



Nouvelle-Calédonie

Document public



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

Zone de Yaté

Rapport RP - 52 497 FR
Octobre 2003

Etude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM – Fiche 03 RIS H02

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., Brière de l'Isle B., Marcangeli Y., (2004) – Cartographie des formations superficielles et des aléas mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie – Zone de Yaté, Rap. BRGM /RP - 52 497 FR.

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

Sommaire

1	Introduction	4
1.1	Objectifs de la convention	4
1.2	Contenu de l'étude	4
2	La problématique du risque en Nouvelle-Calédonie	5
2.1	Spécificité des risques en Nouvelle-Calédonie	5
2.2	La gestion du risque en Nouvelle-Calédonie	5
2.3	Limites de l'étude.....	5
3	Méthodologie des études de risque : La technique de l'aléa et la politique du risque.....	6
3.1	Introduction	6
3.2	Le PPR stricto sensu.....	6
3.3	La carte des aléas annexé au POS et le "porté à connaissance" :.....	7
3.4	Quelles solutions pour la Nouvelle-Calédonie ?.....	7
4	Terminologie des études de risque : Définitions et documents.....	8
4.1	La notion d'aléa et de risque	8
4.2	Les différents documents élaborés dans une étude de risque.....	8
4.2.1	La succession des différents stades et documents produits par une étude de risque sont présentés sur la figure 1.....	8
4.2.2	La carte géologique et des formations superficielles	8
4.2.3	La carte informative des phénomènes.....	8
4.2.4	La carte des aléas.....	9
4.2.5	La carte des enjeux et d'appréciation des enjeux	10
4.2.6	Le plan de zonage ou carte réglementaire.....	10
5	Zone d'étude du programme 2003 - 2004.....	11
6	Carte géologique et des formations superficielles	12
6.1	Formations du substrat ophiolitique	12
6.1.1	Péridotites indifférenciées	12
6.1.2	Serpentinites	12
6.1.3	Roches filoniennes.....	12
6.2	Formations d'altérations.....	12
6.2.1	Cadre morphogénétique.....	12
6.2.2	Cuirasse continue "in situ".....	14
6.2.3	Cuirasse démantelée	14
6.2.4	Blocs de cuirasse sur substrats variés	14
6.2.5	Blocs de cuirasse en fonds de dolines.....	14
6.2.6	Latérites épaisses.....	14
6.2.7	Latérites minces.....	14
6.3	Formations de versants	15
6.4	Formations fluviatiles et lacustres	15
6.4.1	Fluvio-lacustre de la Plaine-des-Lacs	15
6.4.2	Epanrages fluviatiles	15
6.5	Formations alluviales et littorales	15
6.5.1	Cônes de déjection torrentiels.....	15
6.5.2	Alluvions récentes	15
6.5.3	Formations fluvio-littorales	15
6.6	Formations récifales anciennes soulevées.....	15
6.7	Indications structurales	15
6.8	Indications géomorphologiques.....	15
7	Modèle numérique de terrain – Images satellitales.....	16
7.1	Modèle numérique de terrain.....	16
7.2	Données satellitales	16
7.3	Autres sources de données.....	16
8	Carte informative des phénomènes recensés, typologie des phénomènes.....	19
8.1	Les coulées de débris.....	19
8.2	Débordements et charriages torrentiels.....	19
8.3	Les chutes de blocs et écroulements.....	19
8.4	Les effondrements liés aux cavités souterraines	19
8.5	Désordres périphériques aux anciens travaux miniers	19
9	Zone sensible littorale	21

9.1 La morphologie rectiligne des reliefs côtiers.....21

9.2 Le récif côtier soulevé21

9.3 Interprétation21

9.4 Description des désordres.....21

9.5 Conclusions recommandations22

10 Zone sensible du barrage de Yaté.....23

11 Conclusions, recommandations25

12 Références bibliographiques.....26

13 Annexe 1 : Carte géologique et des formations superficielles à l'échelle du 1 / 25 00028

14 Annexe 2 : Carte des phénomènes recensés à l'échelle du 1 / 25 000.....29

Table des illustrations

- Fig. 1 – Principales étapes de réalisation d'une étude de risque
- Fig. 2 – Zone d'étude du programme 2003 - 2004
- Fig. 3 – Carte géologique et des formations superficielles de la région de Yaté 13
- Fig. 4 – 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)
- Fig. 5 – Image Spot fausse couleur de la zone d'étude (Source SMAI, K 415, J 394, du 10/08/90
- Fig. 6 – Le secteur du lac de Yaté avant sa mise en eaux
- Fig. 7 – Eléments d'appréciation de l'aléa "coulée de débris" sur la zone littorale de Yaté
- Fig. 8 – Eléments d'appréciation de l'aléa "laves torrentielles" sur la retenue du lac de Yaté

1 Introduction

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 le Service des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie. 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 (RéTIGéo) de la Nouvelle-Calédonie.

1.2 Contenu de l'étude

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 Délégué du Gouvernement, Haut-Commissaire de la République en Nouvelle-Calédonie, service de la sécurité civile,

- les services des Mines et de l'Energie et des Méthodes Administratives et de l'Informatique, 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, compétent dans le domaine de la sécurité civile et 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 le Service des Mines et de l'Energie et le Service des Méthodes Administratives et de l'Informatique. A ce jour, quatre programmes ont permis de couvrir huit régions prioritaires réparties dans les Provinces Nord et Sud de la Grande Terre.

2.1 Spécificité des risques en Nouvelle-Calédonie

Le facteur dominant et permanent qui détermine les mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie est d'ordre géologique (notion de risques géologiques ou geohazards 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 fondamental 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-Calédonie

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'étude

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 - SME), 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 aléas annexé au POS et le "porté à 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'aléa 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 différents documents élaborés dans une étude de risque

4.2.1 La succession des différents stades et documents produits par une étude de risque sont présentés sur la figure 1

4.2.2 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

4.2.3 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 le 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 par 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 correspondants 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.

4.2.4 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 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.

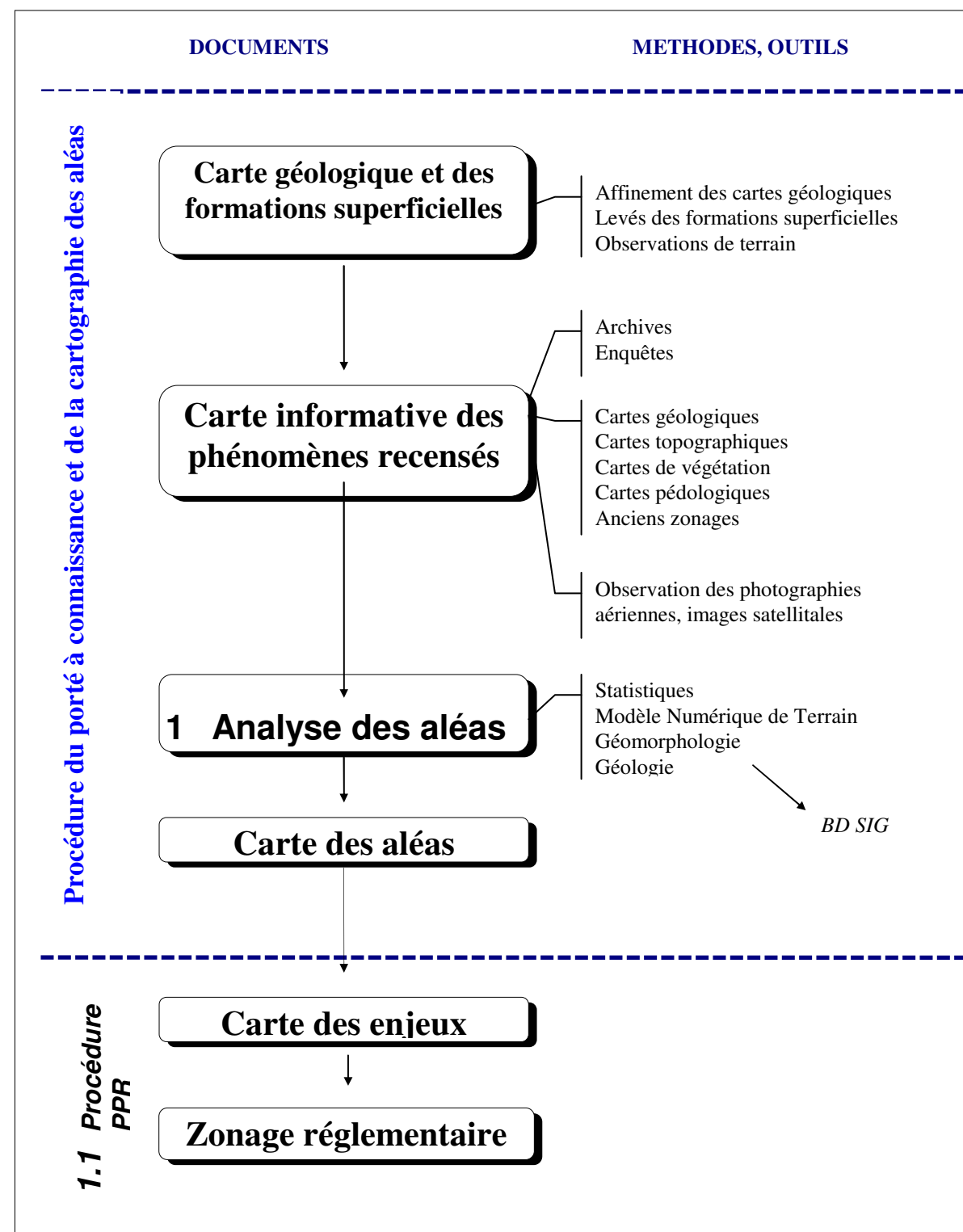


Fig. 1 – Principales étapes de réalisation d'une étude de risque

4.2.5 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.

