



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE

VAKINANKARATRA

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

DE LICENCE EN SCIENCES ET TECHNIQUES MINIERES

Intitulé

**AMELIORATION DE L'EXPLOITATION DE LA TOURMALINE
PAR LES PETITS EXPLOITANTS DANS LA VALLEE DE LA SAHATANY**

Présenté par :

RATOMPOHARIMISA Miantshasina



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE

VAKINANKARATRA

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE LICENCE EN SCIENCES ET TECHNIQUES MINIERES

Intitulé

**AMELIORATION DE L'EXPLOITATION DE LA TOURMALINE
PAR LES PETITS EXPLOITANTS DANS LA VALLEE DE LA SAHATANY**

Présenté et soutenu publiquement le mercredi 04 Novembre 2020 par :

RATOMPOHARIMISA Miantsahasina

Membres de jury :

Président : Monsieur RAKOTONINDRAINY, Enseignant

Rapporteur : Monsieur ZARAMPIRENENA Ratolojanahary, Enseignant

Examineur : Monsieur RAKOTOMALALA Julien, Enseignant

Madame RASAMIMANANA Valisoa, Enseignante

Année universitaire : 2019-2020

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à rendre gloire au bon Dieu pour sa bonté, sa bénédiction et son pardon envers moi ; de m'avoir donné la force, la persévérance pendant mes années d'études et durant la réalisation de ce présent mémoire.

Ce mémoire est certes l'aboutissement de travail personnel, mais c'est surtout le résultat d'une étroite collaboration humaine.

Au terme de ce travail, mes premiers remerciements sont adressés à Monsieur Eddie Franck RAJAONARISON, Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra qui a bien voulu m'autoriser à faire cette soutenance (IES-AV)

Ma gratitude est grande également envers Monsieur Zarampirenena RATOLOJANAHARY, Enseignant chercheur responsable de la Mention Génie Minier et qui est à mon grand honneur d'être mon encadreur pendant la réalisation de ce mémoire.

Je remercie particulièrement les membres du jury qui, en acceptant d'y participer, ont fait preuve d'intérêt à l'égard de mon travail. Je souhaite exprimer ma gratitude envers :

- Monsieur RAKOTONINDRAINY, Enseignant à l'IES-AV
- Monsieur RAKOTOMALALA Julien, Enseignant à l'IES-AV
- Madame RASAMIMANANA Valisoa, Enseignante à l'IES-AV

Je tiens aussi à remercier tous les Enseignants de l'Institut et particulièrement les Enseignants dans la mention Génie Minier Parcours STM (Sciences et Techniques Minières) ainsi que tous les personnels de l'Institut IES-AV.

Je remercie aussi Monsieur Haja Jean Victor RANDRIAMANOROSOA, Maire de la commune Alatsinainy-Ibity qui a répondu aux enquêtes et collectes des données concernant la commune.

Enfin, je remercie ma famille, mes amis et mes camarades de classe qui m'ont toujours soutenu tant moralement que matériellement et qui ont été à mes côtés pendant la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

LISTES DES ABREVIATIONS

LISTES DES FIGURES

LISTES DES TABLEAUX

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : CONTEXTE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDES ET RAPPELS

BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre 1 : Présentation de la vallée de la Sahatany

Chapitre 2 : Généralités sur les pegmatites

Chapitre 3 : Généralités sur les gemmes

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE

Chapitre 4 : Caractérisation de la tourmaline de la vallée de la Sahatany

Chapitre 5 : Modes et techniques d'exploitation actuelle de la tourmaline par les exploitants

Chapitre 6 : Le cadre juridique minier malgache

TROISIEME PARTIE : PROBLEMATIQUES ET RECOMMANDATION POUR AMELIORER L'EXPLOITATION DU GISEMENT DE LA TOURMALINE DE LA VALLEE DE LA SAHATANY

Chapitre 7 : Problématiques

Chapitre 8 : Améliorations de la technique d'exploitation du gisement de tourmaline

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

LISTES DES PHOTOS

Photo 1: photo satellite de la zone d'étude	5
Photo 2 : Association de cristaux de verdélite dans du quartz.....	21
Photo 3 : Tourmaline polychrome de Tsarafara.....	22
Photo 4: photo d'un puits mine de Tsarafara.....	29
Photo 5 : Exploitation artisanale dans les puits avec une condition de travail dangereuse	35
Photo 6 : Puits et palan utilisé dans la technique d'exploitation traditionnelle	36
Photo 7 : Zone d'exploitation de Tsarafara témoigne la forme allongée des dépôts gemmifères	39

LISTES DES FIGURES

Figure 1: coupe transversale d'un puits de mine dans la vallée de la Sahatany	29
Figure 2: Équipements de protection individuelle (EPI)	41
Figure 3: exemples des panneaux de signalisation	42
Figure 4: Coupe transversale d'une galerie employant la technique de boisage.....	45

LISTES DES CARTES

Carte 1: localisation de la region Vakinankaratra	3
Carte 2 : localisation du District d'Antsirabe II.....	4
Carte 3 : localisation de la commune d'Alatsinainy-Ibity	5
Carte 4 : carte géologique régionale	7

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : les systèmes cristallins.....	16
Tableau 2 : Description des inclusions dans les des tourmalines de la Vallée de la Sahatany...	23
Tableau 3 : Prix de la pièce de la tourmaline de top qualité.....	26
Tableau 5 : Prix de la pièce de la tourmaline de qualité cabochon.....	27
Tableau 6 : Autorisations et permis minier à Madagascar.....	51

LISTE DES ABREVIATIONS

Ar	: Ariary
AERP	: Autorisation Exclusive de Réserve de périmètre
BCMM	: Bureau du Cadastre Minier de Madagascar
DP	: Déclaration de Prospection
EPI	: Equipements de protection individuelle
EPC	: Equipement de protection collective
N	: Nord
PE	: Permis d'exploitation
PEE	: Plan d'Engagement Environnemental
PEE-PRE	: le plan d'engagement environnemental pour les opérations en vertu d'un permis PRE prévue par les dispositions du code minier ;
PR	: Permis de Recherche
PRE	: Permis de recherche et d'exploitation minière réservé au petit exploitant
RN	: Route Nationale
SQC	: Schisto-Quartzo-Calcaire
S	: Sud

LISTE DES UNITES DE MESURE

cm	: centimètre
°C	: Degré Celsius
g	: gramme
km	: kilomètre
m	: mètre

LISTE DES SYMBOLE CHIMIQUE

Al	: Aluminium
B	: Bore

Ca : Calcium
Fe : Fer
H : Hydrogène
Li : Lithium
Mg : Magnesium
Na : Sodium
O : Oxygène
Si : Silicium

INTRODUCTION

Madagascar, séparée de l'Afrique possède une potentialité minière remarquable. L'ensemble du pays conserve de nombreuses variétés de minéraux et des roches. Parmi ces roches, le Pegmatite est une des nombreuses roches qui renferment des gisements les plus intéressants.

Les gisements de pegmatite sont les sources principales de plusieurs gemmes naturelles. Ces gemmes font l'objet de convoitise des êtres humains. Elles font l'objet de luxe chez les riches et de collection chez certains collectionneurs. Ces gemmes Malgaches séduisent de nombreux individus tels que des géologues, des gemmologues, des ingénieurs miniers et des acheteurs du monde entier. Elles sont une source de revenus pour les exploitants malgaches.

L'exploitation de ces gemmes est un facteur important pour le développement économique du milieu rural et des petits exploitants. Mais comment obtenir un meilleur rendement de ces gisements tout en préservant l'environnement et moderniser la technique d'exploitation de ces gemmes ? Une approche plus moderne de ses petites mines peut conduire vers un développement durable de Madagascar. Ce qui m'amène à présenter cette mémoire intitulée : « **amélioration de l'exploitation de la tourmaline par les petits exploitants dans la vallée de la Sahatany** ».

Ce travail présentera les résultats d'observation sur le terrain ainsi que les résumés des connaissances acquises durant ces trois dernières années. Il est structuré en trois grandes parties. Dans la première partie on présentera les contextes généraux de la zone d'étude et rappels bibliographiques, la deuxième partie est consacrée aux études et méthodologie et enfin, dans la troisième partie, on présentera les problématiques et l'apport d'amélioration du gisement de la tourmaline de la vallée de la Sahatany.

