la dissolution chimique s'exerce au dépend des silicates ferro-magnésiens et produit une grande quantité de résidus ferrugineux dont la plupart demeurent "in situ". Au plan chimique, il y a lixiviation presque complète du magnésium et rétention partielle de la silice. Le fer à l'instar du manganèse reste in situ, et avec lui un cortège d'éléments traces spécifiques aux péridotites tels que nickel, cobalt, chrome. L'accumulation des résidus conduit à la formation d'un manteau latéritique couronné par une cuirasse.

Nous insisterons par contre sur les transformations morphologiques qui affectent les péridotites. Whirthman (1965, 1970), a été le premier à souligner le caractère karstique de cette altération avec dissolution chimique et formation d'un résidu altéritique. Le vocabulaire du karst ("surfaces lapiazées", "dolines") a été couramment employé par les différents auteurs (Whirthman, 1965, Trescases, 1975). Les phénomènes de dissolution se traduisent par

une progression vers le bas du front d'altération sous sa couverture résiduelle. Ils s'accompagnent de l'entraînement et du départ par soutirage des latérites et du tassement de la couverture. Il en résulte toute une série de formes en dépressions à différentes échelles plus ou moins envahies par l'eau de surface et comblées par les sédiments : cuvettes, marécages, lacs, dolines. En surface il y a un déplacement général des matériaux meubles des zones hautes vers les zones basses sous forme de colluvions et d'alluvions qui viennent sédimenter et colmater ces dépressions. On a ainsi un enfoncement progressif du système et une tendance à l'aplanissement généralisée.

Dans le manteau altéritique, les zones de soutirages se manifestent en surface par l'apparition de dolines, entonnoirs aux bords abrupts qui constellent la plupart des surfaces cuirassées. Ces effondrements ont des pourtours arrondis ou ellipsoïdaux dont la forme peut trahir une anisotropie du substrat rocheux. La coalescence de plusieurs dolines forme ce que l'on appelle un "ouvala" en pays karstique calcaire, terme peu ou pas employé en Nouvelle-Calédonie. L'alignement de plusieurs dolines en surface peut traduire en profondeur la présence d'un accident important. Les dolines et l'ensemble des dépressions associées se substituent au réseau hydrographique de surface dont elles constituent une ébauche avortée, reflet très déformé d'une circulation complexe en profondeur.

Dans un milieu sans anisotropies structurales, l'altération progresse dans le substrat péridotitique en créant, approfondissant et élargissant des formes de dissolution circulaires ou alvéoles. Cependant le substrat péridotitique est souvent affecté par des anisotropies diverses reflétant une variation de la composition lithologique ou une structuration tectonique héritée. L'influence de cette dernière est primordiale. Les accidents préexistants introduisent un contrôle directionnel dans la progression de l'altération qui utilise préférentiellement ces discontinuités. Lors de son enfoncement, le réseau hydrographique va

s'aligner sur ces discontinuités primaires. Ce phénomène classique d'adaptation du réseau hydrographique, au sens géomorphologique, explique que les cours d'eau les plus encaissés dans les massifs de péridotites ont souvent des tracés en segments rectilignes contrôlés par la structure du substrat rocheux. Il en est de même pour les crêtes et le tracé du littoral. La progression différentielle de l'altération révèle ainsi la structuration profonde du substrat péridotitique.

Les discontinuités représentées sur la carte géologiques répondent à ce modèle. Elles correspondent plus à des linéaments morphologiques hérités qu'à des failles post-altération ou à caractère néo-tectonique. Les mouvements différentiels verticaux de tassement induits par un enfoncement inégal du front d'altération en profondeur se répercutent par des ruptures hydroplastiques dans les latérites ou par des cassures dans les cuirasses qui sont aussitôt ressoudées. A l'échelle de temps géologique l'altération chimique qui prévaut sur tous les autres phénomènes gomme progressivement les ruptures morphologiques qui pourraient apparaître instantanément.

Les perturbations introduites par les variations eustatiques, notamment l'abaissement du niveau de base, peuvent provoquer des phases d'érosion. Les bassins peuvent être ainsi partiellement déblayés. Leurs produits de démantèlement peuvent venir participer au remplissage des zones plus basses. Une série de sédiments et conglomérats fluviaux de ce type est connu dans la zone d'étude.

Dans la pratique cartographique, à l'échelle du 1 / 25 000, il n'est guère possible de prendre en compte tous ces aspects et toutes ces nuances. Aussi ne trouvera-t-on sur la carte géologique et des formations superficielles que les entités suivantes :

6.3.2. Cuirasse continue "in situ"

Les cuirasses "in situ" constituent des étendues ayant une certaine continuité cartographique sur les zones de plateaux. Elles sont épaisses en moyenne de un à trois mètres et constituent le sommet induré des profils d'altération, reposant sur les altérites meubles. Sous une

apparente monotonie, plusieurs textures et structures non cartographiables à l'échelle de l'étude sont notables ponctuellement :

- faciès massif alvéolaire à cloisons,
- faciès bréchiq ue soudé,
- faciès pisolithique soudé,
- faciès à cloisons parallèles subverticales.

Sur leurs bordures on peut observer tous les stades de destruction par l'érosion : blocs de cuirasse basculés, amoncellement de blocs de cuirasse démantelée sur talus, semis de blocs de cuirasse épars.

La base de la cuirasse plonge et s'insinue fréquemment dans les latérites sous-jacentes, formant des appendices de morphologie variée : cloisons planes, incurvées, anastomosées, piliers. Ces sortes de racines se pincent en profondeur. La plupart du temps elles se présentent sous la forme de cloisons planes doubles avec un vide médian correspondant au passage de l'eau. Elles sont constituées de dépôts ferrugineux concrétionnés de part et d'autre de fissures drainant l'eau *per descensum*. Ces fissures peuvent localement se rassembler en faisceaux denses de cloisons intriquées et anastomosées, s'organisant parallèlement sur une largeur d'ordre métrique à décamétrique, trahissant la présence d'une zone de faille qui a été le siège de circulations privilégiées. Ces figures n'ont pu se former que sur des surfaces ruisselantes, lors d'épisodes de sortie de la zone saturée en eau et d'aération des dépôts. Des morphologies en piliers visibles sur certains fronts déterminées par le plongement de la base de la cuirasse au sein des latérites pourraient correspondre à d'anciennes racines de dolines.

6.3.3. Blocs de cuirasse sur substrats variés

Sur les bordures des plateaux constitués par la cuirasse "in situ", l'érosion, par sous cavage et sous tirage des terres sous-jacentes, sape l'horizon sommital induré qui bascule dans la pente naturelle en se démantelant. Les principaux ensembles, suffisamment étendus, de ces accumulations de blocs de cuirasse ont

été cartographiés. Pratiquement tous les talus latéritiques situés sous les plateaux cuirassés sont jonchés de blocs de cuirasse épars. Souvent des essaims de blocs se rencontrent aux flancs des reliefs dominants les bassins, témoins d'anciens stades d'altération aujourd'hui réduits à l'état de relique.

6.3.4. Latérites épaisses

Elles englobent des ensembles de terres bien différenciées dont l'épaisseur dépasse 5 mètres. Sur les reliefs, elles correspondent généralement à des morphologies convexes à pente faible (replats). Dans les bassins en cours de déblaiement, elles forment les talus sous les plateaux cuirassés. L'érosion s'y manifeste par l'ouverture d'incisions, ou lavakas, sièges d'une érosion régressive.

6.3.5. Latérites minces

Les latérites minces, à squelette rocheux souvent apparent, se rencontrent en zones de versants. L'épaisseur des terres y est inférieure à 5 mètres, irrégulière à très irrégulière. Les profils sont souvent incomplets, réduits parfois à une couche discontinue de terre rouge à gravillons. Des indices de remaniement, de sédimentation, sont fréquents (blocs, niveaux de grenaille). Des sillons étroits, des poches latéritiques peuvent occasionnellement apparaître. La morphologie est également convexe, mais la pente plus soutenue.

6.4. FORMATION SEDIMENTAIRE DU GWA DORO

Différents affleurements de formations sédimentaires remaniant essentiellement les péridotites et les produits d'altération ont été reconnus dans un rayon de 5 km autour de Kouaoua, perchés sur les crêtes qui dominent la baie. Ces formations ont été signalées pour la première fois par Avias (1952). Les coupes ont été reprises en détail par Orloff notamment dans sa thèse (1968a, 1968b), puis Bibent *et al.* (1972). L'ensemble des affleurements a été réévalué par Guy (1976) et Guy *et al.* (1979) dans la notice de la carte géologique de Kouaoua.

On recense les occurrences du sommet Kajitra, du sommet Gwâ Doro (anciennement Goa n'Doro dans la thèse d'Orloff, 1968a), de l'arête au-dessus de Gwâ Kayo et de la pointe Wénéè (anciennement Ouena dans le travail d'Orloff).

Ces séries continentales sont les seules connues sur la côte est, remaniant les péridotites et leurs produits d'altération. Elles sont également les plus élevées de tous les sédiments post-nappe des péridotites ("Fluviolacustre" du Massif du Sud, Formation miocène de Népoui) puisque elles affleurent entre 100 et 500 mètres d'altitude. Nous avons examiné à nouveau ces différentes occurrences.

6.4.1. Affleurements du Gwâ Doro

Sur le flanc SW du Gwâ Doro un lambeau de formation sédimentaire se trouve dans le fond d'un petit bassin suspendu, se terminant par une cascade de 50 mètres de hauteur. Une excellente coupe de la formation sédimentaire avec prépondérance des conglomérats à la base et passage progressif à des sédiments plus fins ferrugineux vers le sommet est exposée sur toute cette hauteur. La formation sédimentaire constitue visiblement le remplissage d'un ancien bassin, sa surface actuelle se raccordant progressivement vers l'amont aux surfaces latéritiques des crêtes environnantes. Dans la même tendance, la série s'épaissit vers l'aval, en particulier les conglomérats de base et s'amincit vers l'amont. Des débris végétaux ferruginisés ont été trouvés dans la partie supérieure de la séquence.

De nombreux plans de fractures striées affectent ces sédiments. Des blocs de grès et conglomérats à galets et ciment sableux de couleur verte ou blanche, nickélifères, sont posés en relief sur la surface de ces sédiments ferrugineux. Ils sont visiblement remaniés puisque leur stratification est basculée, fortement pentée, voire verticale. Ils peuvent être interprétés comme des paquets glissés gravitairement depuis l'amont. Les éléments de ces conglomérats et grès sont représentés essentiellement par le cortège des péridotites et quelques éléments de gabbros ou amphibolites très roulés. Les produits d'altération remaniés sont des fragments de silice et des nodules ferrugineux. Le ciment gréseux ou localement

sableux contient également des minéraux serpentiniteux, des pyroxènes, de l'olivine, de la chromite. Il est parfois représenté par un gel siliceux plus ou moins garnieritique.

verticalement. Le ciment sableux, de même nature, est peu abondant. Par endroit un gel siliceux blanc occupe les interstices entre les galets. Macroscopiquement on ne note pas



Figure 3 - Affleurement situé à l'Ouest du sommet Gwâ Doro (brèches et conglomérats à la base, sédiments fins vers le sommet)

La surface ferrugineuse est visiblement découpée et décalée par de nombreux petits accidents montrant d'abondantes stries. De nombreuses stries sont parallèles à la surface et indiquent un mouvement vers l'aval, d'autres recoupent avec des pendages plus forts la topographie et sont associées à des basculements de dalles ferrugineuses. La direction et le sens des stries indiquent un jeu d'ensemble normal et conforme à la pente de nature gravitaire.

Face à cet affleurement, en continuité altitudinale, à 700 mètres vers l'Ouest, des lambeaux de conglomérats sont accrochés sur le flanc d'une petite crête de péridotite. Le contact de base sur les péridotites est situé à 230 mètres d'altitude. Les coupes partielles visibles sont de 20 à 30 mètres d'épaisseur. On y trouve essentiellement des galets de harzburgite, dunite, serpentinite, tous bien émoussés et également des galets de gabbros mélanocrates très roulés. Les plus gros éléments mesurent jusqu'à 50 cm de diamètre. Quelques gros blocs sont anguleux, surtout vers la base. La majorité des galets sont posés à plat, mais certains d'entre eux sont fichés

dans ces niveaux de base d'éléments ferrugineux tels que nodules ou cuirasse. Ces lambeaux sont surmontés par des latérites puis des blocs de cuirasse démantelée, la zone de contact n'étant pas visible.

Sur la face est du Gwâ Doro, Orloff (1968a) a décrit une série conglomératique et gréseuse formant un ressaut à l'altitude 270 et un replat marqué entre les cotes 280 - 290. Cet auteur signale la présence d'un conglomérat ferrugineux à éléments roulés non calibrés de roches métamorphiques et sédimentaires à rares éléments de péridotite dans cette coupe.

6.4.2. Affleurements de Wénèè

A 2 km au SW de Wénèè (anciennement Uéna dans la thèse d'Orloff, 1968a) au niveau du sommet Kapwéroijé, un ensemble sédimentaire important est encore accessible par les anciennes pistes des travaux miniers. L'ensemble est découpé en panneau par d'importantes failles qui ne permettent pas de suivre la formation en continuité. La base des sédiments se situe vers 100 mètres d'altitude.