4.2.6 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 2003 - 2004

La zone d'étude concernant la Province Sud pour le programme 2003 - 2004 couvre une région d'environ 20 x 25 km, (figure 2). Elle concerne l'extrémité Sud-Est de la Grande-Terre (commune de Yaté) et recouvre la partie aval du lac de Yaté et le chaînon de Mamié. Les zones habitées et aménagées concernées sont celles du littoral depuis Unia jusqu'à Saint-Gabriel, en passant par les villages de Yaté et Wao. Outre ces zones d'habitations, le barrage de Yaté est un aménagement d'importance majeure dans la zone d'étude.

Géologiquement et géomorphologiquement, le domaine étudié se situe à l'extrémité sud du Massif du Sud, dont l'ossature est constituée par la nappe des péridotites. Les reliefs sont accusés et toute la zone littorale est dominée par un chaînon culminant à 650 mètres d'altitude. Les limites de ce chaînon vers la mer sont soulignées par un abrupt important. Ces zones sont sujettes à des mouvements de terrain. Cet aspect particulier sera donc examiné dans le chapitre "zones sensibles".

Les surfaces concernées par d'anciennes exploitations représentent une faible superficie dans cette région. A ce titre on ne relève que deux anciens sites exploités autrefois pour nickel, l'un au-dessus d'Unia et l'autre au-dessus de Saint-Gabriel (réhabilité par la Province Sud). De nombreuses pistes de prospections sillonnent cependant les zones latéritiques et cuirassées du secteur.

Il n'y a pas eu de travaux antérieurs concernant les aléas dans la zone littorale. En revanche deux études récentes ont été réalisées dans le cadre du Plan Particulier d'Intervention (PPI) du barrage de Yaté par la société Enercal, l'une liée à l'ouvrage (Deveze G., 2003) et l'autre à la zone du lac de retenue (Castanier G., 2003). L'étude sur le barrage concerne le risque sismique, l'étude sur la retenue concerne les risques de glissements de terrain pouvant intervenir sur les berges indépendamment d'un séisme et provoquer un impact sur le barrage.

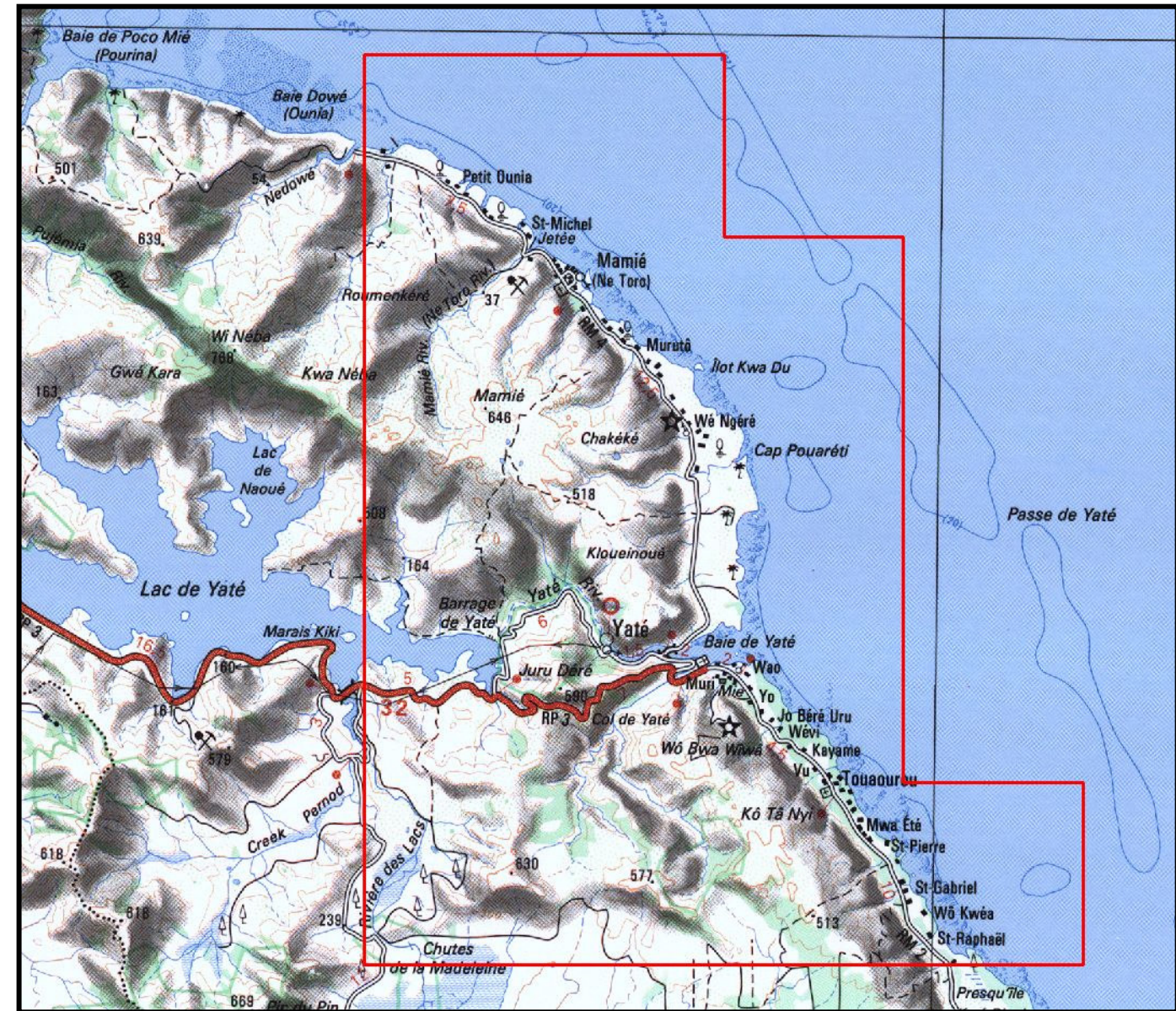


Fig. 2 – Zone d'étude du programme 2003 - 2004

6 Carte géologique et des formations superficielles

La zone d'étude est couverte par la feuille 1 / 50 000 Yaté, levée par J.J. Trescases et J.H. Guillon en 1970, puis éditée en 1977. Cette coupure géologique est donc vieille de trente-trois ans. Cette carte, réalisée à une telle échelle et avec les documents de l'époque (photographies aériennes antérieures à 1976) ne peut 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. Les travaux cartographiques de ces deux auteurs avaient été réalisés en accompagnement de leurs thèses de doctorat qui demeurent des ouvrages de référence, le premier pour l'altération des péridotites (Trescases, 1975), le second pour le substrat ophiolitique (Guillon, 1975).

Pour les besoins de la présente étude, une nouvelle cartographie a été réalisée (annexe 1). Une vue synthétique en est présentée en figure 3. 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 (documents aimablement prêtés par la société Queensland Nickel). L'effort a bien entendu porté sur les formations superficielles et d'altération.

La zone d'étude est située à l'extrémité sud de la Nouvelle-Calédonie, dans la zone d'enneigement des reliefs axiaux de la Grande-Terre vers le lagon sud. Elle est située au Nord des grands bassins latéritiques déprimés (Goro, Plaine-des-Lacs) qui contiennent les grandes réserves en minerai latéritique nickélifère du Sud. Le trait morphologique marquant de cette région est constitué par un chaînon montagneux (Mamié) qui occupe toute la partie NE du littoral. Il culmine à 646 mètres au-dessus d'Ounia (sommet Mamié).

La description des principales entités altéritiques qui suit essaye de fournir quelques éléments de réflexion quant à la distribution et

la compartimentation des grandes masses latéritiques.

6.1 Formations du substrat ophiolitique

6.1.1 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 (dunite, harzburgite ou pyroxénite) 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 dunites sont composées essentiellement de péridot et de spinelle chromifère.

6.1.2 Serpentinites

Au Nord de Wao, une épaisse formation de serpentinite apparaît dans le lit de la Né Buré et sur le bord de la route. Elle est constituée par des noyaux de péridotite finement mylonitisée encaissés dans une matrice serpentineuse découpée par des plans de schistosité/cisaillement. Ce type de roche jalonne très probablement une zone de dislocation importante, en rapport avec les accidents rectilignes qui découpent la côte dans ce secteur. Des dykes de rodingite (roches basiques hydrothermalisées) sont associés à ces serpentinites.

6.1.3 Roches filoniennes

Filons de gabbros

Plusieurs générations de filons ont été reconnues sans pour autant constituer des entités cartographiables. Wehrlite, pyroxénite, et gabbros, parfois associés dans le même filon, en sont les constituants lithologiques principaux. Les roches filoniennes recoupantes les plus tardives sont représentées par des gabbros pegmatoïdes qualifiés souvent localement d'euphotide. Ces roches présentent des mega cristaux de tailles parfois

centimétriques à décimétriques de feldspath blanc et amphibole noire. Ils sont fréquemment déformés, aplatis ou cisailés, voire recristallisés dans le faciès amphibolite. Leur composition est souvent rodingitique (hydrothermalisme avec notamment hydrogrossulaire). Cette génération de filons accompagne la plupart des failles de direction NW-SE et NE-SW.

Accumulation de blocs de silice

Une mention particulière doit être faite pour les matériaux constituant la "butte de silice" située au Nord de la Plaine-des-Lacs. Cette butte circulaire isolée, sans allongement préférentiel est constituée par un amoncellement de fragments de quartz jointifs. Le quartz se présente en gerbes, il n'y a pas d'autres minéraux associés. Ce faciès inhabituel pourrait correspondre à une roche hydrothermale liée à un intrusif non affleurant, similaire à celles que l'on trouve à proximité du même faisceau d'accidents NW-SE, au Nord du lac de Yaté (zone de l'ancien lac de Naoué). Toutefois on ne note pas dans la "butte de silice" de faciès de type "listvénite" correspondant à une péridotite finement silicifiée avec une matrice ultrabasique altérée, mais bien du quartz largement cristallisé. En l'absence de relations visibles avec les autres formations du substrat péridotitique, cette occurrence reste énigmatique.

6.2 Formations d'altérations

6.2.1 Cadre morphogénétique

Nous ne nous étendons pas ici longuement 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 ferromagnésiens 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 (suffosion) 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, bassins endoréiques. 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 un aplanissement généralisé.