**PREMIERE PARTIE : CONTEXTE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDES
ET RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES**

Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA VALLEE DE LA SAHATANY

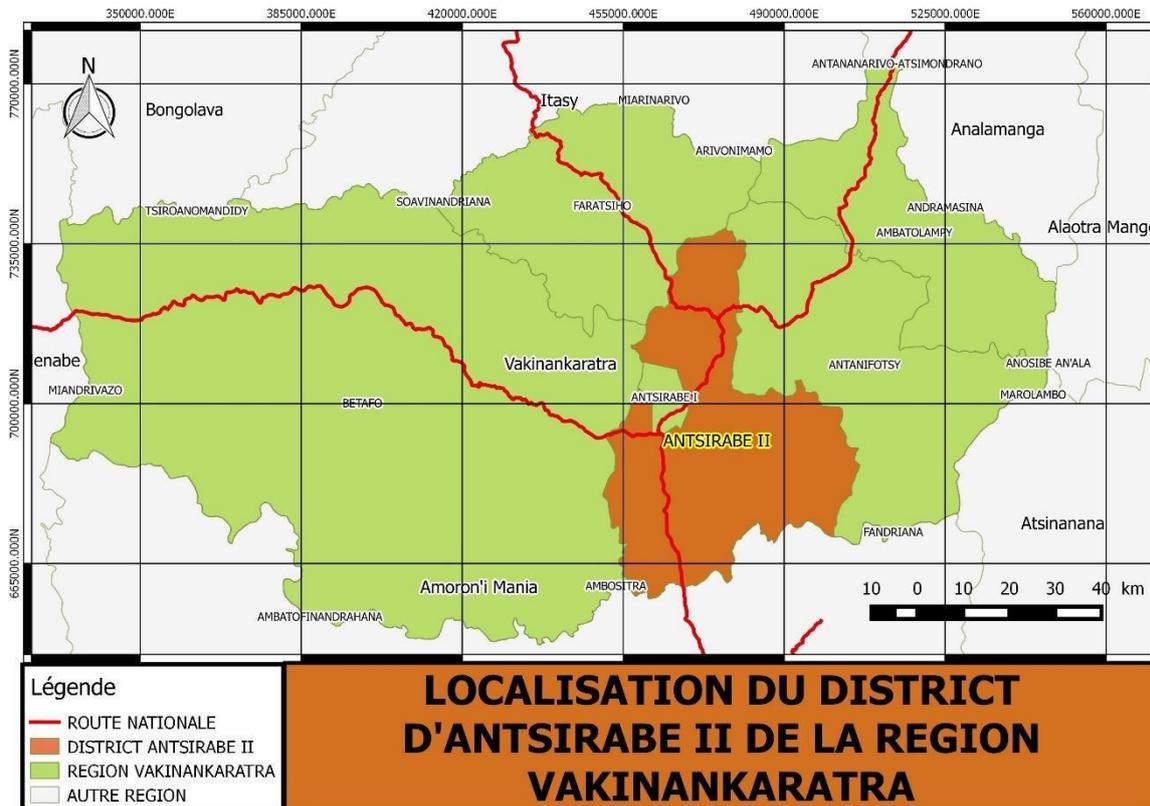
1.1 Situation géographique et présentation de la zone d'études

La commune d'Alatsinainy-Ibity est située à 12 km au sud du village de Vinanikarena, et à environ 30 km au sud-ouest de la ville d'Antsirabe dans la région de Vakinankaratra et approximativement à 200 km de la capitale, Antananarivo. D'impressionnant massif de 2200 m d'altitude se trouve dans la zone d'étude. La région Vakinankaratra est délimité au Nord par la région d'Itasy, au Sud par la région d'Amoron'i Mania, à l'Est par la région d'Antsinanana et d'Alaotra Mangoro et à l'Ouest par la région du Menabe.



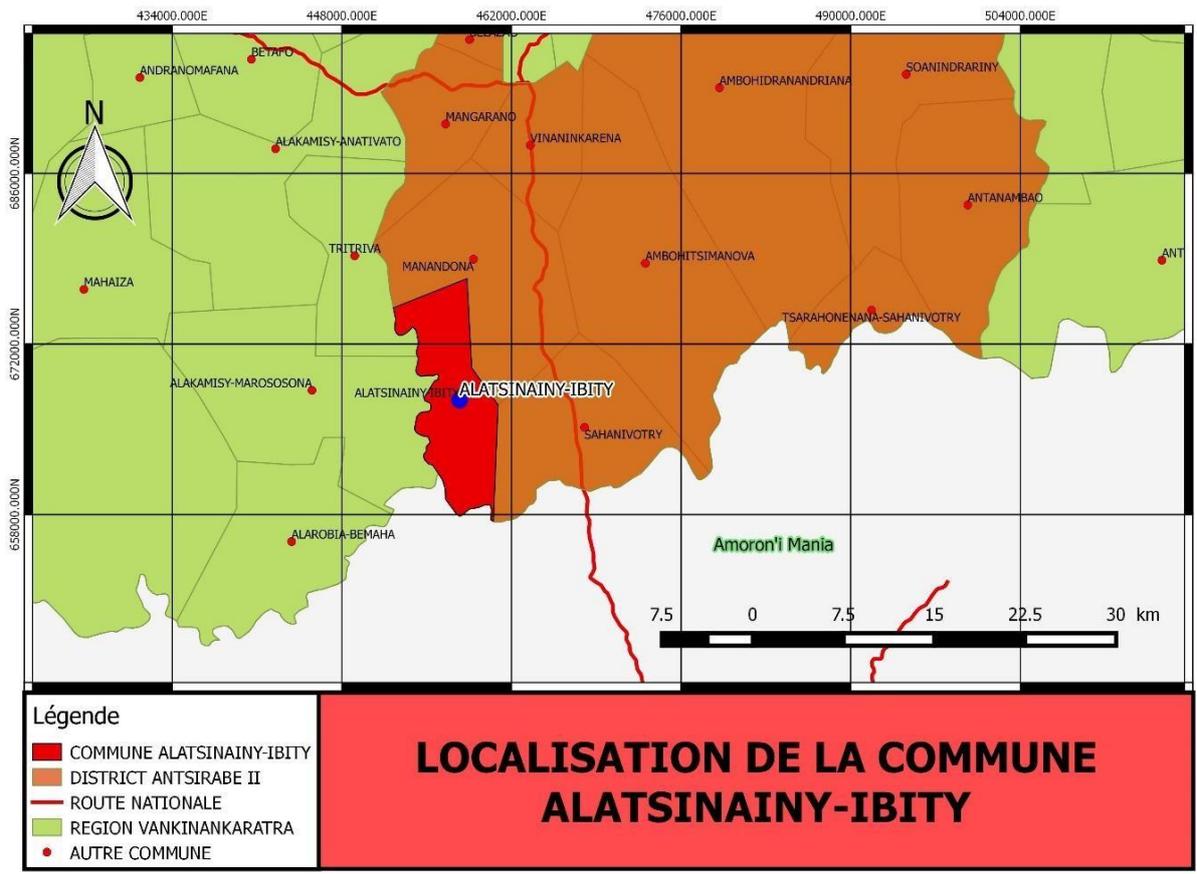
Carte 1: localisation de la region Vakinankaratra

La commune Alatsinainy-Ibity appartient au district d'Antsirabe II qui est situé dans la partie Sud de la région Vakinkaratra entre le district de Betafo et du district d'Antanifotsy. Le district d'Antsirabe est traversé du Nord au Sud par la RN 7 (Route Nationale). La commune d'Alatsinainy-Ibity a une superficie de 250 km².



Carte 2 : localisation du District d'Antsirabe II

Au voisinage de la commune d'Alatsinainy-Ibity se trouve la commune de Manandona, la commune de Sahanivotry, commune de Tritriva et la commune d'Alakamisy-Marososona. La commune d'Ibity compte 18231 d'habitants. Les principales activités humaines actuelles sont l'Agriculture et l'élevage dont les filières les plus rentable sont la plantation d'orge, de maïs et d'haricots. Le chef-lieu de la commune d'Alatsinainy-Ibity se trouve à 13 km de la RN 7. La commune abrite une société minière d'exploitation et de transformation de Cipolin en ciment sous le nom de Holcim.