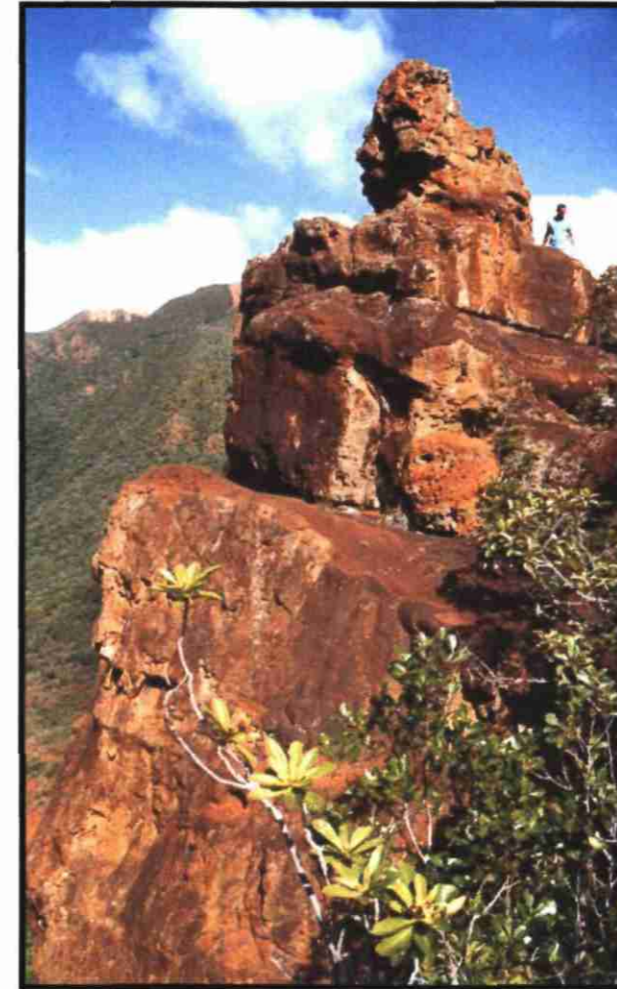


Figure 4 - Affleurement de Wénèè : Rochers ruiniformes formés par des sédiments fins latéritiques

Vers l'Ouest s'individualise un piton remarquable, d'allure ruiniforme, formé par des sédiments lités, plus fins, horizontaux où basculés à proximité des accidents (Figure 4). La coupe offerte par ce relief atteint 50 mètres d'épaisseur. Elle s'appuie vers l'Est sur une zone de faille soulignée sur toute sa hauteur par un saprolite à cloisons de silice. Le sédiment est constitué par un mélange de boues latéritiques remaniées, de couleur rouge ou jaune. Les bancs, réguliers, sont de 0,10 à 0,50 m d'épaisseur.

Dans la matrice sédimentaire on reconnaît outre les éléments arrondis ou étirés, parfois déformés, de latérite jaune ou rouge, des grains de chromite, des nodules ferrugineux, des fragments et esquilles de silice anguleux. Orloff (1968a) a signalé des fragments végétaux (débris de tiges). La granulométrie de ces



Figure 5 - Affleurement de Wénèè : Détail des sédiments latéritiques

éléments est généralement inférieure à 1 cm. Les éléments de quartz les plus grossiers atteignent 10 cm. Ces clastes sont toujours flottants et non jointifs, disséminés et noyés dans la matrice latéritique. Bibent (1972) a signalé dans ces faciès des géodes, cavités ou fissures remplies par du quartz. On n'observe pas de varves ni de micro-litage. L'ensemble est recoupé par de nombreux plans de fractures hydroplastiques striés, avec des enduits de cobalt ou manganèse.

Vers la base des faciès particuliers ont été localement observés. Il s'agit :

- d'agglomérats de pelotes latéritiques de taille décimétrique déformées, donc plastiques au moment de leur dépôt,
- d'alternances millimétriques de lits sableux constitués par des éléments de saprolite de péridotite et de lits latéritiques,

- de quelques galets (jusqu'à 20 cm de diamètre) de péridotite silicifiés, la silicification se produisant de manière centripète par des fissures radiales de la périphérie vers le cœur des galets. L'érosion différentielle de ces éléments a dégagé le cœur de péridotite altéré (de couleur vert clair), ne laissant subsister que l'enveloppe siliceuse (jaspe rouge) et une armature de cloisons siliceuses. Ce faciès et ce type d'altération se rencontre également dans le Miocène de Népoui.

Vers le sommet, on relève des niveaux de nodules ferrugineux soudés qui forment le sommet du piton.

diagénétiques, concrétions d'oxy-hydroxydes de fer, si fréquent dans les sédiments de ce type. Orloff note que des profils latéritiques tronqués et des accumulations de blocs de cuirasse démantelée, allochtones surmontent et érodent tout cet ensemble.

Vers l'Est on trouve un imposant conglomérat qui forme la quasi-totalité des affleurements sur plus de 80 mètres de hauteur. Les galets sont en moyenne de 40 à 50 cm de diamètre. Les plus gros atteignent 1 m³. Le ciment est sableux induré. Quelques blocs plus anguleux sont visibles vers la base, mais dans l'ensemble les éléments sont bien arrondis. Ils sont en partie altérés, montrant fréquemment une enveloppe



Figure 7 - Affleurement de Névèè : Galets du conglomérat avec altération corticale et fentes radiales

Orloff (1968a) a signalé des granoclassements dans ces sédiments mais ce qui semble les caractériser est plutôt l'absence de structuration planaire fine. Sans doute s'agit-il à l'origine de boues latéritiques accumulées épisodiquement et rapidement lors d'épisodes pluvieux sans décantation postérieure. Remarquable également est l'absence de figure

corticale de l'ordre du centimètre en épaisseur et des fentes radiales. Selon Orloff (1968a) ces conglomérats sont postérieurs et ravinent les sédiments latéritiques.



Figure 6 - Affleurement de Gwâ Kayo : Panneau de conglomérat affecté par un accident gravitaire et limité à l'amont par une faille listrique

6.4.3. Affleurements de l'arête du Gwâ Kayo (ou Kasouri)

Ces affleurements essentiellement composés de conglomérats constituent les reliefs ruiniformes perchés sur l'arête aigue située au Sud de Kouaoua, le long de la piste qui permet de rejoindre Canala. Ces affleurements qui sont les plus épais (environ 100 mètres exposés au maximum) sont visibles depuis la plaine et le village de Kouaoua. Les affleurements les plus au Sud et les plus élevés ont fait l'objet d'une tentative d'exploitation pour nickel. Ils contiennent en effet par endroit de la garniélite. A proximité de Kouaoua les sédiments reposent sur les péridotites à 100 mètres d'altitude environ, puis cette altitude augmente en s'éloignant vers le Sud pour passer à 200 puis 250 mètres.

Les galets sont relativement bien calibrés, toujours arrondis, posés à plat en général. Le cortège des péridotites est majoritairement

représenté. Dans l'affleurement en carrière situé le plus au Sud les galets sont le plus souvent jointifs à ciment interstitiel. B. Guy a décrit des galets de conglomérat repris dans un conglomérat plus tardif dans ce secteur. Il mentionne également que les galets sont "repris par l'altération à leur pourtour, certains apparaissant en fantômes".

L'ensemble est affecté par de nombreux petits accidents, plans de glissement courbes, fractures ouvertes avec pénétration et diffusion centrifuge de l'altération. Des stries sont observables au sein des conglomérats. Cette structuration avec accidents listriques semble répondre surtout à une dynamique gravitaire isolant de nombreuses loupes glissées de part et d'autre de la crête.

La diffusion de l'altération le long des fractures ouvertes (Figure 8) est particulièrement remarquable dans la carrière ouverte sur les affleurements situés les plus au Sud. Elle aboutit à la formation de véritables cloisons, sillons ou cheminées de latérite dans lesquelles

les fantômes de galets de la matrice conglomératique sont encore visibles, en continuité depuis l'encaissant non altéré jusqu'au cœur latéritique. La trame conglomératique permet en quelque sorte de suivre la progression de l'altération ce qui n'est pas le cas dans les péridotites massives ordinaires. On peut distinguer une organisation symétrique et parallèle aux épontes avec du cœur vers la périphérie :



Figure 8 - Affleurement de Gwâ Kayo : Fracture ouverte latéritisée dans le conglomérat

- un vide médian dans lequel s'est écoulé *per descensum* de la grenaille ou du sable chromifère,
- de la latérite à fantôme de galets qu'on peut donc qualifier de latérite "in situ" puisque provenant du remplacement de l'encaissant conglomératique,
- une alternance de feuillets rocheux centimétriques altérés parallèles aux épontes,

séparés par des fissures ouvertes millimétriques, faisant transition avec l'encaissant, ressemblant à des fissures de décompression. Les vides de cette zone sont généralement enrichis en dépôt de garnièrite verte,

- l'encaissant conglomératique rocheux, peu altéré.

6.4.4. Affleurement de Kajitra

Nous n'avons pas reconnus ces affleurements situés à la cote 470 mètres. Selon Orloff (1968a), les deux faciès, conglomératiques grossiers et gréseux fins, y sont présents. Toujours selon cet auteur, les grès fins visibles sur quelques mètres sont redressés à la verticale le long d'une brèche tectonique. Les conglomérats se réduisent à quelques blocs métriques, de faciès comparables aux autres zones d'affleurement.

6.4.5. Affleurement du point coté 358

Il a été décrit par B. Guy (1976). Selon cet auteur, cet affleurement montre un conglomérat à galets roulés de péridotites "repris par une altération accompagnée de cuirassement". Les galets de conglomérats apparaissent en fantômes sous la cuirasse en place sous laquelle se développe un profil complet d'altération.

6.4.6. Conclusion

Les corrélations entre ces différents affleurements sont assez risquées compte tenu du découpage tectonique complexe, sensible sur la plupart des zones d'affleurements. On peut cependant dégager de grandes tendances.

Un premier pôle lithologique est composé par des sédiments latéritiques fins remaniés s'enrichissant vers leur sommet en nodules ferrugineux (Gwâ Doro, Wénèè) et pouvant être cuirassés (Gwâ Doro). Dans la coupe la plus complète (Gwâ Doro) les conglomérats font place vers le haut logiquement et progressivement aux sédiments fins, cuirassés à leur sommet. Il est probable que ce type de séquence est très représentatif de l'ensemble des témoins dispersés. Guy et al. (1979) ont

également adopté une telle succession logique dans la notice de la carte géologique à l'échelle du 1 / 50 000 de Kouaoua. Ce type de séquence témoigne du comblement de bassin intra-montagneux contemporain d'une période d'altération latéritique dont les produits remaniés deviennent prépondérants au fur et à mesure du retour à l'équilibre géomorphologique.

Un deuxième pôle lithologique, présent dans toutes les zones d'affleurement sans exception et volumétriquement dominant, est constitué par des conglomérats grossiers à caractère fluvio-torrentiel dans lesquels les produits d'altération sont rares. Selon les inter-relations visibles à Wénèè, cet ensemble serait postérieur.

L'ensemble des affleurements du Gwâ Doro appartient probablement à un même bassin fluvial à torrentiel, déjà enfoncé dans les reliefs de péridotites. Comme le faisait justement remarquer Orloff, l'éparpillement des occurrences à différentes altitudes laisse supposer une aire d'extension initiale beaucoup plus grande. Le morcellement par une tectonique gravitaire avait déjà été signalée par Guy et al. (1979).

Ces occurrences sédimentaires sont souvent recouvertes ou reprises dans des profils d'altération postérieurs. S'il est probable que, comme le montre la morphologie du bassin suspendu du Gwâ Doro et les matériaux remaniés, le remplissage de ces unités a été contemporain de l'altération et du développement de profils de latérite sur les reliefs environnant, le plus gros de l'altération qui les affecte est postérieur.

Un âge néogène peut être attribué sans plus de précision à ces sédiments.

6.5. FORMATIONS ALLUVIALES ET LITTORALES

6.5.1. Alluvions récentes

Les alluvions actuelles ou récentes sont cantonnées aux lits des rivières principales dans leur zones inondables : Kouaoua, Kaviju et Kua ainsi que leurs affluents. Elles sont

constituées essentiellement de galets, graviers et sables de péridotites, cuirasses et nodules ferrugineux. Les limons latéritiques sont généralement exportés jusqu'au lagon et ne sédimentent pratiquement pas dans ces drains principaux.

Dans une étroite bande littorale ou dans les embouchures des creeks principaux, ces dépôts passent transitionnellement aux formations littorales souvent constituées de sables coralliens, parfois disposés en cordons comme par exemple dans l'embouchure de la Kouaoua.

6.6. INDICATIONS STRUCTURALES

Il s'agit essentiellement de discontinuités probables et supposées dans le substrat péridotitique. Ces indications peuvent aider dans la reconstitution de la structure profonde du substrat péridotitique et de la compartimentation des masses latéritiques. L'évolution du relief au cours de l'altération se calque sur le canevas structural pré-établi du substrat rocheux. Les diverses discontinuités du substrat jouent le rôle de guides pour l'altération dont la progression différentielle révèle ainsi la structuration profonde. Réciproquement, les accidents du substrat peuvent rejouer et décaler le manteau altéritique que ce dernier supporte. Ces discontinuités (terme qu'il est préférable de substituer à celui de "faille") sont donc héritées. Elles peuvent correspondre à des tassements différentiels, des contrastes lithologiques accentués par la dissolution ou résulter de véritables mouvements tectoniques ayant décalés les altérites.