Cette évolution conduit au paysage actuel de grands bassins partiellement fermés ou alvéoles séparés par des septa ou cloisons, à fonds plats marécageux, parcourus par un réseau de drainage mal individualisé, dont l'illustration la plus typique est la Plaine-des-Lacs.

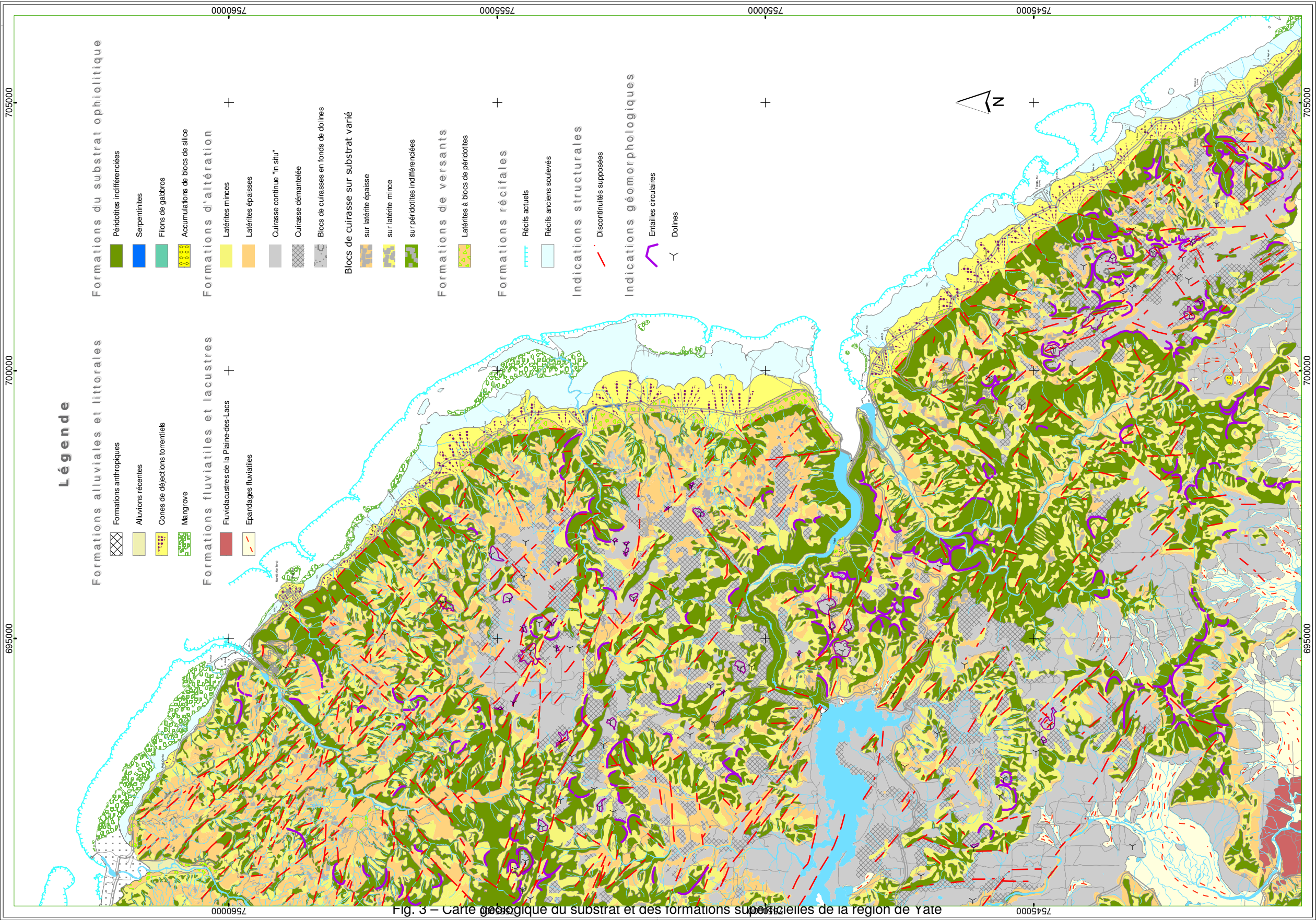


Fig. 3 – Carte géologique du substrat et des formations superficielles de la région de Yaté

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. On peut en reconnaître les formes caractéristiques, en partie préservées, dans les chaînons résiduels bordant les principaux bassins, où elles se retrouvent perchées. Elles y composent toute une hiérarchie de formes emboîtées à différentes échelles et à différents états de déblaiement. Les dimensions les plus fréquentes sont d'ordres hecto à kilométriques, mais des tailles pluri-kilométriques existent également.

La coalescence de plusieurs dépressions aboutit à l'isolement de reliefs résiduels. C'est ainsi que doivent être interprétés la plupart des chaînons entourant les bassins de cette zone du Massif du Sud. Dans ces chaînons, les sommets de formes pyramidales à base triangulaire sont très fréquents. Ils résultent de l'intersection d'au moins trois structures circulaires réparties de manière aléatoire.

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 les discontinuités à toutes échelles affectant la roche mère et lui confère sa perméabilité "en grand". Fentes de

tension, diaclases, fractures, failles et zones broyées constituent autant de lignes de faiblesse qui sont exploitées par les circulations et deviennent par élargissement des drains internes, guidant la progression du phénomène de dissolution. La progression différentielle révèle ainsi la structuration profonde et les discontinuités du substrat.

Certaines structures filoniennes injectées de gabbros peuvent jouer un rôle particulier. La circulation préférentielle entraîne une argilisation de ces derniers qui devient alors imperméable. Ces structures particulières constituent à la fois des cloisons étanches et des drains privilégiés dont le rôle est important au niveau du contrôle des circulations internes.

Ce schéma d'évolution géomorphologique serait relativement simple s'il n'y avait les perturbations introduites par les déformations tectoniques et les instabilités eustatiques dont l'influence peut devenir importante sur une longue période. Les zones où l'altération est fonctionnelle peuvent à la suite de mouvements tectoniques ou d'un abaissement relatif du niveau de base, devenir inactives ou entrer en phase d'érosion et être ainsi partiellement déblayées. Leurs produits de démantèlement peuvent venir participer au remplissage des zones plus basses. Faire la part de ce qui revient à la structuration tectonique héritée et à la tectonique active ou néotectonique est un exercice difficile dans ce milieu. Les mouvements différentiels verticaux de tassement induits par un enfoncement inégal du front d'altération en profondeur sont difficiles à distinguer d'éventuels mouvements néotectoniques. 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.

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 :

6.2.2 Cuirasse continue "in situ"

Les cuirasses "in situ" constituent des étendues ayant une certaine continuité cartographique à

l'intérieur des grands bassins ou 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 bréchique 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 cuirasses 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.

6.2.3 Cuirasse démantelée

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.

6.2.4 Blocs de cuirasse sur substrats variés

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.

6.2.5 Blocs de cuirasse en fonds de dolines

Ces accumulations résultent du piégeage de blocs résiduels dans les zones de soutirage que constituent les dolines. Les blocs reposent sur les murs péridotitiques rocheux de la doline ou sur des manchons latéritiques qui en constituent le fond.

6.2.6 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.

6.2.7 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.

6.3 Formations de versants

Dans les zones de relief important, les versants sont tapissés par un mélange de latérite et de blocs de péridotites. Cette formation se rencontre surtout sur le flanc de l'escarpement littoral et sur les bordures des vallées les plus profondes. Les blocs de péridotites emballés, sont parfois eux même altérés en saprolite. Le matériau est peu cohésif et instable.

6.4 Formations fluviales et lacustres

6.4.1 Fluvio-lacustre de la Plaine-des-Lacs

Dans la partie ouest de la Plaine-des-Lacs, peuvent s'observer jusqu'à une altitude de 260 mètres environ, des dépôts stratifiés de manière frustrée et localement cuirassés en surface.

Vers l'amont, leur surface se raccorde progressivement aux glacis qui descendent des reliefs environnants. Dans les ravines on peut voir des couches de gravillons ferrugineux remaniés et des cailloutis de cuirasses roulés, traversés par des cloisons ou des manchons ferrugineux correspondants à d'anciennes racines. Les zones cuirassées sont composées essentiellement de nodules ferrugineux stratifiés et soudés.

Au NW de la Plaine-des-Lacs, à proximité de son exutoire vers les Chutes de la Madeleine ("ancienne laverie de la Rivière-des-Lacs" selon la carte DI3T), des excavations ont été ouvertes dans la formation (ancien essai minier pour Nickel). Les déblais correspondants montrent les sédiments typiques fluvio-lacustres : horizons à manchons racinaires, lits de nodules et fragments de cuirasse remaniés, racines enchevêtrées en place et épigénisées, cloisons et concrétions ferrugineuses, niveaux de vases organiques, boues latéritiques à empreintes de feuilles.

La formation affleure également au niveau des Chutes de la Madeleine. La cuirasse qui constitue le ressaut des célèbres chutes est constituée par des couches de nodules ferrugineux soudés à concrétions ferrugineuses et manchons racinaires.

Au Nord de la Plaine-des-Lacs, la formation est recouverte par de vastes zones de produits d'épandage formant le glacis du chaînon de Yaté.

Les données de sondages du secteur de la Plaine des Lacs montre que le bed rock peut se trouver à une profondeur maximum de soixante mètres. Toutefois les épaisseurs relatives du fluvio-lacustre et des latérites in situ ne sont que très mal définies, les sondages ayant été pratiqués en destructif.

6.4.2 Epandages fluviaux

Sont regroupées sous ce terme des zones d'épandages récents superficiels et de faibles épaisseurs, qui viennent combler les dépressions au sein des différents bassins. Les sédiments sont constitués en majorité par de la grenaille (nodules ferrugineux), parfois en cours d'induration, alternant avec des boues latéritiques. Les sédiments fins prédominent car la mise en place des sédiments résulte de ruissellements diffus.