Carte 3 : localisation de la commune d'Alatsinainy-Ibity



Photo 1: photo satellite de la zone d'étude

1.2 Géologie régionale

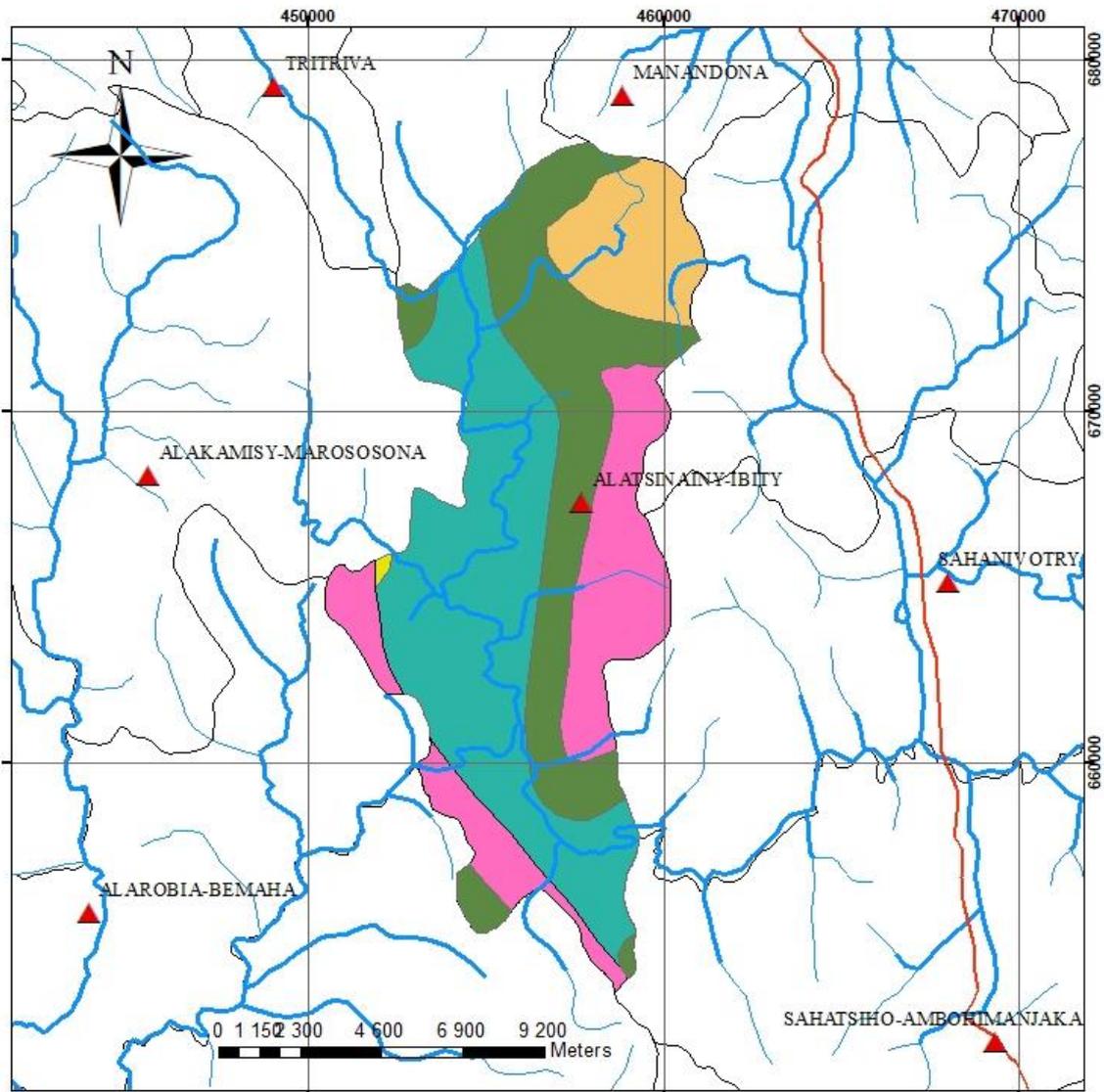
Plusieurs auteurs ont tenté de retracer les caractéristiques géologiques de la région d'Ibity et on remarque que leurs points de vue se rapprochent les uns des autres.

H. Besairie et al (HENRI.BESAIRIE, 1973) qui ont tenté de retracer la géologie de Madagascar basé sur la litho stratigraphie. Pour eux, cette région appartient au socle cristallin malagasy, plus précisément à la série Schisto-Quartzo-Calcaire (SQC). Cette série avait été considérée comme la formation terminale du Précambrien. Au cours du temps géologique, Henri Besairie et son équipe ont annoncé aussi que le socle cristallin malagasy est affecté par trois événements orogéniques majeurs : l'orogénèse shamwaïenne datée au 2600 ± 200 Millions d'années, l'orogénèse kibarienne datée au 1100 ± 200 Millions d'années et l'orogénèse panafricaine 550-500 Millions d'années.

Stratigraphiquement cette série est intercalée entre principales unités. A la base il y avait le système du Graphite, constitué essentiellement par des roches métamorphiques avec des intensités différentes du métamorphisme, allant du faciès granulite aux faciès micaschisteux. Alors qu'au-dessus il y avait le groupe d'Amborompotsy, matérialisé principalement par une variété de roches métamorphiques, formées dans des conditions de métamorphismes d'intensités faible à élever. Du point de vue structural, la série SQC est en discordance avec le système du Graphite et elle possède une structure généralement plissée. Sans oublier que cette série a une composition pétrographique très particulière avec des roches de faible métamorphisme. La série SQC présente trois couches relativement plissant telles que les Schistes, les quartzites et les Cipolins.

Il s'agit du groupe des actinites formées dans un ancien bassin géosynclinal. Ainsi, cette région est affectée par une intensité de métamorphisme allant du degré faible à élever. Hottin (1976) a initié la zonéographie chronologique de Madagascar en tenant compte la litho stratigraphie de H. Besairie et la datation faite par Vachette en 1973. D'après cet auteur, la région se situe dans la Série SQC. Windley et al (Windley, 1994) ont aussi réaffirmé que la région d'Ibity est formée essentiellement par des Schistes, des Quartzite et des Calcaires et cet auteur a introduit le système de SchistoQuartzoCalcaire. (RAHERISOA, 2017)

CARTE GEOLOGIQUE DE LA COMMUNE D'ALATSINAINY-IBITY



Carte 4 : carte géologique régionale

1.3 Géologie structurale

Du point de vue géodynamique, il est à signaler que cette région est affectée par la multi phase de déformations tectoniques comme le plissement régionale, le replissement, le cisaillement et aussi de déformation cassante. Structuralement, les formations géologiques rencontrées dans cette région ont une direction générale subméridienne et les schistes cristallins sont généralement recoupés par des formations récentes sous forme de filons. Et la vallée de Sahatany correspond à la position synclinale.

1.4 Géomorphologie

La morphologie globale de cette région est caractérisée par une succession de collines et de vallées couvertes de steppes typiques des Hauts-Plateaux malgaches. Les gisements sont constitués par des séries de filons de pegmatites potassiques et sodolithiques.

La roche encaissante étant constituée de dolomie. La direction de ces filons-couches est sensiblement $N70^\circ$ avec un pendage de $50^\circ S$. Le recouvrement est constitué par de la latérite carbonatée ayant une épaisseur de 50cm environ. D'autres gisements comme celui d'Antandrokomby se présentent sous forme de filon-couches de pegmatite sodolithique dont la direction est sensiblement la même ($N70^\circ$), la roche encaissante est constituée de schistes avec un pendage de $50^\circ S$. Dans les deux cas, on observe des tourmalines noires, des spessartites, des muscovites, des lépidotites et des béryls verts. Comme la plupart des autres gemmes colorées, la tourmaline est extraite de gîtes souvent petits, irréguliers et par des procédés artisanaux.

La taille, l'irrégularité des gisements et la dispersion aléatoire des gemmes expliquent la rareté des mines complètement mécanisées et rationnellement exploitées (RAHERISOA, 2017).

Chapitre 2 : GENERALITES SUR LES PEGMATITES

2.1 Définition

Roche dont les minéraux sont développés en très gros cristaux, généralement de composition granitique, et riche en minéraux accessoires (tourmaline, béryl, grenats, sulfure, uranium, niobium, terres rares, etc., pour les pegmatites granitiques). Pegmatite stannifère, syénitique ; pegmatite graphique. Les plus beaux gisements de kaolin accompagnent les pegmatites et les granites à mica blanc (Lapparent, 1899). La majorité des pegmatites sont encaissées dans des roches magmatiques grenues dont elles ont sensiblement la composition chimique. Seules les pegmatites granitiques s'écartent parfois tellement des massifs de granite qu'il est impossible de percevoir leur liaison avec eux (Philippe, 1972).