7. Modèle numérique de terrain – Images satellitaires

7.1. MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN

Le relief est une donnée fondamentale des études géomorphologiques et de risque. Couplé à la géologie des formations superficielles et à la télédétection, son étude permet de déceler, par exemple, les anomalies de formes et les ruptures morphologiques du paysage, trahissant souvent d'anciens désordres ou encore de reconstituer les diverses étapes de l'érosion des reliefs. On aboutit ainsi à une compréhension des phénomènes, permettant de dépasser le stade du simple inventaire des désordres.

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT ou modèle représentatif de l'altitude calculé sur la zone d'étude, Figure 9) permet par divers calculs informatiques de mieux visualiser et parfois quantifier les critères morphologiques. A partir de cette donnée de base, il est possible de dériver toute une série de paramètres du relief tels que : pente, courbure (concavité/convexité), drainage, exposition, ombrage. Le MNT apparaît ici comme un moyen très puissant pour individualiser des variables pertinentes du paysage que l'œil humain n'appréhende que globalement.

Dans le cadre de cette étude un MNT spécifique à maille de 10 mètres a été généré à partir des informations altimétriques (points cotés et échantillonnage des courbes de niveau) des cartes topographiques DI3T disponibles à l'échelle du 1 / 10 000. Une représentation en est proposée en Figure 9.

7.2. DONNEES SATELLITALES

Une image haute résolution Quick Bird (2002), a été acquise par la Nouvelle-Calédonie pour ce projet. Elle a été orthorectifiée et traitée par le Service des Méthodes Administratives et de l'Informatique. Avec une résolution de 60 cm, cette image bien que partiellement couverte par les nuages permet de dégager les grands ensembles d'occupation du sol (Figure 10). En outre une classification supervisée a permis de

délimiter les principaux ensembles lithologiques.

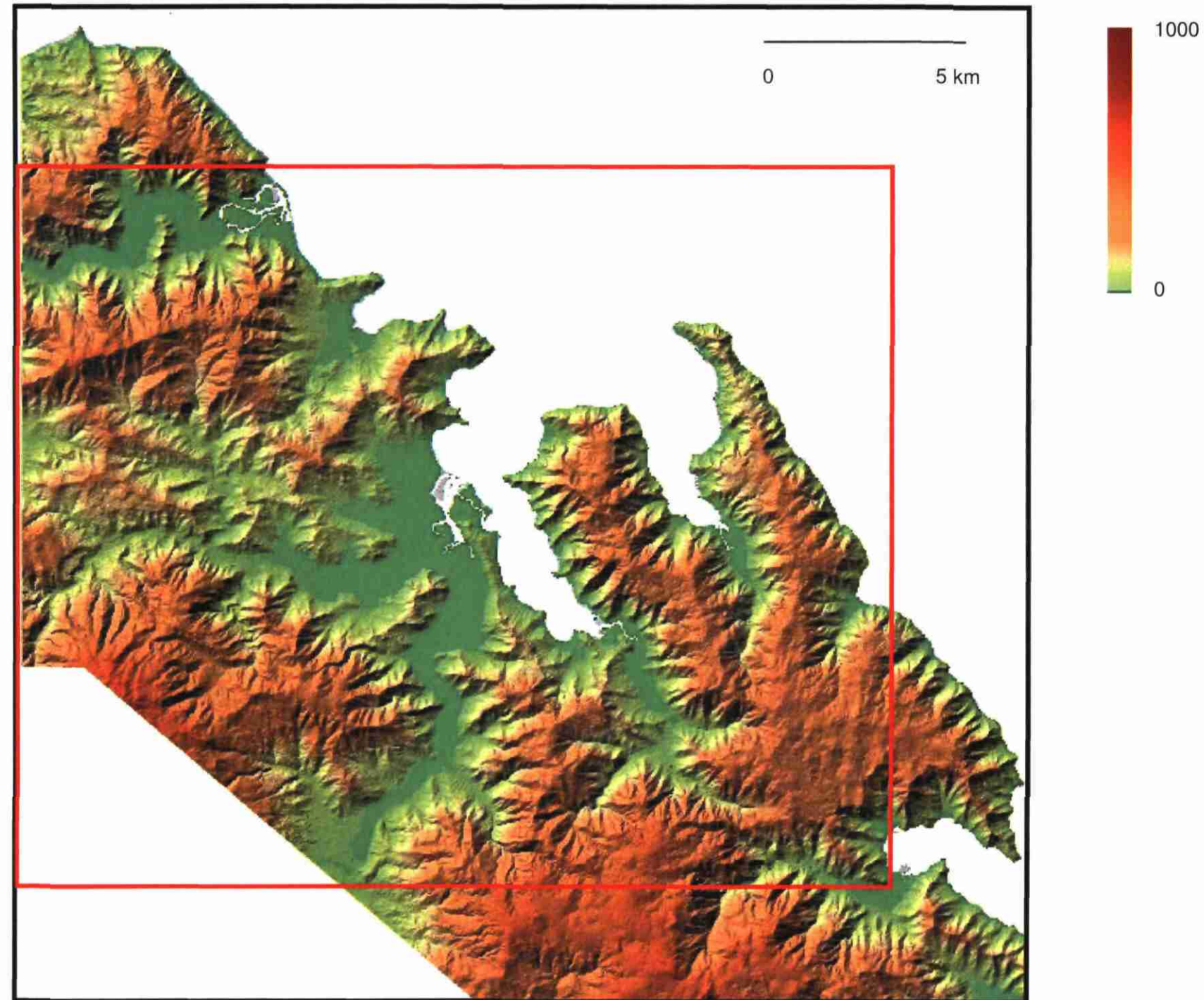


Figure 9 – Localisation de la zone d'étude et modèle Numérique de Terrain à la maille de 10 mètres (MNT réalisé grâce aux données numériques des cartes topographiques DI3T à l'échelle du 1 / 10 000)



Stockage de minerais

Village de Kouaoua

Plateau cuirassé au Sud du Cap Bégat

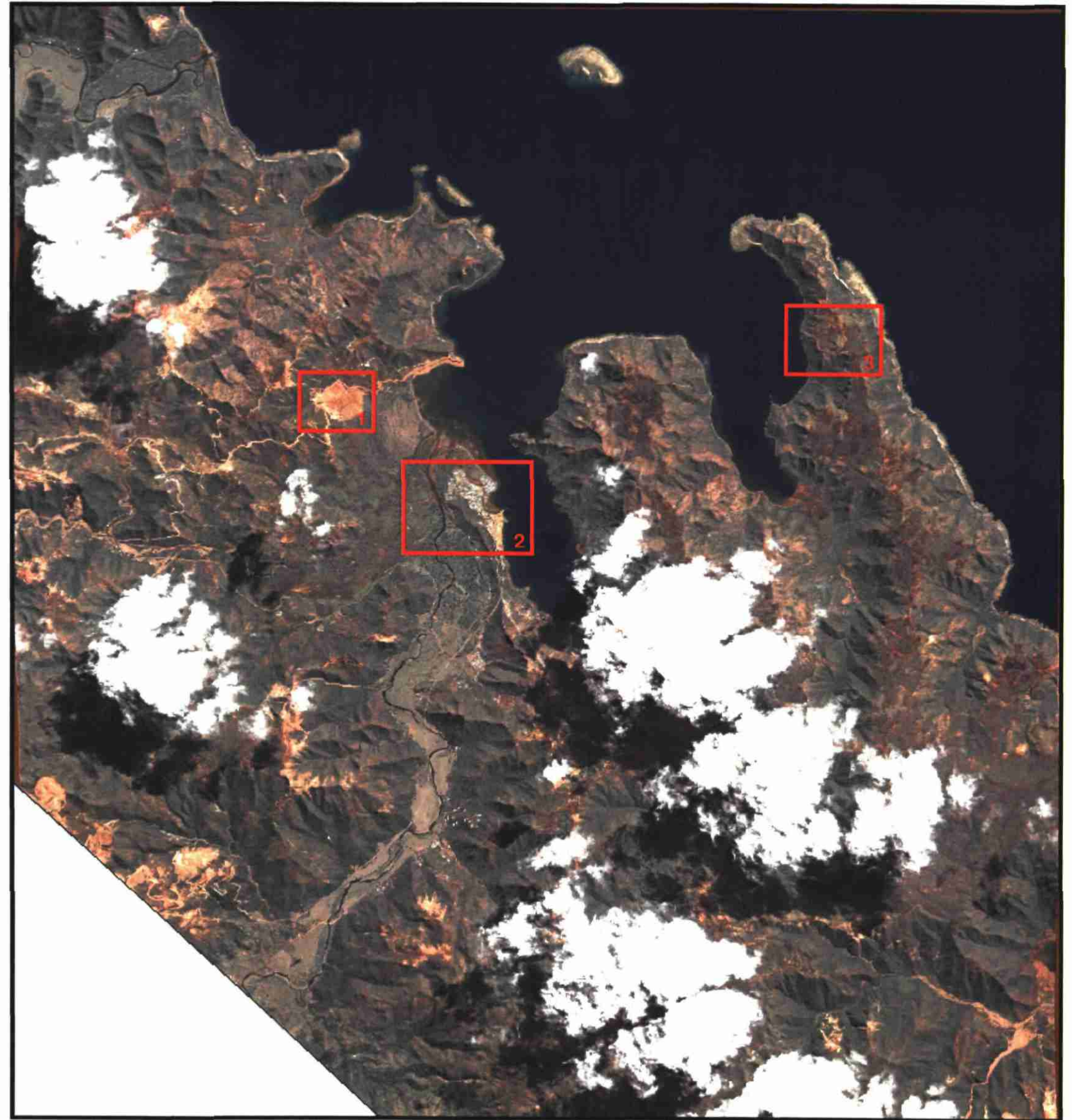


Figure 10 - Extraits de l'Image Quick Bird utilisée dans cette étude

8. Carte informative des phénomènes recensés, typologie des phénomènes

L'ensemble des phénomènes recensés est présenté sur la carte à l'échelle du 1 / 25 000 en annexe 2. On expose dans ce chapitre l'aspect théorique et la typologie de ces phénomènes. D'une manière générale, leur variété et leur nombre sont faibles. L'érosion superficielle et les coulées de débris sont les deux types les plus fréquents dans la zone d'étude. Il n'a pas été mis en évidence de mouvement de terrain important du type glissement ou écroulement.

8.1. EROSION SUPERFICIELLE

Ce phénomène résulte du ruissellement des eaux de précipitation sur des matériaux de faible cohésion, les sols et la zone d'altération superficielle principalement. Le ruissellement en nappe décape les horizons de surface et prépare le terrain à un ruissellement plus concentré par rigoles, puis ravines. A terme on a deux conséquences :

- A l'amont une perte en sol (et en végétation), une ruine du paysage, une fragilisation du substrat, une modification de la distribution hydrographique, une concentration des débits dans quelques exutoires.
- A l'aval, une contribution importante en apport sédimentaire, généralement fin.

L'érosion superficielle prépare souvent le lit des phénomènes d'instabilité plus importants.

L'érosion superficielle en domaine de latérite épaisse des massifs de péridotites revêt la forme spécifique des "lavakas". Le terme masculin de **lavaka**, signifiant "fossé" en malgache, adopté dans le vocabulaire international de la géomorphologie, désigne des ravines à bordures escarpées, communes en pays tropical (Madagascar, Brésil), mais aussi dans quelques pays tempérés (USA, Nouvelle-Zélande, Irlande). Ces ravines présentent généralement une forme en cœur ou en goutte d'eau inversée, large à l'amont, pincée à l'aval, où l'exutoire disparaît parfois complètement. Dans le détail, les contours sont complexes et persillés. Il n'y a pas de zone d'alimentation

amont. Les lavakas abondent dans les dômes dénudés de latérites en zone de pentes faibles et la présence d'un profil latéritique induré en surface est une condition "sine qua non" de leur existence.

Le spectacle d'un ensemble de lavakas, toujours impressionnant pour les non spécialistes, suggère souvent qu'on est face à une forme extrême du ravinement et de l'érosion. De nombreux articles de la littérature sont consacrés à des discussions sur l'origine naturelle ou anthropique du phénomène. Les deux types de genèses sont tour à tour invoqués sans que l'on puisse trancher en faveur de l'un ou de l'autre et la conclusion la plus fréquemment admise est que, naturel à l'origine, le phénomène est parfois aggravé soit par l'intervention humaine (feux, déforestation), soit par les changements climatiques (recul de la végétation).

En Nouvelle-Calédonie, de nombreux lavakas sont visibles dans les zones de latérites épaisses des massifs de péridotites, et la plupart ne sont pas en relation avec des aménagements anthropiques. Leur présence traduit cependant une activité érosive intense et un déséquilibre du milieu naturel où la destruction de la couverture latéritique prend le pas sur la progression de l'altération.

Le phénomène naturel "lavaka" n'est pas un aléa à proprement parler, mais il contribue pour une grande part à la fragilisation de certaines zones :

- par la présence de zones mises à nu intensifiant le ruissellement,
- par la quantité de matériau fin latéritique mobilisable sous forme de boues,
- par son évolution possible vers d'autres types d'aléas, notamment en ravines et glissements.

Il est de même évident que les aménagements pratiqués sans précautions dans un tel contexte ne peuvent qu'accroître la fragilité du milieu et intensifier l'érosion.

Les lavakas sont rarement isolés. Ils se développent au contraire en essaims qui affectent des versants latéritiques entiers, et donnent par coalescence des dédales de zones ravinées, de profils latéritiques et de squelettes rocheux mis à nu. L'érosion régressive qui règle leurs progressions n'a de cesse que lorsque les matériaux latéritiques dont elles se nourrissent ont été totalement consommés. Ils peuvent remonter jusqu'aux lignes de crête, ce qui montre bien qu'il s'agit d'un phénomène contrôlé par la pluie et le ruissellement et non par un écoulement concentré dans un drain.