6.5 Formations alluviales et littorales

6.5.1 Cônes de déjection torrentiels

Depuis Saint-Gabriel au Sud, jusqu'à Mamié au Nord, le littoral est jalonné par une série de petits cônes de déjection torrentiels coalescents qui se sont formés sur la marge littorale au pied de la falaise côtière.

6.5.2 Alluvions récentes

Les alluvions actuelles ou récentes sont cantonnées aux lits des rivières principales dans leur zones inondables : Mamié, Yaté et fausse Yaté. 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.

6.5.3 Formations fluvio-littorales

Il s'agit de dépôts confinés à l'étroite bande littorale de Goro ou de quelques embouchures de creeks dans la Baie de Prony : mélange d'alluvions fluviales, de cordons de sables coralliens, dont une partie au Nord de la Kué-Binyi est déposée sur d'anciennes formations récifales soulevées.

6.6 Formations récifales anciennes soulevées

On distingue le **récif frangeant actuel** et le **récif ancien soulevé**. Ce dernier se rattache à la bande littorale de récif émergé qui peut se suivre depuis Ounia, en passant par Yaté où son altitude est maximale, jusqu'à Goro.

Le récif soulevé côtier a été étudié par Launay et Récy (1972), Lécolle & Cabioch (1988) et Cabioch (1996). Il s'agit d'un ancien récif frangeant qui peut se suivre sur une trentaine de kilomètres de long. Son altitude maximale est de 10 mètres au niveau de Yaté - Tara. Sa largeur maximale est de 1,5 kilomètres dans le même secteur au niveau de la Né Buré. Il s'élève progressivement au Nord dans la zone d'Unia et disparaît au niveau de la Mamié. Il s'abaisse progressivement vers le Sud en direction de Goro pour disparaître au niveau de la Kué Binyi. Selon Launay et al. (1972) son épaisseur ne dépasse pas une quinzaine de mètres au niveau du rivage et diminue vers l'amont où il est recouvert par les alluvions, épandages et cônes de déjection coalescents en provenance du massif minier. Au niveau de la plage de l'ancienne propriété Hermann, le récif surélevé repose sur des lentilles de micro-conglomérats à gravillons ferrugineux, chromite et calcaire réunis dans un ciment calcaro-ferrugineux, représentant les dépôts de plage antérieurs au dépôt du récif. Cabioch (1999) a montré que ce récif frangeant s'est formé pendant la dernière période interglaciaire soit à environ 125 000 ans.

Le bord externe du récif surélevé est entaillé par une encoche de 1,5 à 2 mètres de hauteur située à une altitude supérieure à celle du battement des marées actuelles. Elle se dédouble parfois. Selon Cabioch (1996), le vertex ou point de retrait maximum de l'encoche est à une altitude moyenne de 3 mètres au-dessus des basses mers de vives eaux. Plusieurs échantillons de coraux récents prélevés à Tara, établis postérieurement au soulèvement du récif, à la base de l'encoche, pendant ou après son creusement, ont donné un âge moyen par la méthode C¹⁴ de 5000 ans BP (Coudray *et al.*, 1972, Fontes *et al.*, 1977). Latéralement l'encoche s'abaisse régulièrement vers le Sud et le Nord où elle se confond avec l'encoche actuelle.

6.7 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 altérétique 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.

6.8 Indications géomorphologiques

Les traits morphologiques circulaires liés au fonctionnement de l'altération sont représentés par des **"entailles circulaires"**. Ces entailles traduisent la progression de la dissolution et de l'altération en zone de substrat isotrope, aboutissant à la formation d'alvéoles. Sur les chaînons résiduels bordant les principaux bassins, ces formes caractéristiques sont souvent déblayées et le cirque rocheux périphérique préservé en partie. Bien qu'il y ait toute une hiérarchie d'alvéoles emboîtées à différentes échelles, les diamètres de ces structures s'échelonnent entre 100 et 1000 mètres avec une fréquence maximale entre 200 et 500 mètres.

7 Modèle numérique de terrain – Images satellitales

7.1 Modèle numérique 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 en tout point de la zone d'étude) 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 à l'échelle du 1 / 10 000. Une représentation en est proposée en figure 4.

7.2 Données satellitales

Des données traitées, dérivées des images SPOT, ont été fournies par le Service des Méthodes Administratives et de l'Informatique. Avec une résolution de 20 m, ces images permettent de dégager les grands ensembles lithologiques et d'occupation du sol (figures 5).

7.3 Autres sources de données

Afin de prolonger les structures géologiques sous le lac de retenue de Yaté nous avons tenu

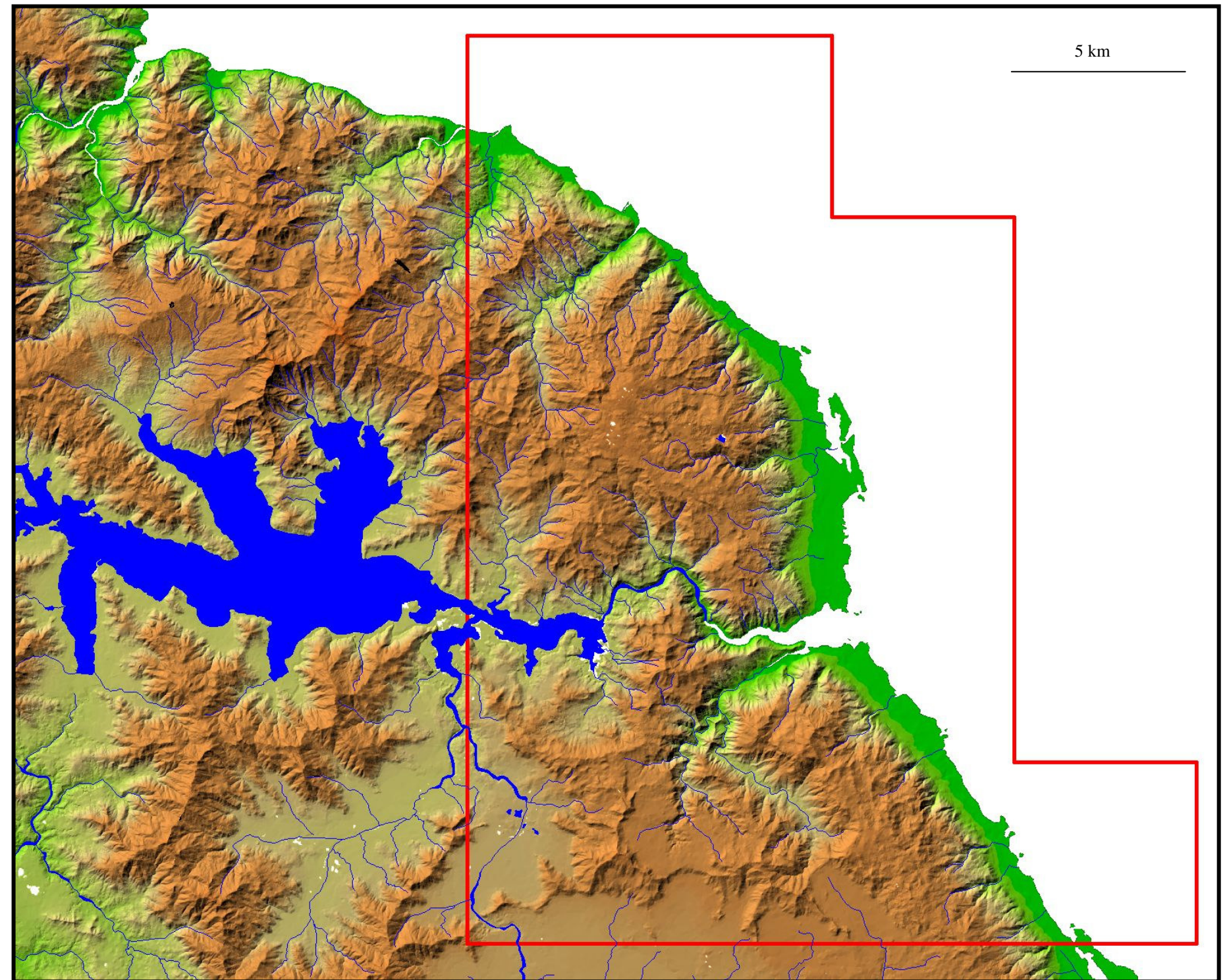


Fig. 4 – Modèle Numérique de Terrain à la maille de 10 mètres (MNT réalisé grâce aux données numériques des cartes topographiques DI3T à l'échelle du 1 / 10

compte des données topographiques et altimétriques existants sur les anciennes cartes IGN du secteur (figure 6).