Les pegmatites sont très répandues dans la croûte terrestre mais on les trouve principalement dans les chaînes de montagnes les plus anciennes, où elles ne sont présentes que là où prédominent les roches métamorphiques et ignées.

2.2 Types des pegmatites

Il existe différents types de pegmatites en fonction de leur composition minéralogique :

- les pegmatites granitiques qui contiennent du feldspath sodi-potassique (microcline perthitique, rarement orthose), du quartz, un plagioclase sodique. Il y a toujours, en moindre abondance, de la muscovite, de la biotite, de la tourmaline et du grenat. Beaucoup de pegmatites ont une proportion d'albite lamellaire très importante et contiennent du béryl, des micas ou des tourmalines lithinifères, du spodumène et de nombreux minéraux rares ;
- les pegmatites alcalines, liées génétiquement aux roches magmatiques alcalines (Syénite) et qui sont constituées de néphéline, microcline, sodolite, hornblende alcaline, biotite, avec de très nombreux minéraux d'éléments rares ;
- les pegmatites basiques qui sont constituées de plagioclase basique et de hornblende, avec de magnétite, ilménite, apatite, sulfures. La grosseur extraordinaire du grain est l'aspect

la plus caractéristique des pegmatites, de même que les variations de texture très rapides (Itokiana, 2011).

2.3 Pegmatite de la vallée de la Sahatany

Le champ pegmatitique de la Vallée de la Sahatany, d'âge panafricain, se situe dans un ensemble de métasédiments à tendances évaporitiques : les pegmatites potassiques et les pegmatites sodolithiques. De par l'étude microthermométrique des inclusions fluides dans le quartz, la topaze et le spodumène, ces fluides indiquent des conditions hydrothermales de températures élevées 19 autour de 350-500°C pour une pression de 2000-3000 bars. Les inclusions solides peuvent constituer des résidus du stage magmatique dans les gemmes hôtes.

La vallée de la Sahatany, région située sur les hauts-plateaux malgaches fournit, depuis le 19^{ième} siècle, des gemmes de qualité. Les pegmatites de la région sont caractérisées par une prédominance de l'albite. Le quartz y apparaît blanc, gris, ou citrin, et les micas sont surtout du lépidolite. Les tourmalines sont omniprésentes (ferrifères ou lithiques) et le grenat est plutôt de type spessartite.

Minéraux :

Albite : blanc à blanc laiteux, jusqu'à 3 cm.

Béryl : trouvé sous sa variété morganite, dans le passé, il devient rare dans la vallée.

Cookéite : en bons cristaux nacrés, jusqu'à 1 cm.

Danburite : en prismes jaune clair, jusqu'à 3 cm.

Lépidolite : très présente, elle forme des lames de couleur violacée.

Microcline : bons cristaux trapus de couleur grise, blanche ou verte.

Pollucite : cristaux typiques en octaèdres gris brun.

Quartz : les cristaux peuvent atteindre 30 cm. On trouve des pièces flottantes, maclées (parfois selon la loi de La Gardette), biterminées, très belles.

Rhodizite : de belles pièces jaunes, gemmes, centimétriques, ont été extraites, mais elles ne sont pas courantes.

tourmaline : quatre membres de cette famille sont représentés : dravite, schorl, liddicoatite et elbaïte (avec sa variété tsalaisite). Les cristaux sont centimétriques et parfois gemmes.

Spodumène : de couleur grise, incolore, verte ou rose.

Chapitre 3 : GENERALITES SUR LES GEMMES

3.1 Les gemmes naturelles

Une **gemme** est une pierre qui présente un intérêt pour l'Homme. Plus de 90 % des pierres précieuses ou gemmes proviennent de minéraux naturels ... c'est une toute petite fraction des minéraux existants : sur les 4000 espèces minérales connues, seule une trentaine sont couramment utilisées. Pour qu'une "pierre" soit considérée comme **gemme**, elle doit répondre aux qualités suivantes :

BEAUTE - DURABILITE – RARETE

La beauté qui fascine l'œil de l'observateur soit par une couleur profonde, un éclat particulier, d'inclusions particulières, mais aussi d'effets lumineux tels l'opalescence, l'iridescence, la chatoyance, l'astérisme etc.

LA BEAUTE

La beauté dépend des caractères suivants :

- Pour des gemmes **transparentes** :
 - si elles sont incolores, elle dépend du feu (ou effet "arc-en-ciel"), de l'éclat (propension à la réflexion de la lumière dans la gemme) et du degré de transparence ;
 - si elles sont colorées, elle dépend de la pureté de la teinte, de l'éclat et du degré de transparence.

- Pour les pierres **translucides**, qu'elles soient incolores ou colorées, la teinte et l'aspect extérieur sont importants. Parmi ceux-ci, on compte des structures inhérentes ou "dessins", des formes d'inclusions particulières, mais aussi des effets lumineux tels l'opalescence, l'iridescence, la chatoyance, l'astérisme etc.

- Pour les minéraux **opaques** : la propension à bien réfléchir leur couleur et à prendre le poli et également des aspects particuliers.

Tous ces caractères de la beauté sont mis en évidence par la taille et le polissage.

La DURABILITE ou INALTERABILITE :

Elle dépend de la résistance aux attaques mécaniques et chimiques auxquelles sont soumises les pierres. Parmi les polluants contenus dans l'air, on trouve des particules de quartz, et il est préférable qu'une gemme soit au moins aussi dure que ce minéral.

La RARETE :

La rareté qui lui confère la qualité d'objet convoité, donc coûteux, et en fait un symbole de richesse et de puissance. Une gemme peut provenir d'une espèce minérale commune et très répandue, mais elle consiste en un spécimen dans lequel des qualités rarement réunies coexistent. Ces minéraux apparaissent souvent dans des conditions géologiques bien particulières. En plus, souvent, elles sont rares sur le marché des gemmes.

Les gemmes d'origine minérale les plus appréciées sont celles qu'on trouve dans la nature. Les minéraux de qualité gemme n'apparaissent pas n'importe où. Ils prennent naissance dans des conditions géologiques particulières.

Si la plupart des gemmes proviennent de substances minérales naturelles, on trouve aussi des gemmes d'origines organiques. Ce sont :

- les perles issues de sécrétions carbonatées de certains mollusques,
- les coraux qui sont des squelettes d'organismes marins,
- l'ivoire tirée de dents de mammifères (éléphant, hippopotame, ...)
- l'ambre qui est une résine fossilisée de conifères
- le jais, un charbon végétal très pur,
- le copal, une résine de conifère durcie.

Il existe aussi des produits artificiels, fabriqués pour imiter les gemmes naturelles :

- des verres et des plastiques : colorés ou non, d'origine minérale ou organique ;
- des gemmes synthétiques qui sont de vraies gemmes mais produites par l'homme au lieu de la nature ;
- des gemmes artificielles n'existant pas dans la nature mais produite par l'homme ;

- des pierres composées appelées "doublets" ou "triplets". Ce sont des collages de vraies gemmes sur du verre afin d'en augmenter le volume et d'obtenir l'aspect d'une pierre naturelle. Les gisements des pierres précieuses ne se trouvent que dans certains contextes géologiques bien précis. Et en plus, pour qu'un gisement soit apprécié, il doit non seulement produire des gemmes de qualité irréprochable mais en une quantité suffisante de manière à assurer sa rentabilité. On considère ici deux grandes catégories de gisements : les **gisements primaires** et les **gisements secondaires**.

Les gisements primaires

Les gemmes peuvent apparaître dans des gisements d'origine magmatique, sédimentaire ou dans des roches métamorphiques. Ce sont des minéraux accessoires ou accidentels qui se sont développés en beaux cristaux. Ces gisements sont rares.

Les gisements secondaires

Ils proviennent de la désagrégation due aux processus de l'érosion des gisements primaires, matériel qui sera par la suite déposé dans des **alluvions**. On les appelle **placers** ou **gisements alluvionnaires**. Ce sont des produits "détritiques" qui ont été remaniés et transportés par les eaux. L'action de celles-ci favorise la concentration, vers le bas, des matériaux denses alors que les minéraux qui sont légers et tendres peuvent être amenés au loin ou bien sont dissous. Des placers plus anciens, peuvent se situer sous d'autres couches de sédiments ou même de laves ; leur contenant n'est ainsi pas renouvelé.