Dans la zone d'étude de nombreux ensembles de lavakas en contexte complètement naturel sont visibles.

8.2. LES RAVINES REGRESSIVES

Les ravines sont omniprésentes et ubiquistes dans le paysage des massifs de péridotites. Tout à la fois, zones de départ et de transport de matériaux, elles s'installent dès lors qu'une certaine quantité de produits de démantèlement doit transiter jusqu'au niveau de base sous l'influence d'un flux d'eau. Installées sur un substrat essentiellement rocheux elles se signalent simplement comme un trait sans végétation dans le paysage, salis par les boues latéritiques et plus ou moins encombrés d'éléments détritiques. Traversant une zone en partie altérée, latéritique, le sapement des berges viendra grossir le flux détritique. Enfin, s'attaquant à des zones fragiles très saprolitiques ou serpentineuses le phénomène peut évoluer vers un ravinement régressif s'accompagnant de désordres importants sur ses bordures.

Les ravines à érosion régressive (terme inusitée dans le vocabulaire des mouvements de terrain) constituent un type de phénomènes très particuliers et propres aux massifs de péridotite de Nouvelle-Calédonie. Elles constituent une originalité du cortège des phénomènes d'érosion et d'instabilité dans les massifs de péridotite tout en étant une nuisance

importante. Ces formes linéaires d'érosion tirent leur spécificité du milieu saprolitique ou serpentineux fragile dans lequel elles s'installent. On peut distinguer deux zones :

- Les zones amonts de ravinement actif peuvent se développer sur quelques centaines de mètres de hauteur (plus de 300 mètres pour le creek Jeanne et Marie, 400 mètres pour les ravines du Païdi). Elles sont le siège de phénomènes récurrents d'instabilité avec écroulements, éboulements et glissements de leurs bordures qui entraînent un recul par érosion régressive. Des laves torrentielles peuvent les parcourir.

- Les zones de dépôts à l'aval peuvent se développer sur de grandes distances, avec déversement de matériaux (plusieurs centaines de milliers de m³) qui peuvent détruire les ouvrages ou engraver les rivières.

Les ravines peuvent se former à partir du ruissellement induit par des travaux miniers ou exister indépendamment de ceux-ci. Leur évolution ne peut s'arrêter qu'avec l'épuisement du matériau au dépend duquel elles s'alimentent. Dans la plupart des cas le pronostic est pessimiste. Il peut être éventuellement ralenti par suppression de l'alimentation en eaux par l'amont. Dans le cas où une source ou une série de sources émergent au sein de la ravine, auto-alimentant le processus, l'évolution du phénomène est irréversible.

8.3. LES COULEES DE DEBRIS

Ce phénomène a pour origine, le départ de portions de versant incluant couverture végétale, latérite et blocs de péridotites, de quelque m² à quelques centaines de m², arrachées en zones de fortes pentes. A l'aval, le matériau, complètement désolidarisé de son point d'origine s'étire linéairement (coulées) et est rapidement canalisé dans des ravines.

Selon la proportion de latérites par rapport aux matériaux rocheux, et la granulométrie de ces

derniers on relèvera divers types à l'aval : coulées boueuses latéritiques, coulées de latérites à blocs, coulées de débris rocheux. Le moteur du phénomène est l'eau.

La zone de départ laisse une cicatrice ou niche d'arrachement ouverte dans le couvert végétal et éventuellement le manteau altéritique. Le terme "arrachement" est d'un emploi fréquent en Nouvelle-Calédonie, pour désigner ce type de désordre qui est un des aléas naturels les plus fréquents des massifs de péridotites.

Lorsqu'il n'est pas volumineux, le matériau libéré s'arrête en contrebas surtout si la végétation est dense et forme barrage. Plus important, il va s'étaler sous forme d'une langue plus longue, souvent canalisée dans une gouttière, une ravine puis un torrent. Il n'est pas rare qu'il évolue en laves torrentielles.

La mise en pression dans les péridotites fracturées lors des épisodes de fortes précipitations est responsable du déclenchement du phénomène. Le débouillage de certaines fissures, facilite le glissement de blocs supportés par des fractures à pendage aval et fait céder le mince épiderme végétal protecteur ou le manteau latéritique.

8.4. CHARRIAGES ET DEBORDEMENTS TORRENTIELS

Rappelons que l'aléa torrentiel, dans la partie basse des vallées, n'est pas pris en compte dans cette étude. Cet aléa nécessite une approche spécifique reposant en particulier sur des mesures in situ, de l'instrumentation de bassins versants et des modélisations. Nous décrirons néanmoins les principaux désordres éventuellement encourus car de nombreux bassins versants de la zone d'étude ont un caractère torrentiel.

Charriages et débordements se caractérisent par une mobilisation importante de sédiments pris dans l'environnement immédiat d'un torrent. Celui-ci va chercher un surplus de charge solide aux limites de sa zone d'influence. La modification du profil longitudinal et transversal, le fauchage des berges, la divagation du lit vif, la mise à nu des sédiments, l'engravement de tout ou partie du lit, sont les désordres classiquement encourus. La charge solide est

arrachée aux berges, remobilisée à partir du fond du lit et abondée par l'érosion hydrique environnante.

A l'instar des autres phénomènes, le charriage et le débordement se produisent pendant les crises aiguës pluviométriques.

En zones encaissées et étroites, l'action érosive domine, en zone d'élargissement et de faible pente, les dépôts s'étalent et la zone active divague. A l'exutoire, dans la zone de jonction avec le niveau de base (grandes plaines alluviales à la sortie des massifs) se forme un cône de déjection dont la génératrice n'est autre que le lit vif du torrent qui par balayage séculaire distribue sa charge solide devenue désormais intransportable par manque de pente. Le charriage et la divagation torrentielle sont des nuisances importantes qui ruinent fréquemment les aménagements humains trop proches de leur zone d'influence.

8.5. LES CHUTES DE BLOCS ET EYROULEMENTS

Ces phénomènes mobilisent des blocs de roches homogènes situés au dessus d'une zone de pente (forte en général > 40°) où ils partent en chute libre. Les chutes de blocs concernent des éléments isolés, alors qu'éboulements et écrolements concernent des masses respectivement plus importantes, le mécanisme demeurant le même : chute gravitaire dans l'air, l'eau n'étant pas impliquée dans le transport.

La cause principale de ce type d'aléa est à rechercher dans le découpage des masses rocheuses en éléments de formes diverses par les fractures affectant la formation concernée. Le degré de fracturation de la roche détermine la maille de libération des blocs. Le réseau de fracturation peut comporter des familles d'orientation plus ou moins parallèles (conformes) au versant ou déterminant des coins rocheux (dièdres) dont l'arête est inclinée vers la vallée. Le déclenchement résulte souvent de la mise en pression hydrostatique interstitielle au sein des discontinuités lors des épisodes pluvieux, voire de la croissance de racines.

Les chutes de blocs sont un aléa omniprésent des zones rocheuses montagneuses et les massifs de péridotites n'échappent pas au phénomène. L'état général de fracturation des péridotites est en effet tel qu'il n'y a pratiquement pas de zones où la roche n'est pas découpée en un maillage dense, par des plans dont certains sont conformes à la pente, libérant des éléments de diverses tailles.

La susceptibilité d'apparition de l'aléa chute de blocs et écrolement est difficilement évaluable. On peut considérer qu'elle existe au droit de toutes les zones de "péridotites indifférenciées". La dangerosité du phénomène est proportionnelle à la dénivellation et à la pente.

8.6. LES EFFONDREMENTS LIES AUX CAVITES SOUTERRAINES

Le phénomène d'effondrement lié aux cavités souterraines découle du fonctionnement du karst péridotitique sous sa couverture latéritique et cuirassée. Dans la zone d'étude ces zones sont limitées au plateau cuirassé du bassin de Prony où de nombreuses dolines et dépressions ont été recensées grâce à divers documents : observation des photographies aériennes, l'intégration des informations topographiques à l'échelle du 1 / 10 000 de la DI3T, bases de données Prony Nickel.

8.7. DESORDRES PERIPHERIQUES AUX ANCIENS TRAVAUX MINIERES

Afin d'être complet nous avons fait dans la zone d'étude, l'inventaire et l'analyse par photographie aérienne des anciens travaux miniers existants. Ces anciens aménagements peuvent en effet interférer dans le déclenchement des phénomènes naturels d'instabilité, en particulier par le surcroît de ruissellement induit par les zones décapées.

Leur cartographie a été faite à partir de l'image satellitale Quick Bird (2002) et des photographies aériennes les plus récentes (1995). Dans certains secteurs la cartographie a été complétée par les plans des compagnies minières disponibles à la DIMENC notamment pour les ouvrages de protection et les zones de stockages de stériles ou de minerais.

Ont été distingué :

8.7.1. Les zones soumises à l'érosion

Elles comprennent :

- des zones d'exploitations actuelles ou anciennes,
- des zones d'exploration ou de prospection caractérisées par des pistes, puits, plateforme de forage, etc.
- des zones décapées volontairement,
- des zones dégradées c'est-à-dire exposées à l'érosion et au ravinement suites à des aménagements divers,
- des zones raviniées.

8.7.2. Les zones d'accumulations

Elles comprennent :

- des décharges non contrôlées de matériaux ou de stérile dans les versants.
- des zones d'épandages latéritiques ou des matériaux rocheux engravant les creeks.

8.7.3. Les ouvrages liés à l'activité minière

Il s'agit d'ouvrages de protection (barrages, décanteurs) ou de versés à stériles.

9. Zones sensibles et sites dégradés par l'activité minière

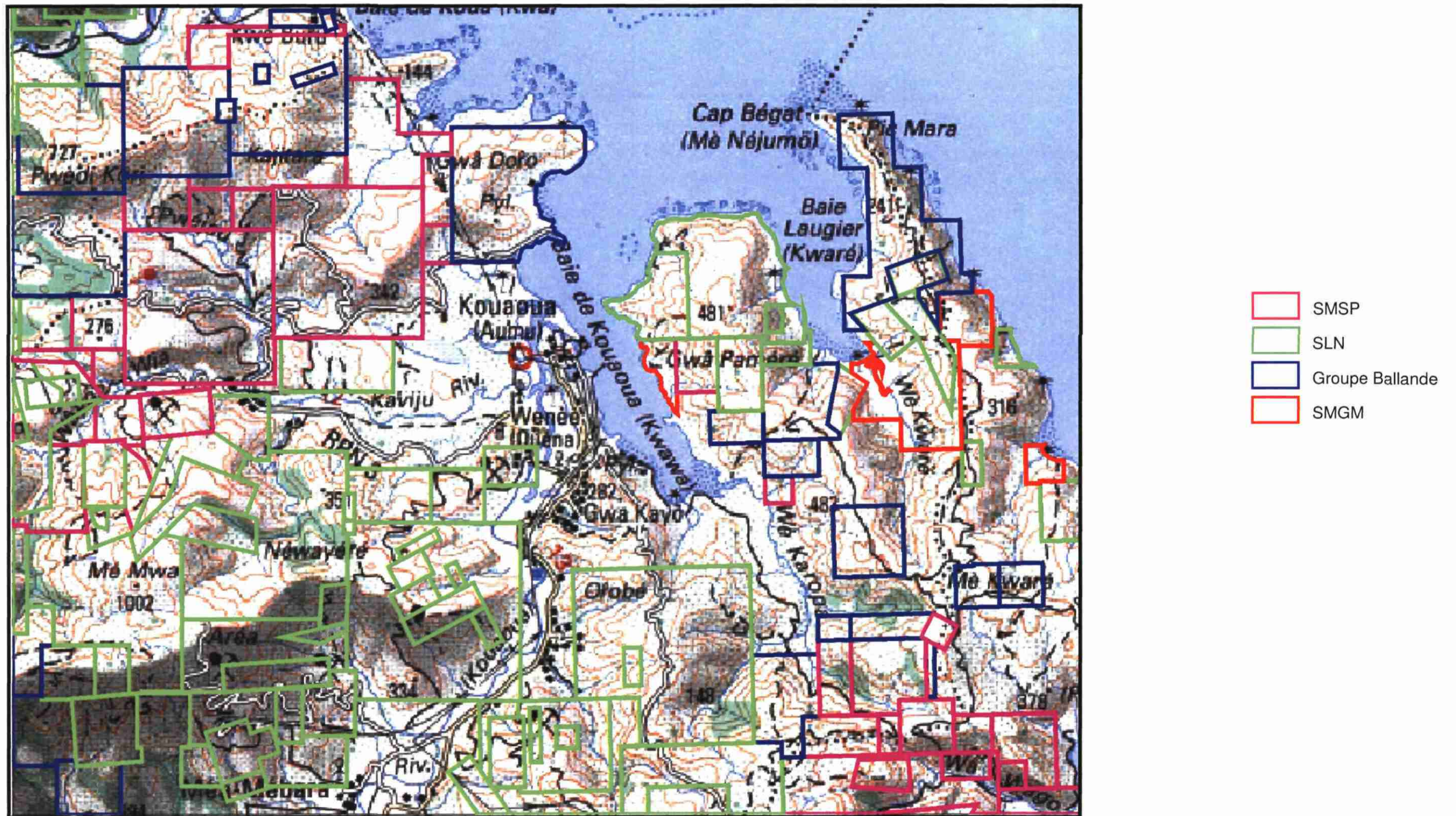


Figure 11 - Cadastre minier de la zone d'étude (source DIMENC)

9.1. RAVINE DU CREEK WAYÖ WIA

9.1.1. Description des désordres

Le creek Wayö Wia (toponyme de la carte topographique 1 / 50 000, localement nommé Ouasséoua) qui rejoint l'embouchure de la Kouaoua et dans la vallée duquel remonte le CR 1 pour aller vers Houaïlou, est copieusement engravé sur sa partie amont (Figure 12). La largeur de la zone engravée peut dépasser localement 100 mètres. Le tronçon affecté mesure 8,5 kilomètres de long. Plusieurs zones de ravinement, connectées à d'anciennes exploitations, sont visiblement la source de ces apports.