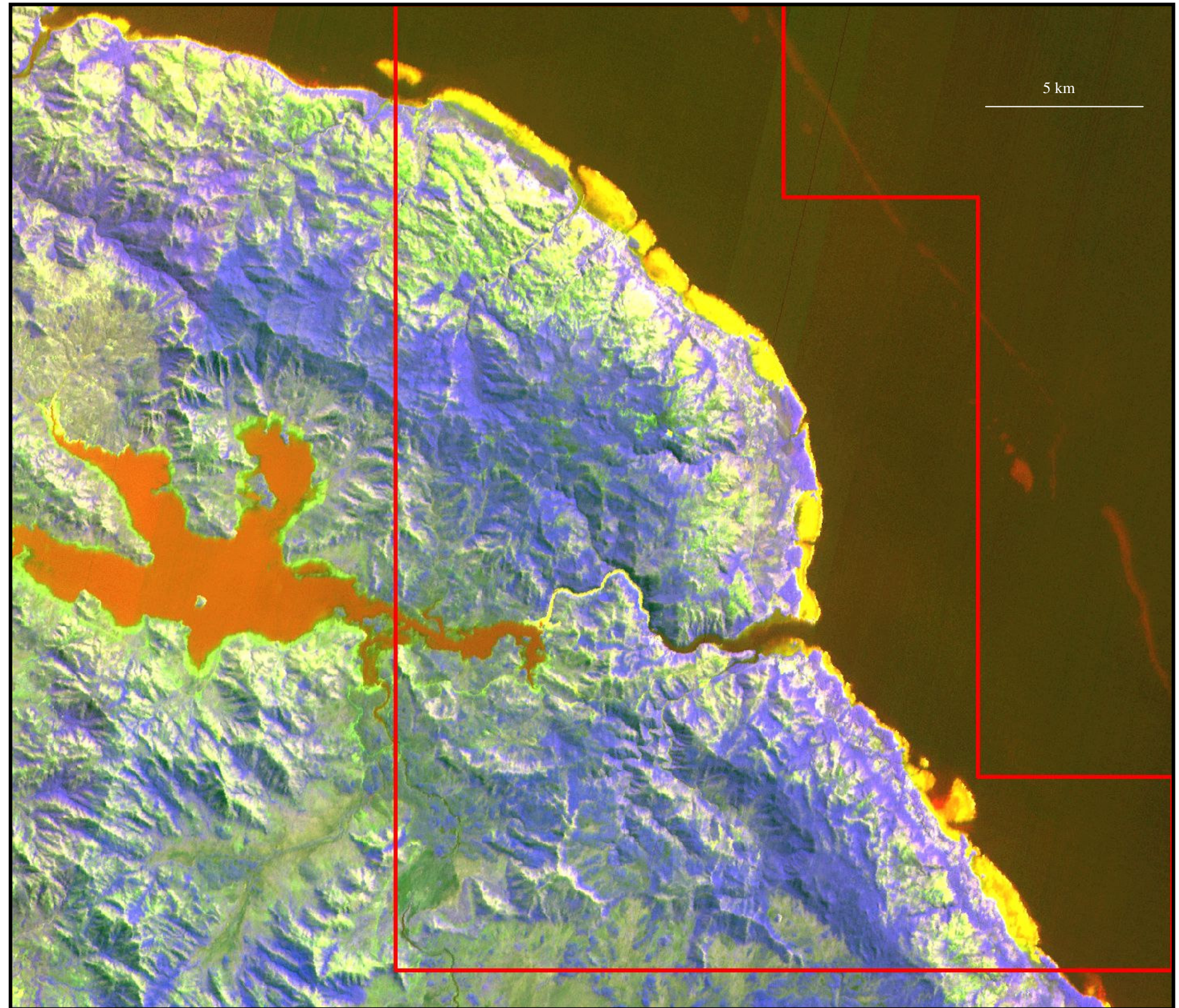


Fig. 5 – Image Spot fausse couleur de la zone d'étude (Source SMAI, K 415, J 394, du 10/08/90)



Fig. 6 – Le secteur du lac de Yaté avant sa mise en eaux

8 Carte informative des phénomènes recensés, typologie des phénomènes

Les coulées de débris et les débordements torrentiels sont les aléas naturels "mouvements de terrain" recensés le plus fréquemment voire exclusivement dans la zone d'étude. Ils se localisent principalement sur le fronton littoral et font l'objet d'un chapitre spécifique ("Zone sensible littorale").

Les aléas potentiels mais non observés sont :

- Les chutes de blocs et écroulements rocheux,
- Les effondrements liés aux cavités souterraines.

Les désordres périphériques aux anciens travaux miniers sont passés en revue.

L'aléa sismique et l'aléa inondation ne sont pas traités par cette étude.

D'une manière générale, la variété et le nombre des phénomènes sont faibles. 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.

8.1 Les coulées de débris

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 sur le Territoire, 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.

8.2 Débordements et charriages 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 décrivons néanmoins les principaux désordres éventuellement encourus.

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 proche de leur zone d'influence.

8.3 Les chutes de blocs et écroulements

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 écroulements 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 dans les massifs de péridotites. L'état général de fracturation des roches 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.

Au Sud de la zone d'étude, des chutes de blocs ont été enregistrées le long de l'escarpement littoral dans la région de Goro (Maurizot & Lafoy, 2002)

La susceptibilité d'apparition de l'aléa chute de bloc et écroulement 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.

8.4 Les effondrements liés aux cavités 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 qui se développe au SE du sommet Mamié. Ce secteur est constellé de dolines et dépressions que nous avons recensé par l'observation des photographies aériennes et l'intégration des informations topographiques à l'échelle du 1 / 10 000 de la DI3T.

Cette zone étant dépourvue d'aménagements, le risque est nul.

8.5 Désordres périphériques aux anciens travaux miniers

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 (Marcangeli, 2003). 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.

Deux anciennes exploitations pour Nickel sont connues situées au-dessus de Mamié-Ounia (PRA Omwa à Somirex, ancienne exploitation Sans Nom) et de Saint-Gabriel (ancien titre

Crest 2, mine orpheline réhabilitée par la Province Sud). Leur cartographie a été faite à partir des photographies aériennes IGN de 1976 (IGN PAC 76) et de photographies en couleur de 1995 (QNI).

Dans chacune de ces zones d'extractions ont été distingués :

Les zones liées à l'activité extractive :

- zones décapées par l'activité minière,
- plateformes de stockage,

Les décharges de diverses natures :

- matériaux latéritiques,
- matériaux rocheux péridotitiques,
- déblais indifférenciés,

Les ouvrages de protection :

- décanteurs
- barrages filtrants anti-pollution.

Les désordres éventuels :

- ravines actives.

Il est important de signaler que la mine située au-dessus de Saint-Gabriel a été réhabilitée par la Province sud postérieurement aux photographies utilisées pour cette cartographie.

Une ancienne mine pour chrome (Anna-Madeleine) est également connue dans l'angle SW de la zone d'étude, au-dessus des chutes de la Madeleine. Le mode d'extraction souterrain de la chromite a induit un impact limité sur l'environnement.

9 Zone sensible littorale

Deux des traits morphologiques et géologiques marquant de la zone d'étude sont :

- l'attitude rectiligne de la plus grande partie des reliefs côtiers,
- la présence d'un plateau littoral correspondant à un ancien récif soulevé à une altitude d'environ 10 mètres.

Ces deux phénomènes semblent liés et d'une manière générale toute cette zone littorale du massif du Sud semble affectée par des mouvements tectoniques relativement récents qui contrôlent le dessin des reliefs côtiers. Ces phénomènes pouvant avoir une influence directe sur les mouvements de terrain, il est important d'évaluer leur importance.

9.1 La morphologie rectiligne des reliefs côtiers

La simple observation de la carte topographique de la zone d'étude montre que la limite entre la plaine côtière et les premiers reliefs vers l'intérieur présente souvent un aspect rectiligne. Ce phénomène est particulièrement bien exprimé entre Mamié (Ounia) et Wé Ngéré ou entre Wao et Saint-Gabriel. Il se développe plus au Sud sur le littoral de Goro (Maurizot *et al.*, 2002), et tout au long du canal de la Havannah. Cette découpe linéaire résulte de l'influence de plusieurs plans de failles qui recoupent la surface sous un angle assez fort (environ 45°) en sorte que le tracé de la faille n'est que faiblement dévié par la topographie. Les structures linéaires les plus continues sont en majorité de direction NW-SE et déterminent le dessin général du trait de cote. Elles deviennent NS dans la région de Goro puis NE-SW plus au Sud, en bordure du canal de la Havannah. Dans le détail les segments rectilignes sont séparés par des zones de transfert à la géométrie plus complexe.

La présence de ces accidents se traduit dans le paysage par des éléments morphologiques caractéristiques dénommés "facettes" qui sont des formes planes triangulaires ou trapézoïdales représentant les restes du miroir de faille découpés par les rivières descendants depuis les zones de relief. Ces facettes sont

réglées et alignées. Elles résultent de la dégradation de l'escarpement de faille qui s'opère par incision linéaire au niveau des vallées qui les recoupent. Sur les facettes elles-mêmes les processus gravitaires tendent à adoucir la pente. Les facettes s'alignent pour former un front. Les rivières qui descendent des reliefs présentent des bassins versants amont assez large s'étranglant vers l'aval au niveau du passage de ce front en une gorge étroite affectée par des cascades qui permettent le raccord à la plaine. Les plus grandes vallées descendant du massif telles que la Mamié ou la Né Buré ont entaillés le miroir jusqu'à sa base. En revanche les tributaires mineurs se présentent souvent sous la forme de vallées suspendues leur partie aval se raccordant par une cascade à la plaine côtière.

Ce type de rupture morphologique linéaire sépare d'ordinaire un domaine d'érosion en voie de soulèvement côté montagne, d'un domaine d'alluvionnement horizontal côté plaine. Il reflète un jeu en faille normale et correspondent à une extension.

9.2 Le récif côtier soulevé

Nous avons décrit plus avant, dans le chapitre consacré à la carte géologique, l'ancien récif frangeant (125 000 ans) s'étendant entre Unia et Goro sur une trentaine de kilomètres de long, aujourd'hui soulevé à une altitude maximale de 10 mètres au niveau de Yaté - Tara. Il s'élève progressivement au Nord dans la zone d'Ounia et disparaît au niveau de la Mamié. Il s'abaisse progressivement vers le Sud en direction de Goro pour disparaître au niveau de la Kué Binyi.

Le bord externe du récif surélevé est entaillé par une encoche de 1,5 à 2 mètres de hauteur située à une altitude supérieure à celle du battement des marées actuelles. Selon Cabioch (1996), l'encoche est à une altitude moyenne de 3 mètres au-dessus des basses mers de vives eaux. Elle correspondrait à un haut niveau marin daté de 5000 ans BP. Latéralement l'encoche s'abaisse régulièrement vers le Sud et le Nord où elle se confond avec l'encoche actuelle.

9.3 Interprétation

Les faits précédents montrent que des mouvements tectoniques différentiels non négligeables se sont produits dans le domaine étudié et que ces mouvements ont perduré dans des périodes récentes. A grande échelle ces déformations s'intègrent dans l'ensemble de celles qui affectent le massif compris entre les zones de dépressions du lac de Yaté - Plaine des Lacs et la côte est. Ce massif pour lequel nous proposons le terme de "horst de Yaté" a subi un soulèvement. Un faisceau de failles de direction NW-SE contrôle les alignements morphologiques principaux. Il traverse en particulier la partie aval du lac de Yaté entre la Madeleine et le barrage. Des directions de deuxième ordre NE-SW et NS participent au découpage. Plusieurs repères morphologiques sont ainsi décalés.