3.2 Les critères de qualité « 4 C »

Les critères 4 C sont un ensemble de quatre critères de valeur des diamants dans un premier temps mais aux plus tard à toutes les autres gemmes. Ces critères sont définis au départ en anglais : Carat, Cut, Clarity, et Color.

Le poids, ou *Carat* :

Le poids, exprimé en carat, est la première façon de reconnaître une gemme. Il est important de savoir peser et mesurer correctement cette gemme.

1 carat = 0,20 grammes

La taille, ou *Cut* :

À l'état naturel, les surfaces des pierres fines sont ternes et sans éclat. Leur forme est irrégulière, et leur structure est traversée de défauts et d'imperfections. La taille est dictée par la main de l'homme.

Même lorsqu'un cristal brut possède une très belle couleur, une taille imparfaite peut avoir une influence néfaste sur l'effet que la couleur de la pierre terminée, produit pour nos yeux. Inversement, un cristal brut possédant une couleur commune peut être mis en valeur par une taille adéquate. Le terme taille peut faire aussi bien référence à la forme de la pierre (apparence) qu'au style de taille (ou disposition des facettes sur la pierre).

La pureté, ou *Clarity* :

La pureté d'une gemme est un élément primordial pour déterminer la qualité de cette gemme, car pratiquement toutes les gemmes contiennent des impuretés. Il y a peu de pierres gemmes qui peuvent se former dans la nature sans aucun accident. Le processus de la formation des pierres fines est fréquemment accompagné de petites particularités naturelles que l'on nomme « inclusions ». Ces impuretés sont similaires aux empreintes digitales qui permettent d'identifier chaque diamant, car elles les rendent uniques.

Les impuretés d'une gemme (c'est-à-dire ses inclusions, ses objets internes, ses taches ou ses marques externes) sont repérées lors d'un examen sous un grossissement fois 10 (au microscope ou sous une loupe), qui permet de définir l'origine du gemme.

La couleur, ou *Color* :

La couleur contribue à hauteur d'environ 50 % à la qualité d'une gemme. La grosseur (le poids en carat), la taille et la clarté ont une influence immédiate sur la couleur d'une pierre fine. Ainsi, on décrit la couleur suivant les 3 critères :

La teinte, qui est la première impression sur la couleur de la pierre (on y définit les couleurs primaires et complémentaires)

La tonalité, classée de la plus claire à la plus sombre sur une échelle allant de 1 à 10 (10 pour la plus foncée)

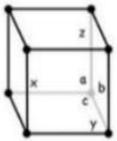
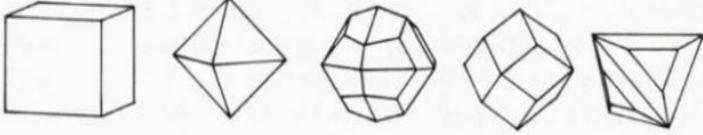
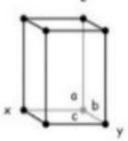
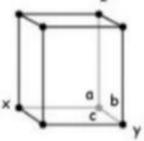
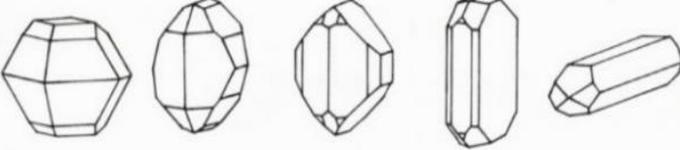
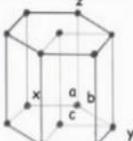
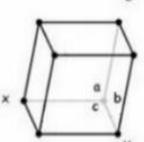
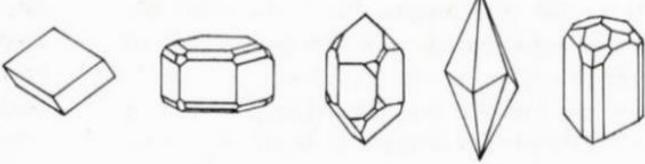
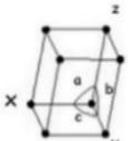
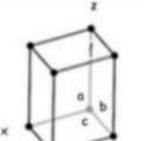
La saturation, intensité de la couleur, allant de faible à intense. Ainsi, chaque pierre est unique, ne serait-ce que par sa couleur, celle-ci ayant sa propre gamme de teinte, saturation et tonalité.

3.3 Classification morphologique des gemmes

Tous les minéraux se développent selon des systèmes cristallins bien définis et sont constitués par une substance bien définie où atomes, ions ou molécules sont assemblés suivant un réseau cristallin régulier. Lorsqu'ils sont bien formés, les individus cristallins sont limités par des faces planes. La structure interne et le réseau cristallin d'un cristal déterminent ses propriétés physiques, tant mécaniques qu'optiques : forme, dureté, clivage, cassure, poids spécifique, caractère optique, etc.

La cristallographie classe les cristaux en sept (7) systèmes qui se différencient les uns des autres par leurs éléments de symétrie, ou par la forme de leur maille élémentaire parallélépipédique : les arêtes de la maille définissent les trois axes cristallographiques a,b,c selon la notation de Miller.

Tableau 1 : les systèmes cristallins

Système cristallin	Maille de base	Quelques possibilités de cristallisations
Cubique		
Quadratique		
Ortho-rhombique		
Hexagonal		
Rhombo-édrique		
Mono-clinique		
Triclinique		

3.4 Généralité sur les tourmalines

Tourmaline vient du cinghalais (Ceylan, actuel Sri Lanka) Turamali en référence à des gemmes précieuses d'identité inconnue mais de couleur variée. C'est en 1703 que cette pierre de qualité gemme fut importée en Hollande pour y être taillée. Elle fut définitivement tourmaline après cette date (Schuman, 1997).

La tourmaline est une famille de silicate complexe, elle est l'un des minéraux les plus colorés du monde. Cette coloration n'est pas vraiment indicative de l'espèce minérale. Elle présente la particularité de s'électriser lorsqu'on la chauffe en la frottant sur un tissu. Elle attire ensuite les poussières et les cendres. Ce phénomène pyroélectrique était bien connu des marins hollandais qui avaient toujours dans leur poche un bout de tourmaline pour nettoyer leur pipe. Pour cette raison, elle fut nommée « aimant de Ceylan » par les français aux XVIII^{ème} siècles. Cette appellation a totalement disparu aujourd'hui.

La composition chimique de la tourmaline est variable. Les atomes de Fe, Mg, Li et Al sont interchangeables. Cela explique la grande diversité des couleurs que peut prendre la tourmaline. L'appellation "Paraíba" est réservée à une tourmaline bleu turquoise provenant de la Province du même nom au Brésil.

Selon Richard Vincent Dietrich dans « The Tourmaline Group » (DIETRICH, 1985), plus de cinquante termes ont été utilisés pour dénommer les différentes variétés chimiques ou chromatiques de tourmalines. C'est afin d'éclaircir cette nomenclature confuse, que ce minéralogiste propose de regrouper la plupart de ces termes en quatre grandes catégories. La première correspond aux noms **acceptables**, actuellement au nombre de douze (12) tourmalines pour le nom du groupe et onze (11) termes désignant les espèces minérales naturelles : **buergérite, chromdravite, dravite, elbaïte, féruvite, foïtite, liddicoatite, olénite, povondraïte, schör1 et uvite**. Pour Dietrich, il est préférable d'utiliser une dénomination binomale du type elbaïte rouge ou dravite incolore au lieu de rubellite ou d'achroïte.

La tourmaline est une série isomorphe de minéraux. La tourmaline désigne un groupe de minéraux de la famille des silicates, sous-groupe des cyclosilicates.

La Tourmaline est un minéral très important en raison de sa pertinence dans le domaine des géosciences, pour sa technique d'application et son utilisation en tant que pierre fine. Les tourmalines sont des minéraux caractéristiques, bien qu'accessoires, des granites et des pegmatites. Ces minéraux sont souvent associés au microcline, à l'albite, au quartz, à la muscovite, au lépidolite, au béryl, à l'apatite et à la fluorine. Accessoirement, ils peuvent être récoltés dans des roches métamorphiques (gneiss, schistes et marbres), ou sous forme de minéraux détritiques ou authigènes dans les roches sédimentaires. Le groupe des tourmalines se compose de plus d'une dizaine de membres, qui se produisent dans de nombreux environnements géologiques (Hawthorn Frank, 1999).