Parmi ces formes d'érosion linéaire intense, une ravine particulièrement importante est ouverte en rive droite de la rivière principale, descendant du sommet Mé Mwa. Elle semble être une des sources principales d'apport de matériaux.

Ce secteur est en bonne partie constitué par des serpentinites proches de la semelle de base de la nappe des péridotites, notamment sur la rive droite de la rivière. Ce type de terrain est généralement fragile.

Il nous a semblé intéressant de suivre l'évolution de l'ensemble de ce secteur en portant une attention particulière à l'apparition de la ravine.

9.1.2. Evolution temporelle

1942 : La plus ancienne photographie aérienne disponible date de 1942 (photographies de l'armée américaine, Figure 13). C'est une photographie oblique d'assez mauvaise qualité. Elle permet cependant de voir que le creek principal est déjà nettement encombré par des sédiments dès cette époque. Deux zones d'exploitation existent dans l'ensemble du bassin versant. Il s'agit du titre Renaissance - Moustache (n° 2 sur la Figure 13) et Claire Réd. (n° 1 sur la Figure 13) instituées en 1892 (SLN actuellement). Ces anciens sites étaient au siècle précédent exploités manuellement et les impacts environnementaux étaient minimes autant qu'on puisse en juger sur le document.

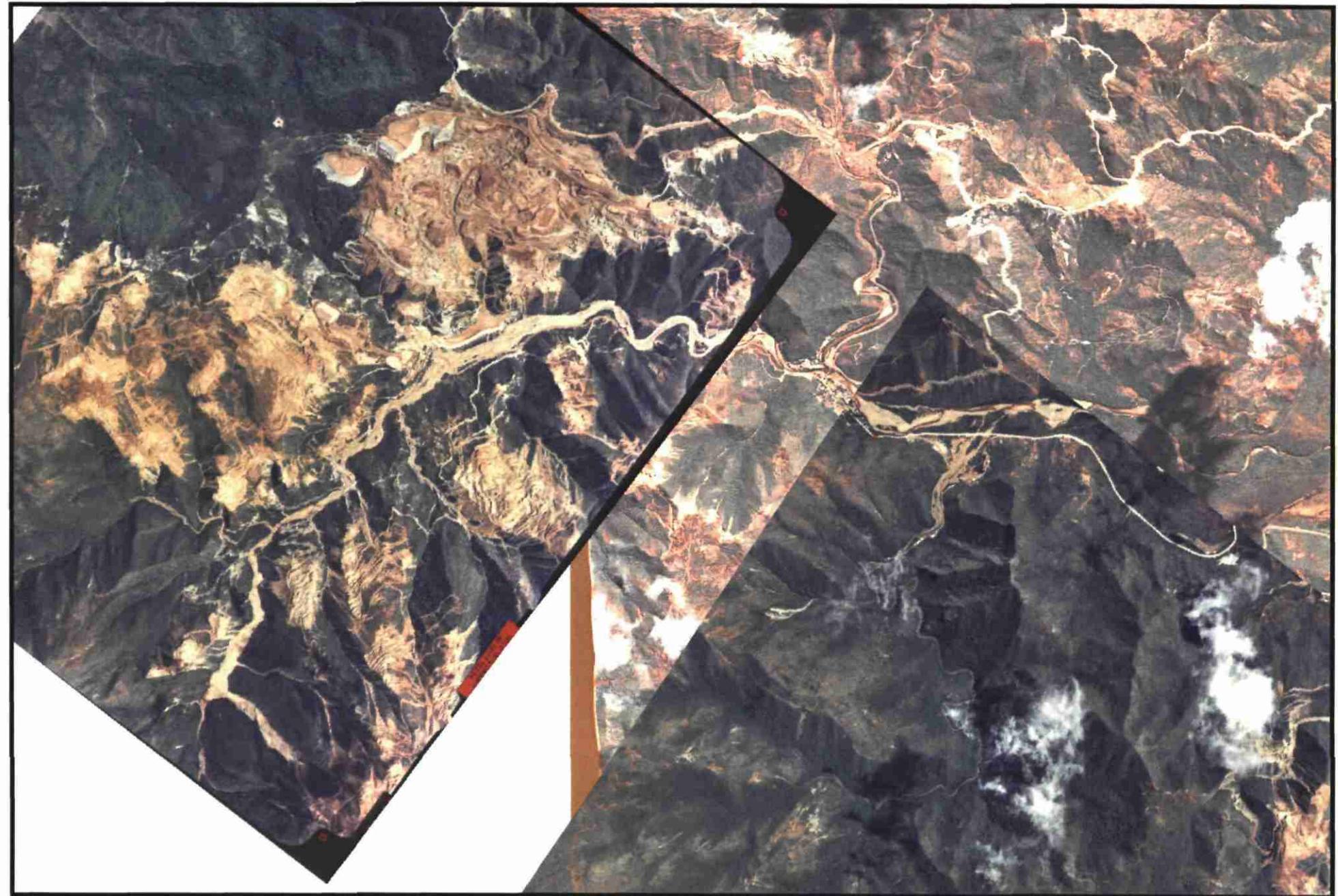


Figure 12 - Le secteur du creek Wayö Wia (mosaïque réalisée avec l'image Quic Bird de 2002 et les photographies aériennes de 1995)

Des travaux de prospection sont également visibles (n° 4). De nombreuses petites coulées de débris sont visibles dans le paysage en particulier sur la partie basse du bassin versant. Une importante ravine est visible dans le fond du bassin versant (n° 3 sur la Figure 13). La multiplication de ce type de phénomène est courante dans un environnement de péridotite serpentinisée ou de serpentinite.

1954 : Il y a peu de changement sur cette image (Figure 15) par rapport à la précédente. Les deux exploitations sont toujours visibles avec des impacts limités sur l'environnement. Il n'y a notamment pas de trace de sédimentation dans le réseau de drainage situé directement sous ces travaux. Le creek principal est toujours nettement engravé sur une grande largeur.

1971 : La plupart des zones d'extraction qui constellent actuellement la zone sont visibles. Il n'y a pratiquement pas de crêtes ou de croupes qui n'aient été atteinte. L'installation de ces mines s'est donc produite entre 1954 et 1971. Les décharges dans les pentes et les figures de ravinement associées sont nombreuses. La plupart des affluents de la Wayō Wia sont engravés. La grande ravine descendant du sommet Mé Mwa n'est cependant pas formée.

1976 : La surface des zones dégradées s'est considérablement accrue (Figure 15). Zones d'exploitation, décharges dans les pentes, zones ravinées, tous les types de terrains se sont étendus. La grande ravine descendant du sommet Mé Mwa est désormais présente. L'examen des photographies aériennes montre qu'à l'amont la ravine s'est ouverte dans une zone de décharge dans le versant soumise à l'action du ruissellement. A l'aval les produits d'érosion ont fait un barrage dans la Wayō Wia à l'arrière duquel s'est développée une petite retenue d'eau. Toute cette zone a du être le siège de coulées de débris, laves torrentielles, barrages, embâcles et débâcles. Pratiquement tous les tributaires de la Wayō Wia sont engravés et contribuent à alimenter ce dernier en charge solide.

1985 : L'état général n'évolue pas sensiblement. Des ouvrages de protection (barrage plus décanteur) ont été aménagés en rive gauche de la Wayō Wia. Les contours de la grande ravine sont sans modification notable,



Figure 13 - le Creek Wayō Wia et son bassin versant en 1942

du moins à l'échelle des photographies aériennes. A l'aval de la ravine, le barrage et la retenue sont toujours présents.

1991 : L'amont de la ravine s'est visiblement élargi. Des panneaux de terrain se sont effondrés par sapement le long de l'axe du

drain. Le phénomène d'érosion régressive est actif.

1995 : Pas de changements notables.

9.1.3. La ravine descendant du sommet Mé Mwa

Sa partie supérieure s'ouvre à 600 mètres d'altitude alors que sa partie aval rejoint la grande rivière à 190 mètres. La largeur de l'entaille est de 80 mètres en moyenne, sa profondeur d'environ 50 mètres (Figure 14).

La ravine est ouverte dans des terrains peu cohésifs. Il s'agit de saprolite développé sur péridotite très fracturée et serpentinisée.

Le phénomène de ravinement est actif, c'est à dire qu'à chaque épisode pluvieux, des matériaux sont arrachés à la zone d'incision et les bordures de la ravine reculent par érosion régressive, avec écroulement de paquets de matériaux latéritiques et rocheux. Plusieurs petites ravines ou rigoles sont visibles à la partie supérieure de la ravine principale. Leur progression régressive vers l'amont conduira à isoler des panneaux de terrain qui s'effondreront à terme dans la ravine principale. Le recul de la tête de la ravine se propagera dans des zones d'anciennes décharges et de pistes.

Lors des pluies exceptionnelles, de type cyclonique, des coulées de débris peuvent ainsi se former. Elles viennent obstruer la rivière principale en contrebas, formant un barrage avec retenue d'eau et de boue latéritique à l'amont. Ce phénomène est encore visible sur les photographies aériennes les plus récentes (1995). Dans la Wayō Wia, des phénomènes d'embâcles (barrage) puis de débâcles (rupture du barrage) et déferlement vers l'aval, peuvent survenir et affecter cette rivière sur une certaine longueur. Lors d'épisodes pluvieux plus modérés le torrent doit être le siège de charriages sporadiques tout le long de son cours. Ce dernier phénomène consiste en l'accumulation progressive, par petite quantité, de volumes importants d'alluvions instables qui peuvent être chassés à l'occasion des fortes précipitations.

D'autres ravines régressives sont connues dans les massifs de péridotites dans des contextes géologiques analogues (péridotites fortement fracturées en zone de forte pente à proximité de la semelle de la nappe). Ces ravines peuvent se former naturellement ou être d'origine anthropiques. Leurs dimensions sont toujours

importantes. La ravine du creek Jeanne et Marie dans la vallée de la Thio (Maurizot et Lafoy, 2001, Maurizot et Lafoy, 2003) se développe sur 570 mètre de haut. Elle est d'origine anthropique. Elle a nécessité la construction d'un ouvrage de franchissement au niveau de la RP 4. Les ravines du Païdi sur le flanc NW du massif du Kopéto, se développent sur 400 mètres de dénivellation. Son origine n'est pas connue mais elle très probablement en bonne partie naturelle.

9.1.4. Conclusion, recommandations

Le bassin versant amont de la Wayō Wia est très dégradé par l'activité minière ancienne. L'ensemble est entièrement couvert par des permis miniers en cours de validité, mais l'analyse historique au moyen de photographies aériennes permet de constater que l'essentiel des atteintes environnementales s'est produit dans les années 1970 (avant 1971 jusqu'à après 1976). L'examen des documents les plus vieux (1942, 1954) montre que l'engravement du creek Wayō Wia était déjà important dès cette époque. On constate donc une fragilité naturelle certaine de l'ensemble de ces terrains leur prédisposition et leur sensibilité naturelle à l'érosion.

Devant l'ampleur des travaux de réhabilitation à entreprendre, il semble nécessaire de commencer par une évaluation régionale dégagant une hiérarchisation et des zones prioritaires.

Parmi tous les phénomènes visibles, la ravine descendant du sommet Mé Mwa est le phénomène le plus préoccupant. Le phénomène est indubitablement lié à l'activité minière ancienne. Il est apparu entre 1971 et 1976 et résulte d'une non maîtrise des eaux de ruissellement, les pistes et zones décapées abandonnées jouant le rôle de drains artificiels.

Le milieu dans lequel s'est ouverte la ravine descendant du sommet Mé Mwa est extrêmement fragile, avec des masses encore très importantes de matériaux mobilisables. La ravine s'est ouverte dans une zone où il n'y avait pas de drains naturels.

Concernant cette ravine, et sans préjuger les mesures de protection, de confortement et de

réhabilitation qu prescriront une étude détaillée, l'action essentielle sera de couper à l'amont les alimentations en eaux de ruissellement. Malgré ces mesures, force est de constater que la zone de la ravine recueillera toujours une certaine quantité d'eau de ruissellement, ne serait-ce que par effet d'impluvium sur sa propre superficie qui est non négligeable. L'ampleur de la zone ravinée fait qu'il est inutile ou illusoire de vouloir procéder à une stabilisation et à un traitement confortatif. Le phénomène de ravinement est désormais irréversible et il n'y a pas de mesures techniques susceptibles de l'enrayer. Une recherche de fissures au niveau des plateformes qui surplombe la tête de la ravine est également conseillée.