Le bassin du lac de Yaté lui-même a été verrouillé à l'aval par le passage d'un important faisceau de faille NW-SE limitant le horst de Yaté au SW. La Yaté rejoint la mer par une gorge de raccordement qui s'enfoncé à travers ce seuil. L'âge des surfaces d'altération de ce secteur est inconnu ce qui ne permet pas d'apprécier les vitesses de déformations.

Le décalage des repères plus récents tels que la plateforme récifale à – 125 000 ans et son encoche à – 5 000 ans peuvent donner des indications plus pertinentes. L'ancienne plateforme récifale à - 125 000 ans a été retrouvée en sondage au Nord de Mamié-Ounia à -7 mètres sous le récif actuel (Cabioch *et al.*, 1985) alors qu'elle a été soulevé à 10 mètres au niveau de l'embouchure de la Yaté. L'encoche, elle, a été soulevée à 3 mètres. Enfin, au large de Yaté, la barrière récifale actuelle se trouve à une profondeur anormale, submergée à 15 ou 20 mètres de profondeur et est découpé en plusieurs panneaux laissant supposer des mouvements d'enfoncement et de bascule (Cabioch *et al.*, 1996) postérieurs à la période holocène.

Les variations du niveau marin (mouvements eustatiques) interfèrent avec les déformations

d'origines tectoniques et compliquent le calcul des taux de déformation. On note cependant la pérennité du phénomène responsable du soulèvement du massif et à l'opposé une subsidence vers le large pour la période actuelle. En se basant sur un exhaussement continu de 10 mètres depuis 125 000 ans, les vitesses de déformation calculées pour le récif soulevé sont de l'ordre de 0,08 mm/an. Il s'agit là de vitesses faibles, caractéristiques des milieux de déformations intraplaques. On ne note pas par ailleurs d'activité tectonique actuelle ou récente. Il n'y a pas de rupture relevée au niveau de la plateforme récifale soulevées ou de discontinuités dans les sédiments alluviaux ou de piémont au droit des facettes. En particulier, les discontinuités du substrat péridotitique ne se prolongent pas dans le récif soulevé.

En conclusion si des mouvements de terrains sont déclenchés dans cette zone ils résultent plus des effets indirects (reliefs) de la tendance au soulèvement du "horst de Yaté" que de l'activité tectonique elle même.

9.4 Description des désordres

Les principaux désordres recensés dans cette zone sont compris entre Yaté et Mamié et plus précisément dans la partie nord proche de Mamié. Les relevés ont été faits après le passage du cyclone Erica (14 mars 2003) qui a déclenché nombre des phénomènes observés. L'ensemble des phénomènes recensés est présenté sur la carte à l'échelle du 1 / 30 000 en annexe 2. On relève principalement des coulées de débris et des débordements et charriages torrentiels. Quelques zones de tassements mineurs, source d'instabilité potentielle ont également été relevées.

La coulée de débris la plus importante se situe au niveau de Muruto¹ à 2,5 km au Sud de Mamié, sur une facette inclinée à 45° environ (F sur la carte en annexe 2). La zone d'arrachement affecte une forme triangulaire, pointe tournée vers le haut à environ 120

¹ Carte IGN n° 4835 Yaté, série orange 1 / 50 000

mètres d'altitude. Elle mesure 100 mètres de large à sa base. La zone décollée correspond à une plaque peu épaisse (quelques mètres) de couverture végétale, latérite et blocs de péridotite. La coulée a traversé le creek Kouatéa (3 km de long et 381 ha de surface de bassin versant) pour s'étaler en contrebas dans les arbres. Elle s'est arrêtée avant la route proche. Le creek n'a pas été dévié mais a canalisé un bon nombre de blocs. La longueur totale de la coulée est de 250 mètres.

Le phénomène observé est tout à fait représentatif de l'aléa "coulée de débris" dans ce contexte local. Survenu en période de cyclone, dans une zone de reliefs communs et de constitution géologique courante pour cette zone littorale, il donne la mesure de ce que peut être un tel phénomène et des dégâts qu'il pourrait entraîner. La probabilité d'occurrence de tels phénomènes est forte lors des épisodes pluviométriques aigus dans toutes ces zones frontales.

La majorité des autres coulées visibles correspondent à de petits arrachements avec des déplacements restreints de matériaux vers l'aval, généralement stoppés par la végétation.

Un deuxième type de désordre est représenté dans le même secteur par des débordements et charriages torrentiels. Quatre torrents au moins sont entrés en crue à la suite du même événement cyclonique. Leur partie aval au débouché du massif montagneux présente actuellement un engravement important et on a nécessité des travaux de curage. Dans le cas du village de Mamié, un pont a été emporté.

9.5 Conclusions recommandations

Les phénomènes de coulées de débris dans la région d'Ounia sont peu nombreux et d'impact plus limité que ceux qui ont été étudiés dans le secteur littoral de Goro plus au Sud (Maurizot & Lafoy, 2002). La raison en est que la pente de ce secteur littoral est en moyenne plus faible que dans le secteur de Goro. Une seule coulée d'ampleur hectométrique a été recensée. Cependant, si un tel phénomène se produisait au niveau d'une zone habitée il entraînerait des dégâts importants.

Le phénomène s'est produit à la faveur des facteurs suivants :

- Facteur géologique : "facette" pentée à 45 ° tapissée de latérite et de péridotites altérées.
- Facteur déclanchant : précipitations cycloniques.

Le facteur géologique est permanent. Tous les reliefs qui dominent le littoral présentent une morphologie en "facettes". La cartographie de la pente en figure 7, montre que ce talus a une pente généralement supérieure à 40° sur la quasi-totalité du trait de côte. Ce mode de purge du talus est naturel. Il est donc susceptible de se reproduire avec une plus ou moins grande intensité à l'occasion de nouvelles pluies exceptionnelles.

Il n'y a pas de solutions de confortement concevable pour de tels phénomènes en regard des enjeux exposés. La prévention seule est envisageable. Des recommandations simples peuvent être faites. La politique d'aménagement de tout ce secteur doit obéir à une logique d'extension parallèle au littoral et non à une progression vers l'intérieur et les reliefs.

Les risques de débordements torrentiels ne sont pas traités dans le cadre de cette étude, toutefois il paraît évident d'observer une certaine distance de sécurité par rapport aux cours d'eau principaux.

Enfin, sur le long terme, il est toujours nécessaire de rappeler que les feux de brousse sont un facteur aggravant de tous ces phénomènes et qu'il convient donc de les interdire.

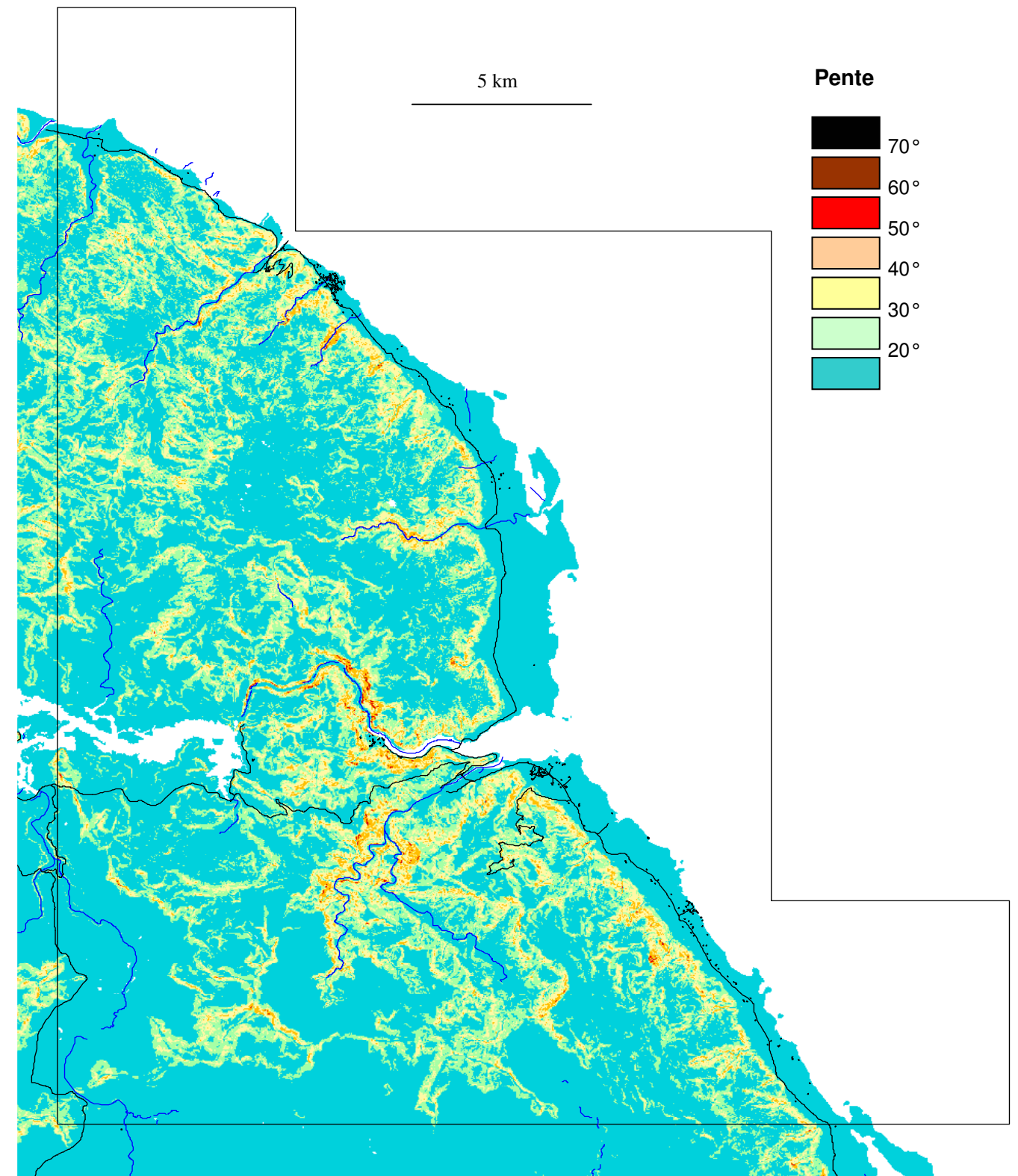


Fig. 7 – Eléments d'appréciation de l'aléa "coulée de débris" sur la zone littorale de Yaté

10 Zone sensible du barrage de Yaté

S'agissant de risque, le barrage de Yaté est un enjeu majeur dans la zone d'étude. Nous avons donc examinés les documents disponibles sur ce sujet. Cette compilation est présentée ici à titre d'exhaustivité et d'information. Elle ne se substitue pas à une étude de synthèse ou à une étude géologique détaillée de ce secteur qui va au-delà des objectifs fixé au présent programme.