La chimie des tourmalines est complexe et jusqu'à récemment leur formule de base demeurait très incertaine ; ainsi pour John Ruskin (RUSKIN, 1890) « sa chimie ressemble plus à une prescription d'un médecin du moyen-âge qu'à la constitution d'un minéral respectable ». La composition chimique de la tourmaline ne fut connue qu'au cours du XIX^e siècle, le bore n'ayant été isolé qu'en 1808 par Gay-Lussac et Thénard. Remarquons que les roches sédimentaires contiennent jusqu'à 0,005 % de bore, alors que la teneur moyenne de bore dans les roches magmatiques est nettement plus faible (environ 0,001 %). Ainsi, la partie supérieure de la croûte terrestre, parfois dénommée Sial renferme en moyenne 0,0003 % de l'élément bore. Dans les magmas les plus tardifs à cristalliser et qu'on retrouve par la suite dans les tourmalines comme constituant des granites les plus récents des complexes magmatiques, ainsi que dans les pegmatites associées ; l'accumulation du bore, ainsi que celle du béryllium, du césium et quelques autres éléments est ici expliqué. Dans les pegmatites, les tourmalines ne sont pas les seuls minéraux à contenir du bore car les minéraux tels que la danburite, la dumortière, la jérémyévite, l'hambergite ou la rhodizite en contiennent également. Sa formule chimique général est : Tourmaline $(Ca,Na)(Al,Fe,Li,Mg)Al_6(BO_2)_3Si_6O_{18}(OH)_4$

Famille : borosilicate

Système : rhomboédrique hémiédrique,

Dureté : 7 à 7,5

Densité : 2,90 à 3,33

Éclat : vitreux à résineux, transparent à opaque

Couleur : fonction de la composition chimique ; noire, brune, noir bleuté, bleue, verte, rouge, jaune, rose, pourpre, rarement blanche et incolore.

Trace et couleur de la poudre : blanche, plus rarement grisâtre ou brunâtre

Fluorescence : faible ou absente,

Luminescence : jaune, verte

Clivages : très difficiles, indistinct

Cassure : conchoïdale, subconchoïdale à grenue ou inégale

Habitus : généralement prismatique, souvent allongé à aciculaire, rarement aplati

Morphologie : monocristaux, agrégats grenus, compacts, rayonnants, bacillaires et fibreux

Inclusions solides : actinolite, albite (cleavelandite), anatase, apatites (fluorapatite),

Brookite, cassitérite, disthène, fluorine, grenats, hématite, hornblende, hydroxyherdérine, feldspaths potassiques, magnétite, manganotantalite, micas (lépidolite, phlogopite, muscovite), pharmacosidérine, plagioclases, quartz, rutil, séricite, sulfures (pyrite), titanite, topaze, uraninite, uranmicrolite, zircon **Minéraux d'altération** : lépidolite, muscovite

Macles : rares

Variétés chimiques : buergérite, chromdravite, dravite, elbaïte, féruvite, foïtite, liddicoatite, olénite, povondraïte, schorl, uvite

Variétés **chromatiques** : achroïte (incolor), indicolite ou indigolite (bleue), rubellite (rose), sibérite (pourpre à rouge), verdélite (verte), aphisite (noire)

Propriétés électriques : fortement pyroélectrique et piézoélectrique

Solubilité : légèrement attaquée par l'acide fluorhydrique (HF) froid ; décomposition par fusion avec des carbonates alcalins ou des bisulfates.

Espèces souvent associées : quartz, béryl, apatite, topaze, fluorine, microcline, albite, muscovite, lépidolite, pétalite, spodumène, cassitérite, colombite, axinite, datolite, niobotantalates
Espèces tourmalinisées : biotite (en tourmaline jaune), feldspaths (en tourmaline bleue ou bleuté verdâtre)

Comme tous les minéraux, les tourmalines sont caractérisées conjointement par leur structure cristalline et leur composition chimique. Toutes les tourmalines appartiennent au système rhomboédrique et au groupe de symétrie hémédrique pyramidale $R3m$ (notation d'Hermann-Mauguin pour la classe pyramidale ditrigonale). On notera comme pour le quartz l'absence de centre de symétrie du cristal.

Les cristaux peuvent avoir des dimensions très variables, du micromètre à plusieurs mètres. Selon (CASSEDANNE, 1996).

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE

Chapitre 4 : CARACTERISATION DE LA TOURMALINE DE LA VALLEE DE LA SAHATANY

4.1 Les tourmalines du mont Ibity

Les localités célèbres de la Vallée de la Sahatany sont hébergées par des roches du Groupe de l'Itremo, dans une unité tectonique connue sous le nom de la feuille de poussée Itremo (A.S. Collins, 2000). Le groupe Itremo est caractérisée par une faible unité de gneiss et d'une unité supérieure de quartzites, schistes, marbres (A Fernandez, 2003) Minéralogiquement, les pegmatites à tourmaline de Sahatany sont souvent : feldspath potassique, albite, muscovite et 21 quartz laiteux y sont présents. Le lépidolite et le schorl y sont fréquents et parfois abondants. Sont communs, mais toujours en petite quantité, niobotantalite et béryl (bleu très pâle, incolore ou rose, fréquemment en cristaux aplatis - morganite). Enfin, sporadiquement et très localement, on y trouve de l'apatite parfois gemme ainsi que de l'amblygonite, cassitérite, citrine, cookéite variablement borifère, grenats, microcline, pétalite, le spodumène gemme incolore ou rose très pâle, aussi parfois de la décomposition du grenat.

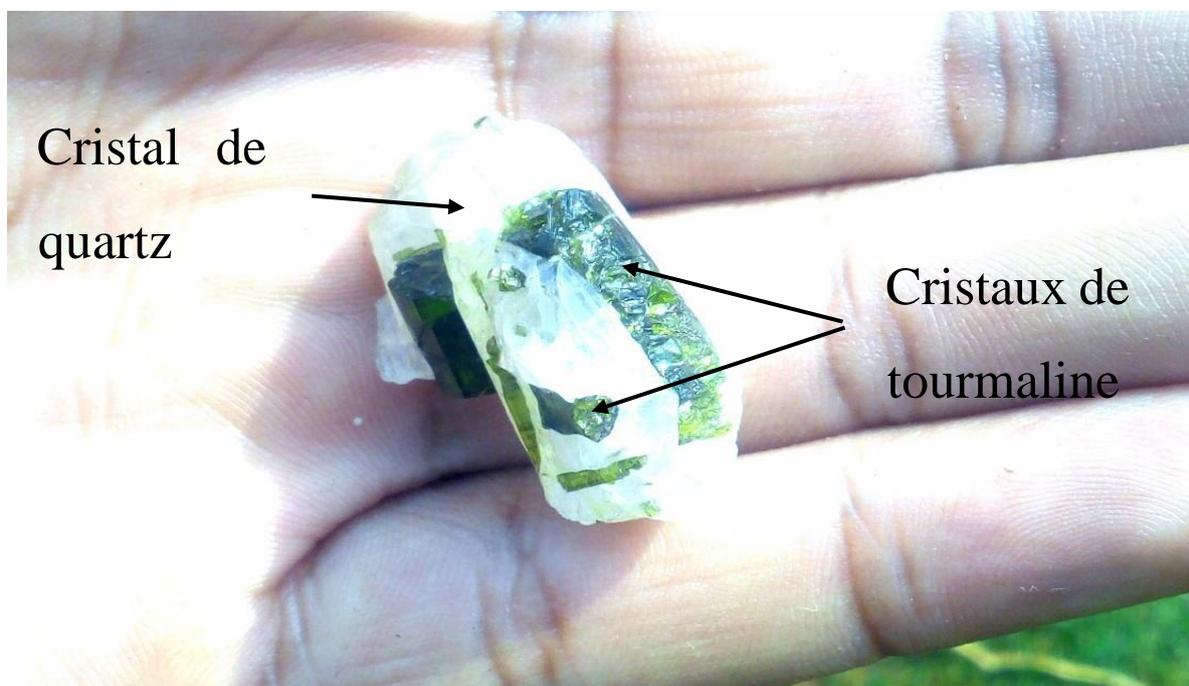


Photo 2 : Association de cristaux de verdélite dans du quartz

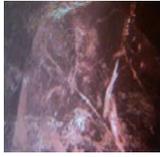


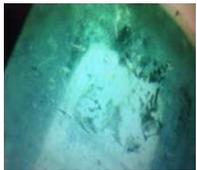
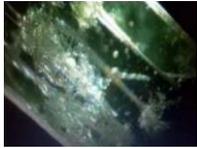
Photo 3 : Tourmaline polychrome de Tsarafara