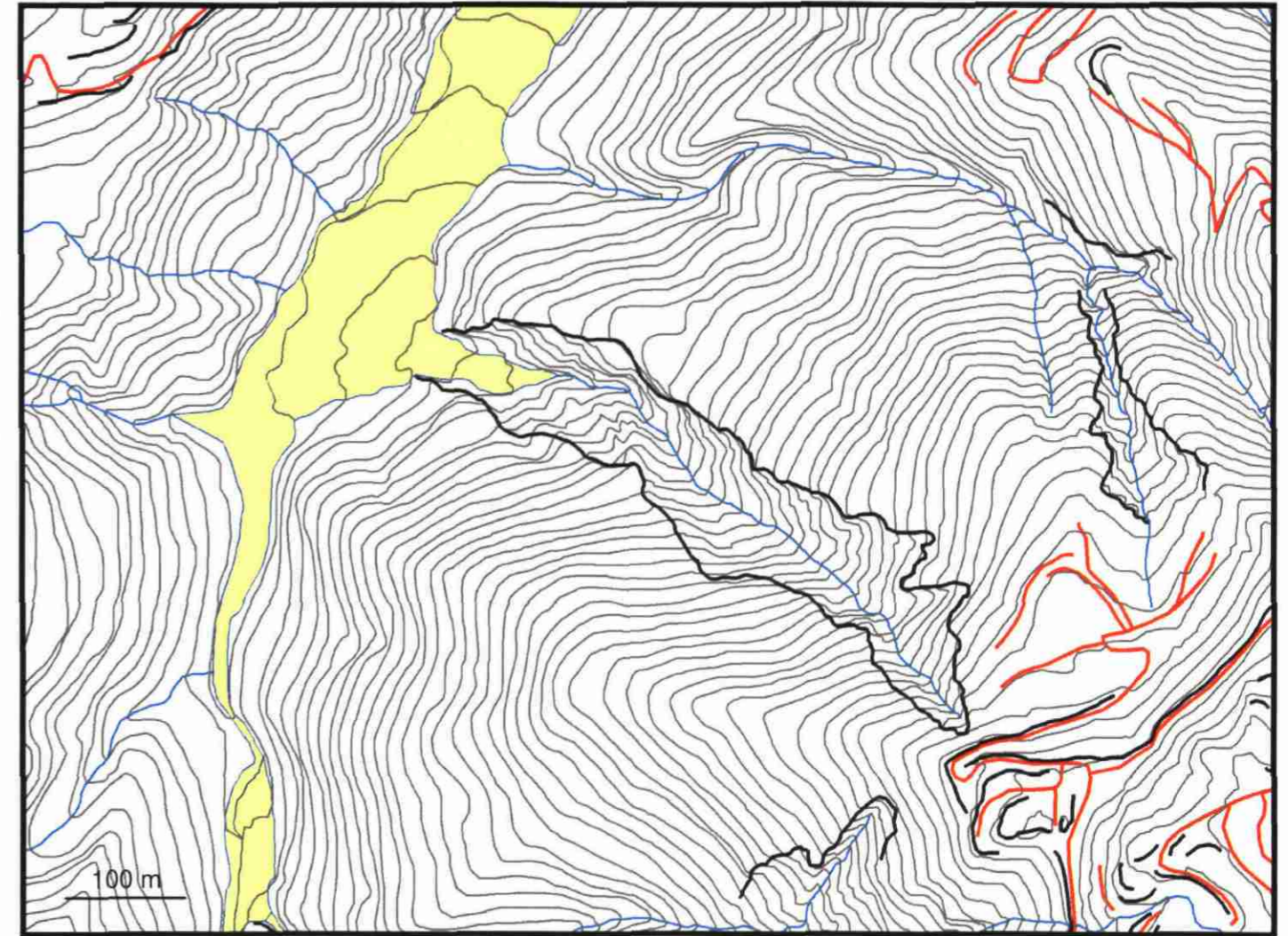


Figure 14 - Données topographiques sur la ravine descendant du sommet Mé Mwa

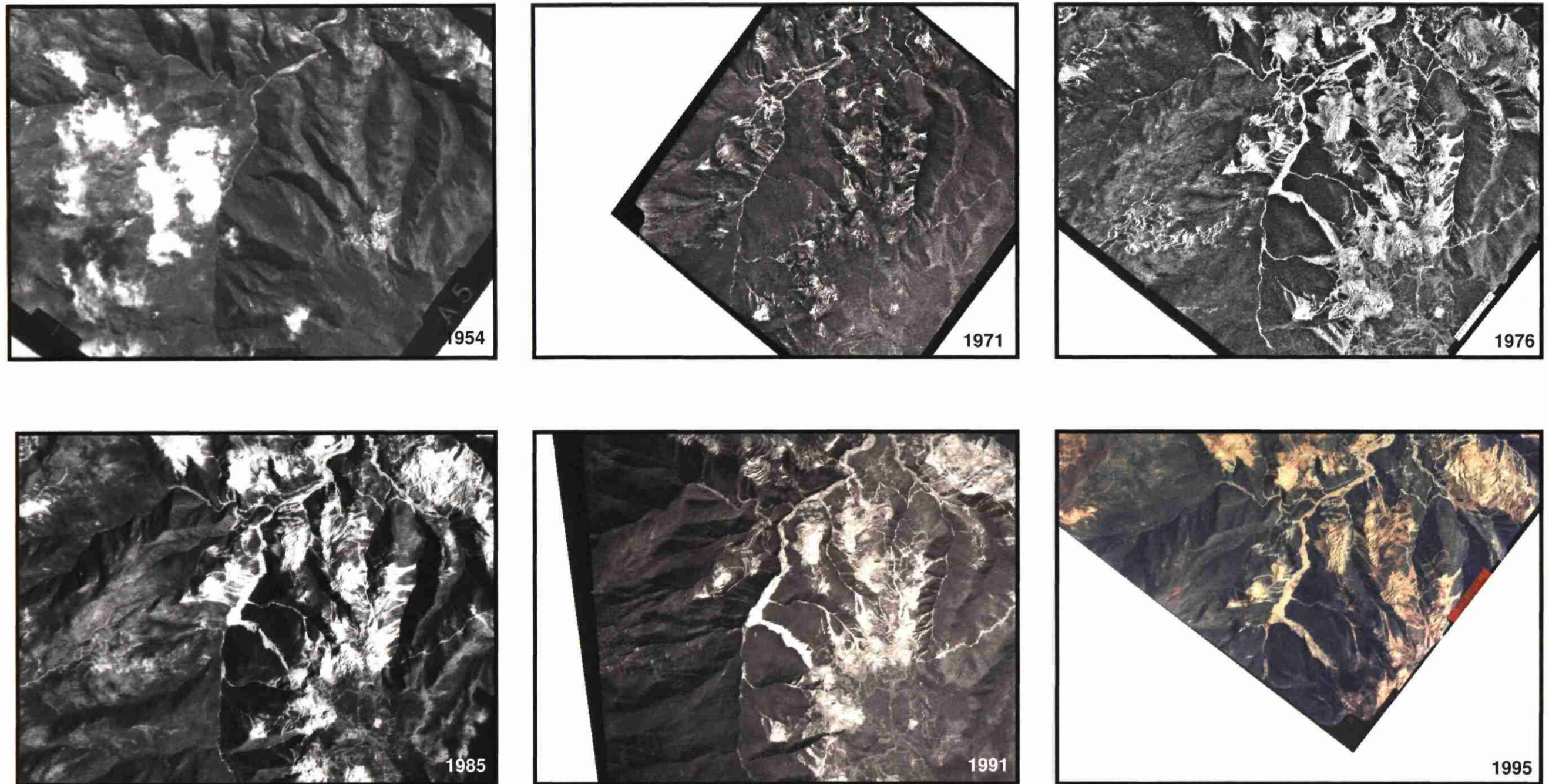


Figure 15 - Evolution temporelle de la ravine à l'amont du creek Wayö Wia

9.2. RAVINES SOUS LA MINE MEA

9.2.1. Description des désordres

Au Sud de la mine Méa, une ravine installée dans les serpentinites, à l'interface entre le substrat sédimentaire et les péridotites peut être vue (Figure 16). D'autres petits ravinements annexes existent à l'alentour dans ce même niveau serpentiniteux.

Les impacts sont limités. Il n'y a pas en particulier de traînées de sédimentation dans les creeks qui drainent ces structures. Par ailleurs on ne distingue ni morphologie ni indice de glissement de terrain comme cela est fréquent dans ce niveau.

9.2.2. Evolution temporelle

1954 : La ravine est déjà présente (Figure 17). De nombreuses petites carrières sont ouvertes sur le plateau. Il n'y a pas de pistes.

1976 : Le village de Méa Mébara est installé. De nombreuses pistes et zones d'extraction sont ouvertes. Le creek qui draine la ravine et

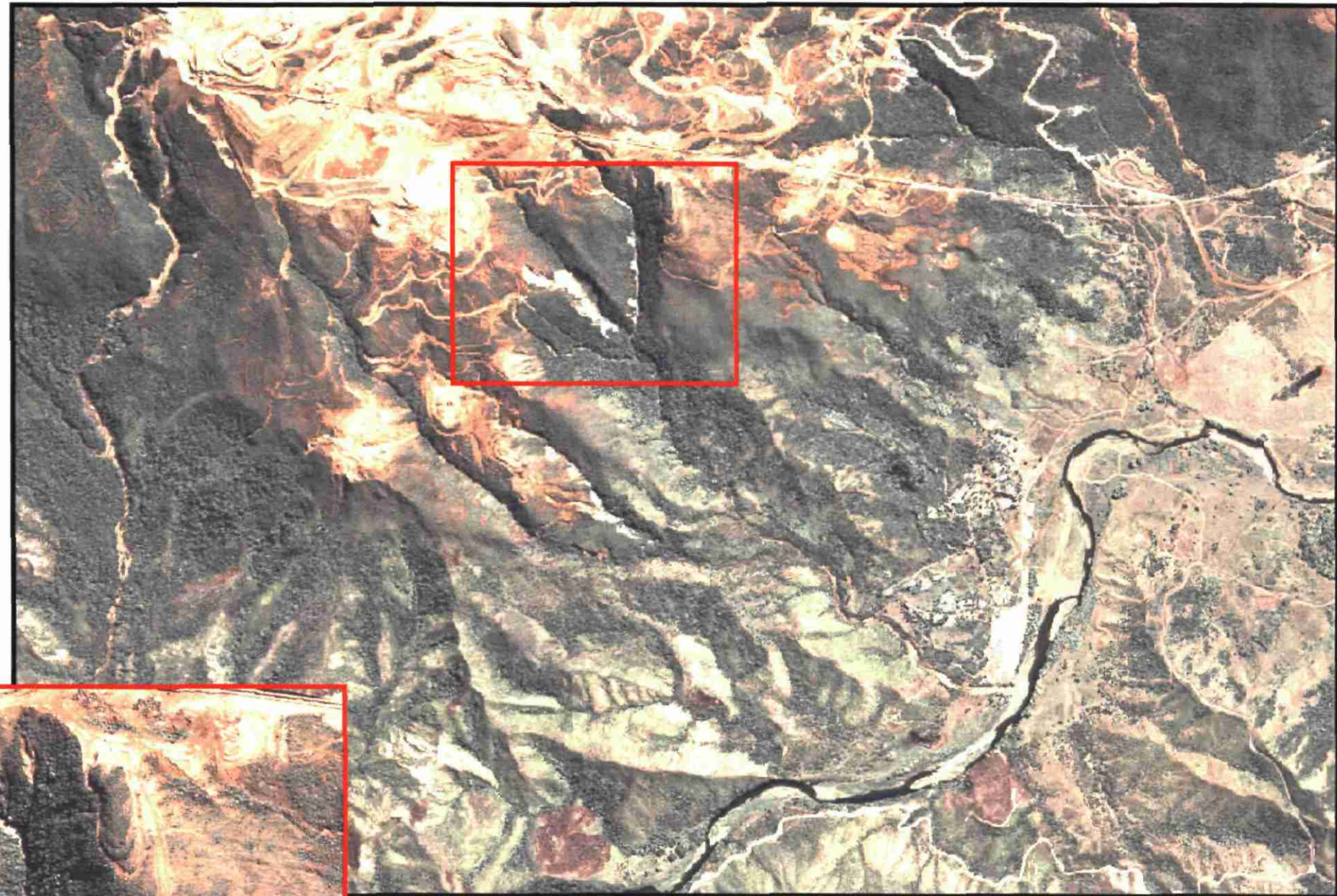


Figure 16 - Ravines au Sud de la Mine Méa

ses satellites est nettement engravé.

2002 : Sur l'image satellite Quick Bird (Figure 16), on ne constate pas d'évolution dans les contours de la ravine principale. Le creek ne semble plus présenter de sur-alluvionnement sauf peut être dans sa partie la plus basse.

9.2.3. Conclusion, recommandations

Les exemples sont nombreux où ce type de terrain serpentiniteux est générateur de désordres (vallée de la Thio; NE du massif du

Kopéto). Il est donc justifié d'examiner avec soin ce type de contexte et de redoubler de précaution dans les aménagements créés à proximité. Dans le cas présent on ne décèle pas d'indices de mouvements de terrains, hormis quelques ravines ouvertes par les drains naturels au passage de la zone serpentiniteuse. La ravine la plus importante n'a pas évolué de manière sensible, si l'on en juge avec les documents de télédétection, et ce depuis 1954. Une surveillance du secteur en particulier des circuits de rejet des eaux de surface n'est cependant pas superflue.