Dans le cadre du Plan Particulier d'Intervention (PPI) du barrage de Yaté, la société Enercal a fait procéder en 2003 à deux études de risque, l'une sur la sismicité, liée à l'ouvrage lui même et l'autre sur la stabilité des berges dans la zone du lac de retenue. Les PPI sont des plans d'urgence destinés à la préparation et à l'organisation des secours en cas de catastrophe. L'étude sur le barrage concerne le risque sismique, l'étude sur la retenue concerne les glissements de terrain pouvant intervenir sur les berges indépendamment d'un séisme et provoquer un impact sur le barrage directement ou indirectement par vague ou obstruction.

La détermination du niveau sismique du site du barrage de Yaté a été effectuée par EDF (Deveze, 2003). Le principe utilisé repose sur la détermination d'un séisme de référence. Les caractéristiques de ce séisme de référence sont calculées par des lois d'atténuation ou issues des catalogues de sismicité. Cette étude qui synthétise toutes les données structurales et sismiques disponibles, notamment celles de l'IRD, conclut que l'activité sismique de fond connue est typique d'une sismicité régionale intraplaque et que "la partie méridionale de la Nouvelle-Calédonie peut être considérée comme une zone peu sismique", avec en particulier une "très faible densité d'évènements dans la zone ... englobant le site de Yaté". Le séisme de référence retenu pour le site est d'une magnitude de $M_s = 5,4$, pour une profondeur focale de 2 km, déclanché le long de la faille de la Havannah, à une distance de 20 km du site, pouvant générer des intensités sur site de l'ordre de VI à VII MSK.

L'étude de la stabilité des versants de la retenue (Castanier, 2003) mentionne que la

profondeur maximum du lac ne dépassant pas la plupart du temps 10 mètres, cette tranche d'eau n'est pas suffisamment importante pour générer de grandes vagues. L'étude n'a pas relevé de zones potentiellement instables et n'a pas "détecté le moindre glissement de terrain sur les versants entourant la retenue". Seuls quelques ravinements ont été observés. Le déclenchement de loupes de glissement de type rotationnels à évolution lente, donc inoffensifs pour la retenue et le barrage, est cependant envisagé en cas de précipitations exceptionnelles.

Le cas des laves torrentielles n'est donc pas retenu par les auteurs du rapport alors que ce phénomène représente l'aléa de plus grande gravité en Nouvelle-Calédonie et que sa probabilité de survenue n'est pas nulle. De telles laves torrentielles se sont déclanchées en amont du lac, dans le parc provincial de Ouénarou (figure 8), lors du passage du cyclone Anne (1988), sans conséquence au niveau de la retenue il est vrai (Rapport interne BRGM pour la DRN Province Sud).

Afin de compléter cet aspect nous présentons la carte des pentes du pourtour du lac de Yaté en figure 8. Il ressort de ce document que les zones de reliefs les plus importantes, telles que celles qui ont généré les laves torrentielles de 1988 sont en général séparées du lac par un glacis important, le raccord à l'étendue d'eau se faisant très progressivement dans une zone de très faible pente et de faible profondeur d'eau. Nous complétons et confirmons donc ainsi les conclusions de l'étude EDF.

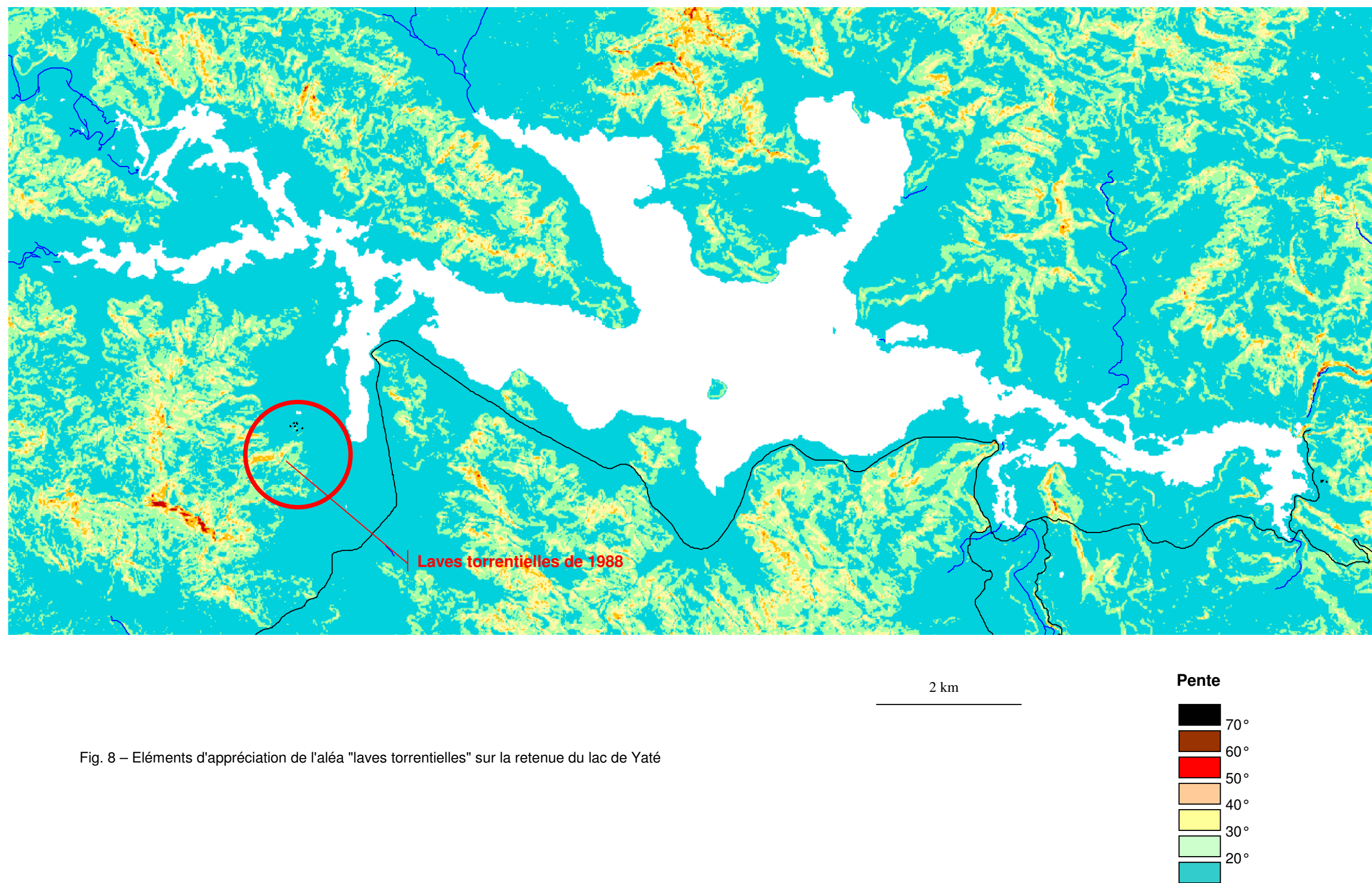


Fig. 8 – Eléments d'appréciation de l'aléa "laves torrentielles" sur la retenue du lac de Yaté

11 Conclusions, recommandations

Cette opération de "Cartographie des aléas naturels" 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 recensés dans la zone d'étude restent faibles. Les surfaces concernées par d'anciennes exploitations minières représentent une très faible superficie. La zone présentant **le potentiel d'instabilité le plus grand**, ayant été le siège de désordres récemment, est celle de **l'escarpement littoral au Nord-Est**. Le déclenchement de plusieurs phénomènes répondant au type "coulées de débris", à partir de ces reliefs littoraux résulte de la conjonction de plusieurs facteurs, géologiques, morphologiques et pluviométriques. Ce dernier facteur est déclanchant. De nouvelles coulées sont probables dans ce secteur à l'occasion de fortes précipitations. Les aménagements futurs doivent donc prendre en compte ces phénomènes. Des précautions simples (distance par rapport aux zones pentues) doivent permettre de s'en prémunir.

12 Références bibliographiques

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.

Besson L., Durville J.L., Garry G., Grasz 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.

Cabioch G. (1988) - Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique. - Thèse Doct. Univ. Provence, Publ. Univ. Aix-Marseille I, 291p.

Cabioch G. (2001) - Croissance récifale postglaciaire dans le Pacifique occidental et central - exemples de la Nouvelle-Calédonie, du Vanuatu et de la Polynésie Française". Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (Aix-Marseille I) : 125 p.

Cabioch G., Montaggioni L. & Faure G. (1995) - Holocene initiation and development of New Caledonian fringing reefs, SW Pacific. - Coral Reefs, 14, 131-140.

Cabioch G., Montaggioni L.F., Faure G., Ribaud-Laurenti A., Reef coralline assemblages as records of paleobathymetry and sea level changes in the Indo-Pacific province, *Quaternary Science Reviews (in press)*.