4.2 Couleur, provenance et inclusions des tourmalines de la Vallée de la Sahatany

Dans la revue Minéraux et fossiles (LEBRUN, 2008), la couleur et la provenance des cristaux de tourmaline de la Vallée de la Sahatany, en termes de pourcentage d'extractions connues et identifiées par l'AFG, se résume comme suit :

Tableau 2 : Description des inclusions dans les tourmalines de la Vallée de la Sahatany

Couleur	Provenance	Photo	Inclusion
Rubellite rouge	Antandrokomby, Ampantsikahitra, Marirano <i>Inclusion de type « liquide », de nature « Trichites : réseau d'inclusions liquides, venant de la genèse hydrothermale », à aspect « réseaux déchirés, vermicelles »</i>		
Rubellite rose	Maharitra, Manjaka <i>Inclusion de type « liquide », de nature « Trichites, givres de guérison partiellement guéries », à aspect « réseau déchiré »</i>		
Jaune d'or à jaune citron	Tsilazina, Maharitra, Ambohimananarivo <i>Inclusion de type « liquide », de nature « givres de guérison », à aspect « réseau liquide, canaux orientés »</i>		
Brun	Tsilazina <i>Inclusion de type « liquide », de nature « trichite, inclusions fluides », à aspect « tubes, canaux »</i>		

<p>Gris brun ou fumé</p>	<p>Maharitra</p> <p><i>Inclusion de type « solide », de nature « probablement décollements », à aspect « réseau déchiré »</i></p>		
<p>Vert poireau / vert olive</p>	<p>Maharitra</p> <p><i>Inclusion de type « solide », de nature « probablement cristal hôte de tourmaline », à aspects « prisme, aiguilles »</i></p>		
<p>Vert d'herbe</p>	<p>Maharitra, Ankitikitsika</p> <p><i>Inclusion de type « liquide », de nature « trichites, givres de bas-relief », à aspects « de déchirures »</i></p>		
<p>Indigolite (bleue)</p>	<p>Maharitra</p> <p><i>Inclusion de type « solide », de nature « cristaux indéterminés », à aspects « agrégat grenu de incolore à blanc »</i></p>		
<p>Incolore</p>	<p>Maharitra</p> <p><i>Inclusion de type « solide », de nature « cristaux indéterminés » à aspects « agrégat grenu de incolore à blanc »</i></p>		

Polychrome	Tsarafara, Ampatsikahitra, Tsilazina <i>Inclusion de type « coloration », de nature « zone de couleurs (suivant l'évolution cristalline) », à aspect « rubans colorés »</i>		
------------	---	--	---

4.3 Prix des tourmalines de la vallée de la Sahatany

4.3.1 Prix des tourmalines par les exploitants

Le prix de la tourmaline par les exploitants est très varié et ne suit aucune référence de prix. Mais en général, le prix de la tourmaline dépend des caractéristiques suivantes : leur taille, la nuance des couleurs, et aspect. Les rubellites et les tourmalines polychromes sont plus couteux que les verdélites et les tourmalines de couleur noir ou schorl ne se vendent qu'en très grande cristaux. Le prix des gemmes peut varier d'un exploitant à un autre et dépend aussi de la nationalité de l'acheteur et de leur provenance. Le prix de la gemme peut doubler ou tripler pour un étranger et diminué pour un acheteur local. Une rubellite peut être vendue de 20.000 Ar (Ariary) à 1.000.000 Ar selon la qualité de la gemme et de la nationalité de l'acheteur.

4.3.2 Prix des tourmalines par les revendeurs d'Antsirabe

Le prix de la tourmaline par les revendeurs suit une référence plus précise. Ce prix dépend aussi des caractéristiques de la gemme. Ces caractéristiques sont :

- La couleur de la tourmaline : rose, verte, noir ou polychrome
- De la grosseur de la tourmaline
- L'aspect ou la forme du cristal de tourmaline
- L'état de la tourmaline : état brute ou travaillé
- Si la tourmaline est déjà taillée (état travaillé), le prix de la pierre fine dépendra de la qualité du service.

Tableau 3 : Prix de la pièce de la tourmaline de top qualité (année 2020)

Couleur	Etat brute : Masse en gramme	Etat travaillé : En carat	Prix top qualité (top)
Rubellite (rouge), Indigolite (bleue), Polychrome	Moins de 1 g		50.000 Ar
	1 g	1 carat	100.000 Ar
	2 g	2 carats	200.000 Ar
	5 g	5 carats	500.000 Ar
	Extra ou + de 5 g		1.000.000 Ar
Verdélite (verte) et autres couleurs	Moins de 1 g		25.000 Ar
	1 g	1 carat	50.000 Ar
	2 g	2 carats	50.000 Ar
	5 g	5 carats	100.000 Ar
	Extra ou + de 5 g		500.000 Ar

- ❖ Pour les gemmes de deuxième qualité, le prix dépend généralement des défauts comportant la gemme.

Tableau 5 : Prix de la pièce de la tourmaline de qualité cabochon (année 2020)

Couleur	Masse en gramme	Prix
Rubellite (rouge), Indigolite (bleue), Polychrome	+ de 1g	5.000 Ar
	5 g	10.000 Ar
	10 g	20.000 Ar
Verdélite (verte) et autres couleurs	+ de 1g	2.500 Ar
	5g	5.000 Ar
	10g	10.000 Ar

Chapitre 5 : MODES ET TECHNIQUES D'EXPLOITATION ACTUELLE DE LA TOURMALINE PAR LES EXPLOITANTS

Les principaux exploitants de la tourmaline de la vallée de la Sahatany sont des petits exploitants dont les majeures parties sont les villageois au voisinage du gisement des pierres fines. En effet, les principales sources de revenus des villageois habitants à proximité des gites et gisement de ces pierres fines sont l'exploitation même de ces pierres fines, l'agriculture et l'élevage. A Madagascar, les petits exploitants utilisent généralement des méthodes artisanales pour exploiter les gites et les gisements des pierres précieuses et des pierres fines.

5.1 Modes d'exploitation de gisement de tourmaline de la vallée de Sahatany

L'exploitation de tourmaline de la vallée de la Sahatany se fait en souterraine. L'exploitation d'une mine souterraine consiste à exploiter le minerai depuis une excavation créée sous la surface du sol une quantité minimale de morts terrains est enlevée pour accéder aux filons et aux poches de concentration minéralogique. L'accès à ce gisement se fait au moyen des galeries ou de puits. Les puits conduisent à un réseau plus horizontal de galerie qui accèdent directement aux concentrations. Bien que l'exploitation minière souterraine soit une méthode moins destructive de l'environnement pour accéder à un gisement de la pierre fine, elle comporte des risques de sécurité plus élevés que l'exploitation à découvert par décapage direct.

5.2 Technique d'exploitation du gisement de la tourmaline

La majorité des mines de tourmalines utilise une technique artisanale. Elle consiste à creuser un puits entre 4 à 20 m de profondeur de diamètre d'environ 1 m et des galeries pas plus d'un mètre de hauteur pour accéder aux poches ou aux concentrations minéralogiques.

La descente dans ces puits s'effectue avec un système d'assemblage de poulies et de cordage aussi appeler palan. Les matériels utiliser sont : la bêche pour creuser sur un

terrain tendre, la barre à mine pour creuser sur un sol dur, un sac ou un seau pour faire remonter le déblai, une lampe frontale et un tamis pour tamiser et trier les gemmes. Le nombre de mineur par puit peut varier de deux (02) à une dizaine d'homme. Ils tamisent les déblais et trient les tourmalines à la main. En général, ce sont les hommes qui creusent et descendent dans les puits et les galeries et les femmes et les enfants qui tamisent les déblais pour en extraire des pierres fines. Le transport des gemmes se fait à dos d'hommes.