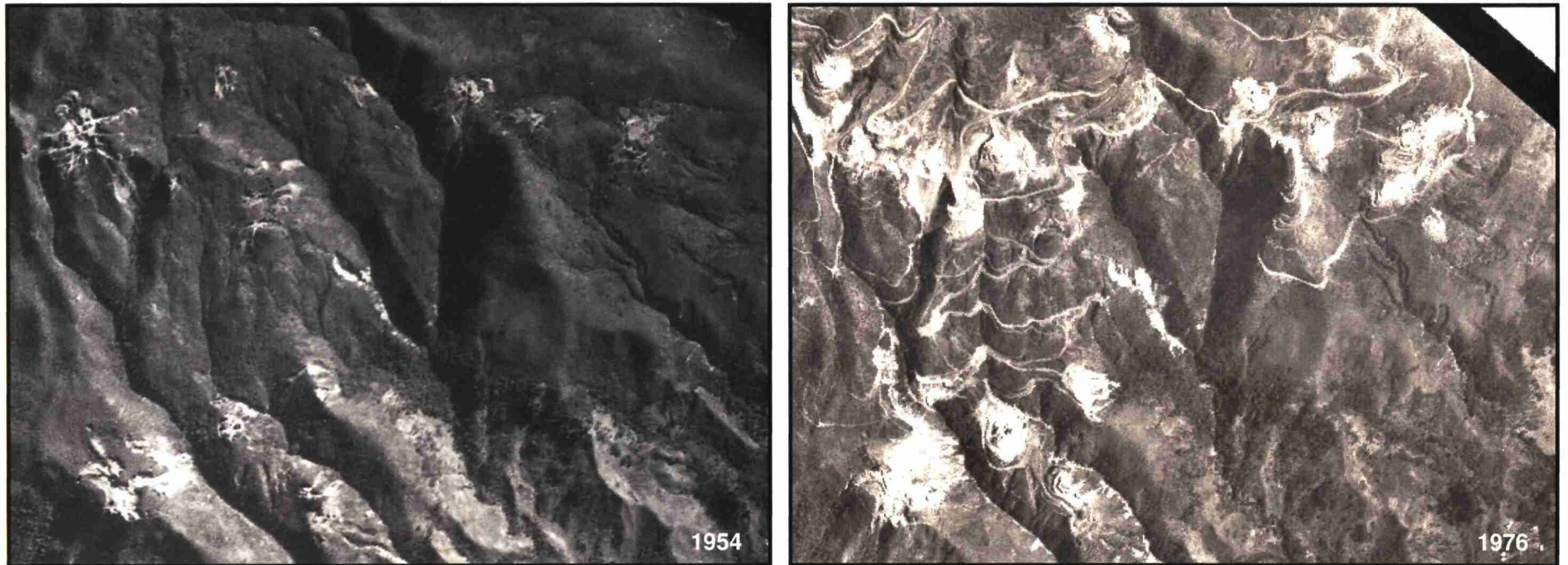


Figure 17 - Evolution temporelle de la ravine de Méa Mébara

10. Conclusions, recommandations

Cette opération de "Cartographie des aléas mouvements de terrain" représente une phase d'inventaire des désordres et surtout de compréhension des phénomènes afin d'en dégager les paramètres importants.

Cette opération s'appuie en premier lieu sur une actualisation des précédents levés géologiques, qui sont complétés par les formations superficielles et d'altération et amenés de l'échelle du 1 / 50 000 à celle du 1 / 25 000 (carte géologique et des formations superficielles). Parallèlement un inventaire de tous les aléas anciens ou actuels visibles est effectué (carte informative des aléas recensés). Puis une typologie des aléas est proposée ainsi qu'une évaluation de chacun d'entre eux.

D'une manière générale, la variété et le nombre des phénomènes naturels recensés dans la zone d'étude restent faibles. On note de nombreuses petites coulées de débris dans toutes les zones constituées par des serpentinites et dans les péridotites adjacentes.

En revanche les désordres générés par l'exploitation minière, dont l'histoire se déroule sur une longue période, sont nombreux. Les surfaces concernées par les anciennes exploitations minières sont grandes et l'historique minier de la région est important. L'analyse rétrospective par photographie aérienne de l'évolution des surfaces d'exploitation montre une augmentation importante de la surface totale concernée par l'activité minière, du nombre et de la densité des décharges et des pistes d'accès, avant 1976. Ce développement s'accompagne d'atteintes environnementales avec de nombreuses coulées de matériaux sur les versants, l'engravement de certains creeks et la création de ravines dont certaines à érosion régressive.

L'inventaire des désordres du type mouvements de terrain permet de recenser une ravine à érosion régressive dans le bassin amont de la Wayö Wia. Cette ravine est clairement liée à l'exploitation minière. Elle représente l'expression la plus grave des désordres liés à

l'exploitation minière ancienne dans la zone d'étude.

Parmi toutes les zones à réhabiliter celle du bassin de la Wayö Wia est prioritaire. L'ampleur de la tâche est tel que ce secteur doit faire l'objet d'un programme planifié, progressif, mais soutenu.

Antoine P., Giraud A., 1995, Typologie des mouvements de versants dans un contexte opérationnel. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. Paris, N° 51.

Avias J., 1952, Note sur la genèse des gites nickélifères en Nouvelle-Calédonie (secteur central). Report of the Session - International Geological Congress. Pages 80. 1952.

Bibent B., Gonord H., Rabinovitch M., 1972, Observations complémentaires sur le complexe détritique continental de type ferrallitique dans la région de Ouéna (Nouvelle-Calédonie). C.R. Acad. Sci. Fr., série D, 274, n° 2, Pages 170-173.

Besson L., Durville J.L., Garry G., Graszak E., Hubert T., Toulemont M., 1999, Plans de prévention des risques naturels (PPR), Risques de mouvements de terrain, Guide méthodologique, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (DPPR), Ministère de l'Équipement, des transports et du logement (DGUHC). La documentation française.

Dinger F., Tachker Y., 1989, Protection contre les risques naturels et lutte contre l'érosion en Nouvelle-Calédonie, CR. de mission, Territoire de Nouvelle-Calédonie, Office National des Forêts

Garry G., Graszak E., 1996, Le plan de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR), Guide général, Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Équipement.

Guillon J.H., 1975, Les massifs péridotitiques de Nouvelle-Calédonie; Type d'appareil ultrabasique stratiforme de chaîne récente. Mémoire ORSTOM. 76.

Guy B., Paris J.P., Prinzhofer A., 1979, Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50000 : feuille Kouaoua. BRGM.

Guy B., 1976, Nouvelles observations sur les formations du Goa n'Doro (Nouvelle-Calédonie), International symposium on Geodynamics in SW Pacific, Technip Paris, pp. 283-288

Lafoy Y., Maurizot P., Genna A., 2003, Nickel mining in New Caledonia and environmental concerns. Abstract of papers presented at the International Meeting : Preservation and ecological restoration in tropical mining environments, Noumea, New Caledonia. Pp. 156-157.

Marcangeli Y., 2003, Cartographie des zones dégradées par l'activité minière en Nouvelle-Calédonie, Régions de Houailou et Kouaoua, Côte est. Mémoire DESS Ingénierie de l'Écologie, Université de Corse P. Paoli.

Maurizot P., Lafoy Y., 2003, Specificity of geological hazards in New Caledonia, Abstract of poster presented at the 2nd SOPAC STAR Session, Niue.

Maurizot P., Lafoy Y., Brière de l'Isle B., Boisard M., 2003 - Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie - Zone de Canala, Rapport BRGM/RP 52 496-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., Brière de l'Isle B., Marcangeli Y., 2003 - Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie - Zone de Yaté, Rapport BRGM/RP 52 497-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., 2003 - L'aléa naturel mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie, Synthèse des connaissances, Rapport BRGM/RP 52 213-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., Poupée M., 2002 - Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie - Zone du Koniambo, Rapport BRGM/RP 51 624-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., Poupée M., 2002 - Cartographie des formations superficielles et

des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie - Zone de Goro, Rapport BRGM/RP 51 623-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., 2001 - Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie - Zone de Thio, Rapport BRGM/RP 50 845-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., 2001 - Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie - Zone de Touho - Poindimié, Rapport BRGM/RP 50 846-FR.

Maurizot P., 2001, Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain et érosion en Nouvelle-Calédonie, Massif du Mont-Dore. Etude complémentaire pour la prise en compte des risques naturels dans le PUD de la commune du Mont-Dore. Rapport BRGM/RP 50 725-FR.

Maurizot P., 2000, Cartographie détaillée (1 / 10 000) des aléas mouvements de terrain de la vallée et du plateau des Koghis (commune de Dumbéa). Rapport BRGM/RC - 50 407-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., 1999 - Cartographie des aléas naturels (Mouvements de terrain, érosion) dans le Territoire de Nouvelle-Calédonie - Zone de Tontouta, Rapport BRGM/RP 40 776-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., 1999 - Cartographie des aléas naturels (Mouvements de terrain, érosion) dans le Territoire de Nouvelle-Calédonie - Zone de Koné, Rapport BRGM/RP 40 775-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., 1998 - Cartographie des aléas naturels (Mouvements de terrain, érosion) dans le Territoire de Nouvelle-Calédonie - Zone de Dumbéa - Païta, Rapport BRGM/RP 40 403-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., 1998 - Cartographie des aléas naturels (Mouvements de terrain, érosion) dans le Territoire de Nouvelle-Calédonie - Zone de Pouembout, Rapport BRGM/RP 40 404-FR.

Maurizot P., Lafoy Y., 1998, Field mapping of superficial deposits for environmental

11. Références bibliographiques

development and geological hazards mitigation in New Caledonia, Abstract of papers presented at the STAR Session, SOPAC (South Pacific Applied Geoscience Commission) miscellaneous report 300, 27th SOPAC, pp. 26-27, Session. Suva, Fiji.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, laboratoire central des Ponts et Chaussées, février 1999, L'utilisation de la photo- interprétation dans l'établissement des plans de prévention des risques liés aux mouvements de terrain, collection Environnement: les risques naturels, édition du laboratoire central des Ponts et Chaussées, 128 p.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, du Logement et des Transports, 1997, Plans de prévention des risques naturels prévisibles : guide général, La Documentation française, 76 pages

Ministère de l'Environnement, 1987, Plans d'exposition aux risques : mesures de prévention - mouvements de terrain, La Documentation française, 529 pages.

Mompelat J.M., Maurizot P., 2004, Problématique du risque « mouvements de terrain » en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie : état des lieux et perspectives. Extended abstract des communications présentées aux Assises de la Recherche Française dans le Pacifique, Nouméa - Nouvelle-Calédonie, pp. 248-251.

Orloff O., 1968a, Etude géologique et géomorphologique des massifs d'ultrabasites compris entre Houailou et Canala (Nouvelle-Calédonie). Thèse Doct. 3e cycle, Page 189 dactylo, 25 figures, 20 pl., 5 cartes, Montpellier.

Orloff O., Gonord H., 1968b, Note préliminaire sur un nouveau complexe sédimentaire continental situé sur les massifs du Goa N'Doro et de Kadjitra (région cotière à l'est de la Nouvelle-Calédonie), définition de la formation et conséquences de cette découverte sur l'âge des fractures majeures récemment mises en

évidence dans les mêmes régions. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Série D: Sciences Naturelles. 267; 1, Pages 5-8.

Paris J.P., 1981, Géologie de la Nouvelle-Calédonie, une essai de synthèse. Mémoire BRGM, N° 113, 279 p.

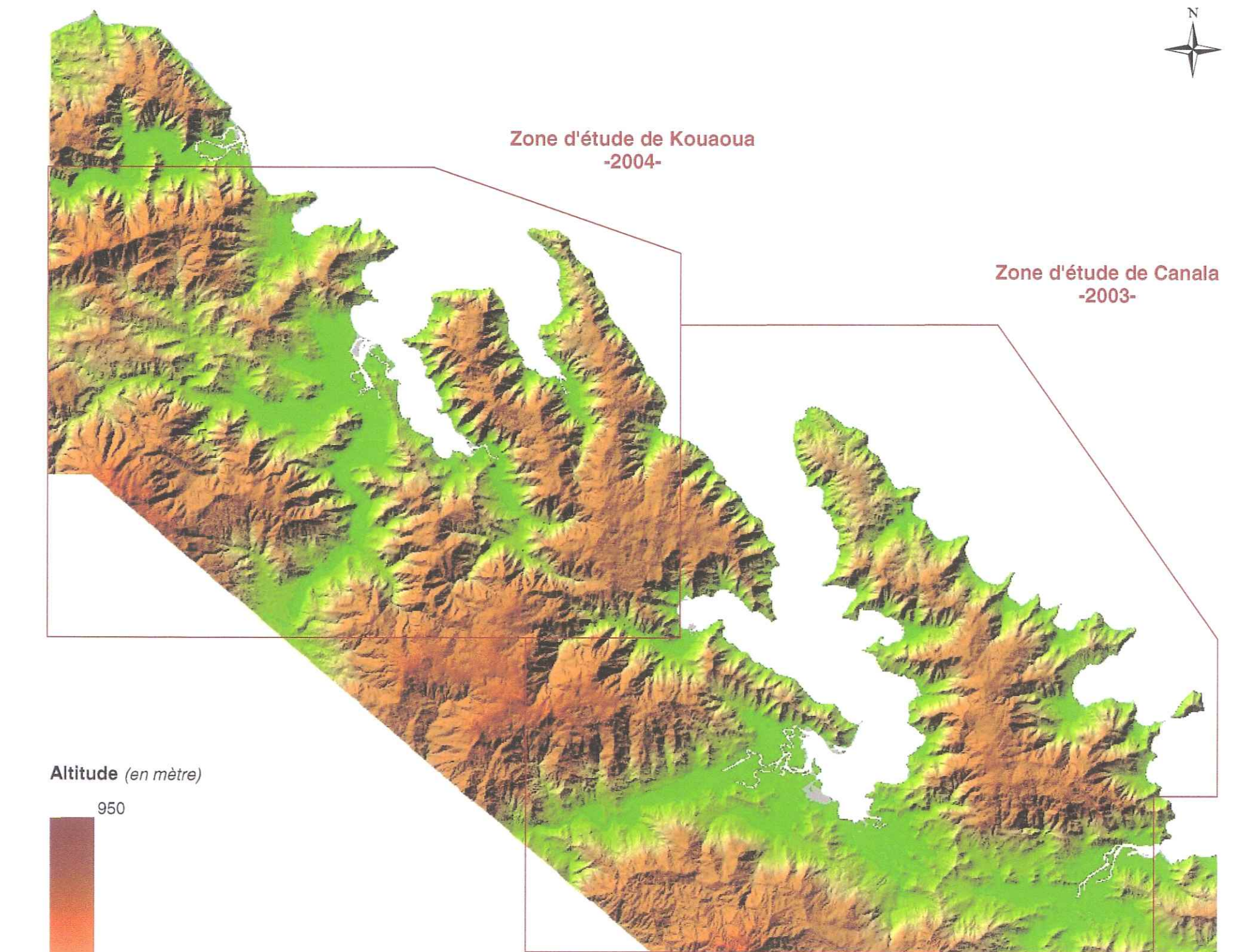
Prinzhofer A., 1981, Structure et pétrologie d'un cortège ophiolitique : le massif du Sud de Nouvelle-Calédonie. Thèse Ing. Doct. ENSM. Paris.