Cabioch, G., Recy, J., Jouannic, C., Turpin, L., 1996, Contrôle climatique et tectonique de l'édification récifale en Nouvelle-Calédonie au cours du Quaternaire terminal; Bulletin de la Société Géologique de France, 167 (6), p. 729-742, 1996.

Cabioch, G., Corrége, T., Turpin, L., Castellaro, C., Récy, J., 1999. Development patterns of fringing and barrier reefs in New Caledonia

(south-west Pacific). *Oceanologica Acta* 22, 567-578.

Cabioch, G., Montaggioni, L.F., Faure, G., 1995. Holocene initiation and development of New Caledonian fringing reefs, South-West Pacific. *Coral Reefs* 14, 131-140.

Cabioch, G., Récy, J., Jouannic, C., Turpin, L., 1996. Contrôle environnemental et néotectonique de l'édification récifale en Nouvelle-Calédonie au cours du Quaternaire terminal. *Bull. Soc. géol. France* 167, 729-742.

Castanier G., 2003, Retenue du barrage de Yaté (Nouvelle-Calédonie) – Etude de stabilité des versants de type PPI. Rapport EDF n° EFT GG/02 – 156 A

Deveze G., 2003, Barrage de Yaté, Détermination du niveau sismique, rapport EDF - TEGG, rapport EDF n° EFT GG/03-0202A.

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., Grasz 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.

Launay J., Recy J., 1972, Variations relatives du niveau de la mer et néo-tectonique en Nouvelle-Calédonie au Pléistocène supérieur et à l'Holocène. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*. 14; 1, Pages 47-65. Masson. Paris.

Lecolle J.F. & Cabioch G. (1988) - La limite Holocène-Pléistocène dans le récif frangeant Ricaudy (Nouvelle-Calédonie). *Géochronologie*,

faciès et diagénèse. Implications eustatiques et néotectoniques. - *Mar. Geol.*, 81, 241-260.

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

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

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 N° 40 403.

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

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

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

Maurizot P., Lafoy Y., 2000, Cartographie des aléas naturels (Mouvements de terrain, érosion) dans le Territoire de Nouvelle-Calédonie, Zone de Touho-Poindimié, Rapport BRGM N° 50 846.

Maurizot P., Lafoy Y., 2000, Cartographie des aléas naturels (Mouvements de terrain, érosion) dans le Territoire de Nouvelle-Calédonie, Zone de Thio, Rapport BRGM N° 50 845.

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 N° 51 623.

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

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 N° 52 496.

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 pré- vention 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.

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

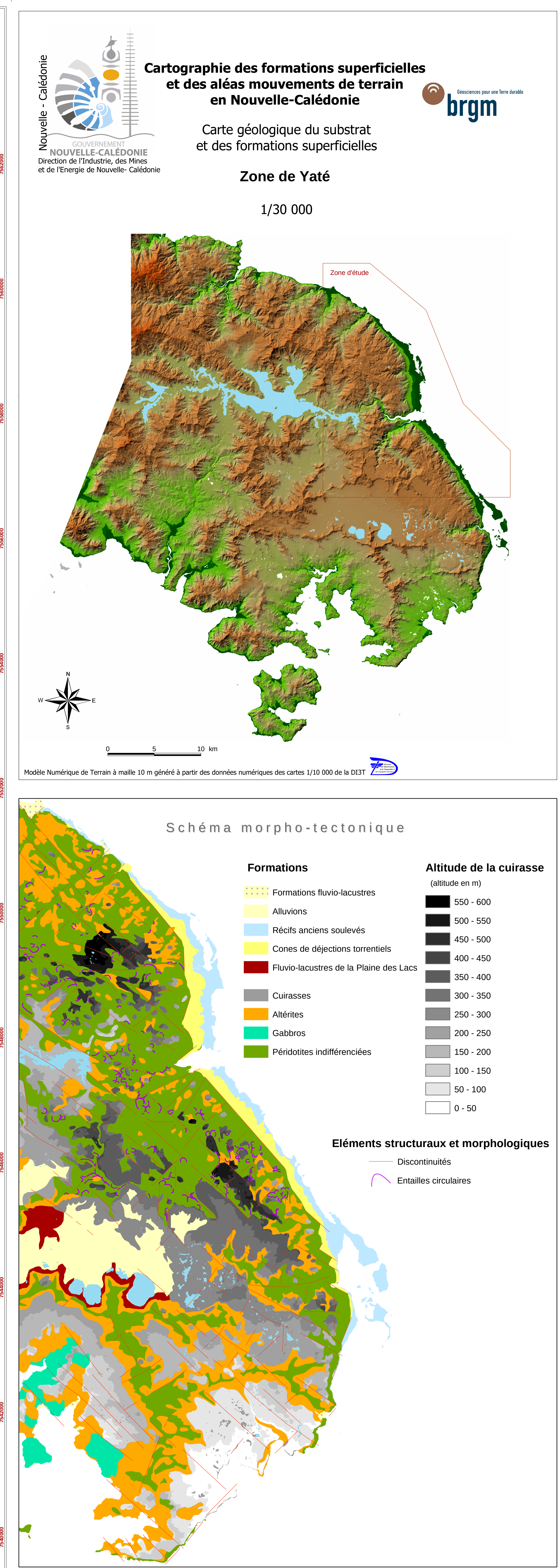
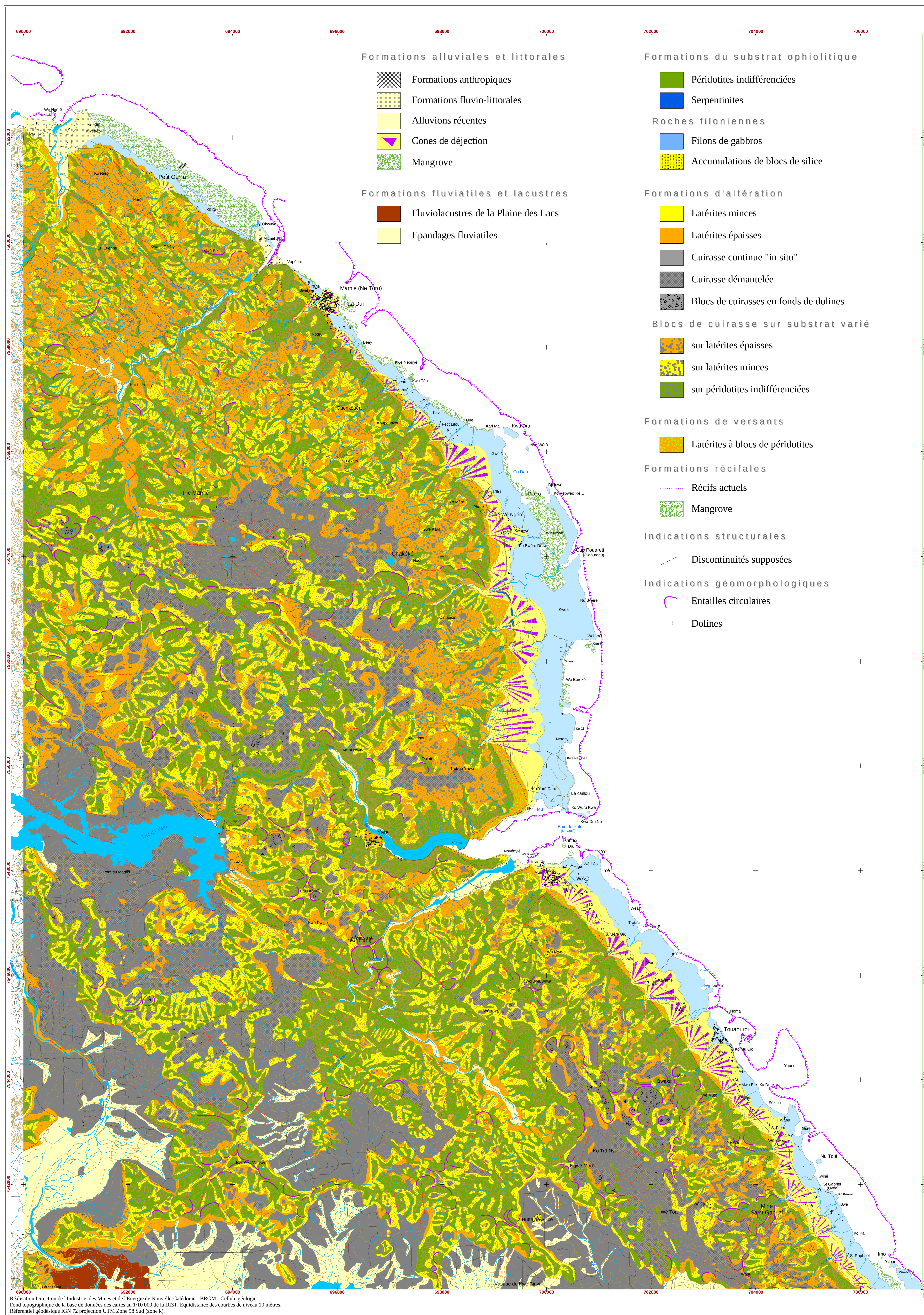
Prinzhofer A., 1981, Structure et pétrologie d'un cortège ophiolitique : le massif du Sud de Nouvelle-Calédonie. Thèse Ing. Doct. ENSM. Paris.

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.

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



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



Modèle Numérique de Terrain à maille 10 m généré à partir des données numériques des cartes 1/10 000 de la D13T

Légende

Mouvements de terrain

- Tassement de versant
- Coulée de débris
- Rivière engravée
- Niches d'arrachement
- Ravines

Éléments de topographie

- Récifs actuels
- Mangrove

Zones dégradées par l'activités minières

Zones liées à l'activité extractive

- Anciens sites d'exploitation
- Zones liées à l'activité extractive
- Plate-formes de stockage

Décharges

- Décharges de matériaux latéritiques
- Décharges de matériaux péridotitiques
- Déblais indifférenciés

Ouvrages de protection

- Décanteurs

Désordres

- Ravines actives