Rouet I., Maurizot P., Lafoy Y., Allenbach M., Robineau B., 2004, Spécificité des mécanismes contrôlant les mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie. Résumés des posters présentés aux Assises de la Recherche Française dans le Pacifique, Nouméa - Nouvelle-Calédonie, pp. 290.

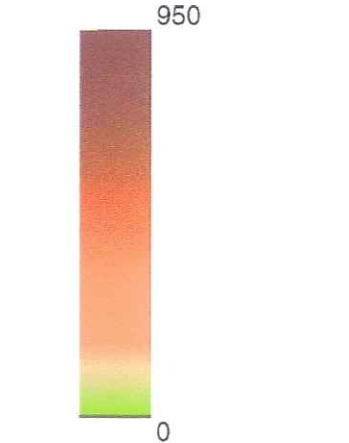
Trescases J.J., Guillon J.H., 1977, Carte géologique à l'échelle du 1 / 50 000 et notice explicative sur la feuille Yaté. BRGM - ORSTOM.

Trescases J.J., 1975, L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale; Formation des gisements nickélifères de Nouvelle-Calédonie. Mémoire ORSTOM 78.

Annexe 1 : Carte géologique et des formations superficielles à l'échelle du 1 / 25 000

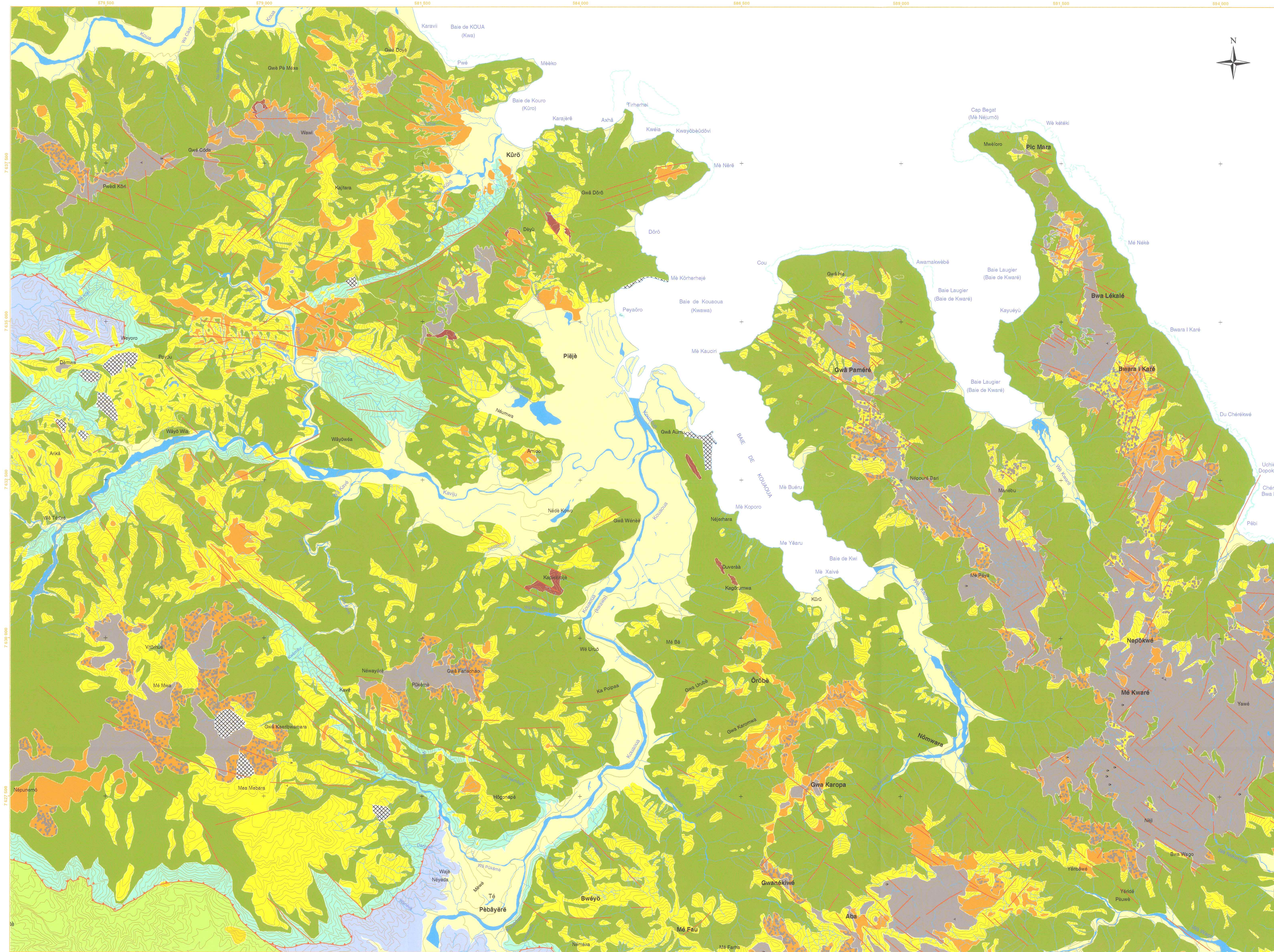


Altitude (en mètres)



0 5 10 Kilomètres

Modèle Numérique de Terrain à maille 10m généré à partir des données numériques de la BD TOPO 1/10 000 de la DIT



0 1,25 2,5 Kilomètres

Formations fluviales et littorales

- Alluvions récentes de fonds de vallées
- Mangrove
- Plages

Formations anthropiques

- Formations anthropiques

Formations d'altération

- Cuirasse continue "in situ"
- Blocs de cuirasse sur latérites minces
- Blocs de cuirasse sur latérites épaisses
- Latérites minces
- Latérites épaisses

Formations sédimentaires continentales

- Formation de Gwa Daro

Formations du substrat ophiolitique

- Péridotites indifférenciées
- Serpentinites
- Dolérites, basaltes (Nappe de Poya - Sénonien Paléocène)

Formations du substrat volcano-sédimentaire

- Calcaire biosparitique (Eocène)
- Grès et argilites carbonneuses (Sénonien)

Indications géomorphologiques

- Phénomènes karstiques
- Dolines
 - Pertes

Indications topographiques

- Réseau hydrographique
- Etendues d'eau
- Récif

Indications structurales

- Discontinuités principales
- Contacts chevauchants

Annexe 2 : Carte des phénomènes recensés à l'échelle du 1 / 25 000

Cartographie des sites dégradés par l'activité minière



0 1,25 2,5 Kilomètres



Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrains en Nouvelle-Calédonie :

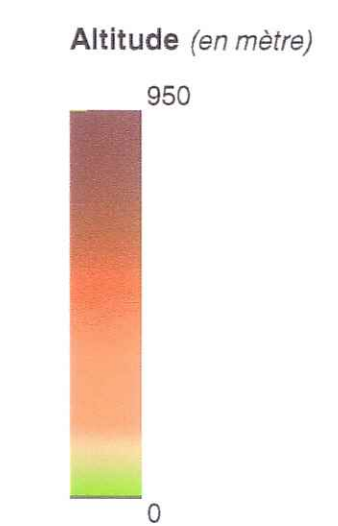
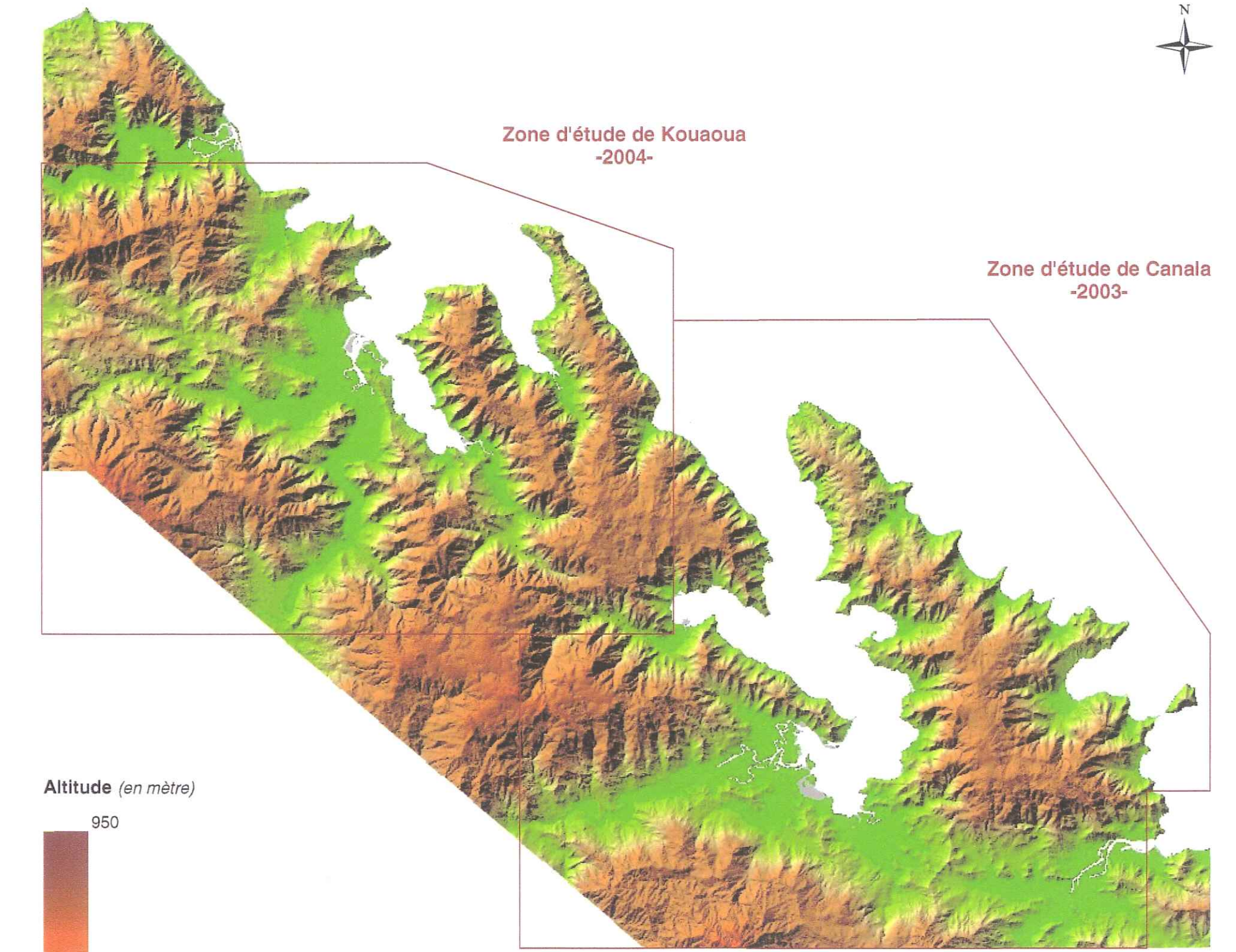


Cartographie des phénomènes recensés

Zone de Kouaoua

-2004-

1/25 000



Modèle Numérique de Terrain à maille 10m généré à partir des données numériques de la BD TOPO 1/10 000 de la DIST

Zones soumises à l'érosion

- Zones d'exploitation
- Zones découpées indifférenciées
- Zones dégradées
- Zones d'exploration
- Ravines
- Pistes de prospection

Zones d'accumulations

- Décharges
- Rivières engravées
- Verses à stérile
- Zones de stockage
- Barrages
- Décanteurs

Phénomènes karstiques

- Dolines
- Pertes

Indications topographiques

- #### Végétation
- Mangrove
 - Plages

- #### Hydrographie
- Réseau hydrographique
 - Étendues d'eau
 - Récif

- #### Réseau routier
- Routes provinciales et municipales
 - Voies urbaines
 - Chemins ruraux
 - Pistes principales
 - Sentiers
 - Bâti