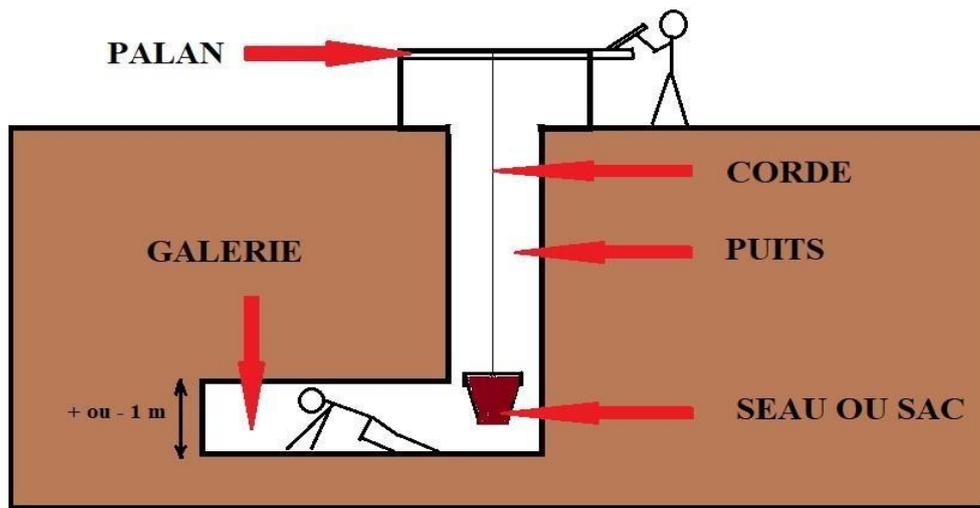


Figure 1: coupe transversale d'un puits de mine dans la vallée de la Sahatany



Photo 4: photo d'un puits mine de Tsarafara

5.3 Prospection

En raison du caractère artisanal de la production, il n'y a pas de prospection proprement dite, seulement quelques recherches toujours empiriques dues à la précarité et aux faibles moyens financiers des intéressés, prospecteurs sans base technique, ou négociants en gemmes ayant acquis après de nombreux déboires, une expérience limitée.

Dans le cas de ces pegmatites de la Vallée de la Sahatany, la « prospection » se fait empiriquement en creusant sur toute tache superficielle de kaolin (fourmilière, ravine d'érosion, terrier...) ou à l'endroit où une « pierre » a été ramassée sur le sol (cas des gîtes d'éluvion ou de colluvion).

Chapitre 6 : CADRE JURIDIQUE MINIER MALGACHE

6.1 Permis miniers à Madagascar

Le processus d'acquisition des permis miniers est principalement régi par le code minier de 2005 et ses textes d'application. Le processus est géré par le Bureau du cadastre minier de Madagascar (BCMM) en collaboration avec d'autres structures du ministère auprès de la présidence en charge des ressources stratégiques et le ministère de l'Environnement, de l'Écologie et des Forêts.

Le code minier prévoit trois catégories de permis miniers. Le permis de prospection et de recherche (permis R), le permis d'exploitation (permis E) et le permis réservé aux petits exploitants miniers pour la prospection, la recherche et l'exploitation (Permis PRE). Les permis R et E sont qualifiés de « permis standards ». Une surface maximale est prévue pour chaque catégorie de permis. Les permis PRE sont réservés aux ressortissants malgaches et l'État ne peut détenir de permis miniers. Le code minier prévoit également une autorisation d'orpaillage pour les Malgaches dans les couloirs d'orpaillage.

Le processus commence par le dépôt d'un formulaire au BCMM qui enregistre le dossier en précisant le jour, l'heure et la minute. Les demandes de permis E et PRE doivent être accompagnées d'une étude sur l'impact environnemental du projet et d'une lettre d'engagement de ne pas commencer les travaux avant l'obtention d'une autorisation environnementale.

Le principe du premier arrivé, premier servi est appliqué pour tous les permis. Les permis sont délivrés dans un délai de 30 jours ouvrables maximums par le ministre en charge des mines pour les permis R et E, et par le Directeur Interrégional du Ministère chargé des Mines territorialement compétent pour le permis PRE ; ou leur délégué respectif.

Des frais d'administration annuels doivent être payés par les titulaires de permis minier au BCMM qui répartit ensuite les quotes-parts aux différents services de l'administration minière désignés par le code minier.

Avant le début des activités, les opérateurs doivent obtenir une autorisation environnementale. Elle est octroyée après l'examen et l'approbation des études d'impact environnemental et du rapport d'enquête publique menée par les services environnementaux. Deux catégories d'études d'impact environnemental sont prévues par la législation : l'étude d'impact environnementale (EIE) en ce qui concerne les permis E et le plan d'engagement environnemental (PEE) pour les permis R et PRE. Le PEE est lui-même subdivisé en trois catégories : le PEE-PRE pour les permis PRE, le PEE-RIM pour les permis R ayant un impact minimal sur l'environnement et le PEE-RS pour les permis R standards. Toutefois, une EIE peut être requise pour les permis R et PRE dans certaines circonstances définies par la réglementation, telles que les zones sensibles ou les zones dans lesquelles de nombreux permis PRE ont été accordés.

Les permis ne peuvent être octroyés sur des zones protégées et les périmètres classés en réserves temporaires. Des autorisations exclusives de réserve de périmètres (AERP) peuvent être octroyées pour 3 mois maximum sur des superficies limitées. Ces AERP confèrent un droit exclusif de prospecter et de demander ensuite, le cas échéant, un permis R ou E.

En phase d'exploitation, les titulaires de permis E et PRE doivent s'acquitter de redevances et ristournes minières. Le renouvellement des permis miniers est de droit pour les titulaires qui ont satisfait aux obligations légales et réglementaires afférentes au maintien de la validité de leurs permis. Le BCMM est chargé d'établir et de mettre à jour les cartes cadastrales minières.

6.2 Permis réservé aux petits exploitants (PRE)

Le permis « PRE », permis de recherche et d'exploitation réservé au petit exploitant, confère à son titulaire, à l'intérieur du périmètre qui en fait l'objet et durant sa validité, le droit exclusif d'effectuer la prospection, la recherche et l'exploitation de la ou des substances pour lesquelles le permis a été délivré, conformément aux engagements contenus dans le plan annexé à la demande, et dont le modèle est fixé par le décret d'application du Code Minier.

Personne éligible : personne physique de nationalité Malagasy

Quota maximum par titulaire : 256 carrés de 625 mètres de côté ou 100 km²

Durée de validité : Huit (08) : renouvelable une plusieurs fois pour une durée de quatre (04) ans à chaque fois.

Obligation environnementale : Plan d'engagement Environnemental ou Etude d'Impact Environnementale si zone sensible.

Vente de la production : Autorisée.

Evolution : Peut être transformé en PR ou PE.

(Code Minier, 2005)

**TROISIEME PARTIE : PROBLEMATIQUES ET RECOMMANDATIONS
POUR AMELIORER L'EXPLOITATION DU GISEMENT DE LA TOURMALINE
DE LA VALLEE DE LA SAHATANY**

Chapitre 7 : PROBLEMATIQUES

7.1 Problème de la technique d'exploitation du gisement de tourmaline

La majorité des exploitants dans le gisement de tourmaline dans la vallée de la Sahatany utilisent la technique traditionnelle. Cette technique consiste à creuser un puits entre 4 à 20 m de profondeur de diamètre d'environ 1 m et des galeries pas plus d'un mètre de hauteur. La descente dans ces puits s'effectue avec un système de manivelle en bois et d'une corde. Cette technique n'utilise guère de mesure de sécurité adéquate pour ce genre d'exploitation donc elle est potentiellement dangereuse. Les dangers qui peuvent survenir sont le manque d'air, éboulement et la montée des eaux. La technique la plus commune pour évacuer l'eau souterraine est l'évacuation par seau et aucun boisage n'est employé pour la technique d'exploitation traditionnelle.



Photo 5 : Exploitation artisanale dans les puits avec une condition de travail dangereuse



Photo 6 : Puits et palan utilisé dans la technique d'exploitation traditionnelle

7.2 Faiblesses du cadre juridique et directif

- Le gel actuel des permis depuis 2009. Le gel concerne aussi bien l'octroi, le renouvellement, l'extension, la cession que l'amodiation des permis miniers. Si l'objectif affiché est l'assainissement du secteur minier, cette situation qui perdure crée néanmoins une incertitude pour les opérateurs miniers dont les activités se trouvent ralenties et les capacités à lever des fonds amoindris. Ce gel peut aussi constituer un frein pour les potentiels investisseurs qui souhaitent investir dans le secteur minier à Madagascar. Par ailleurs, et malgré le gel des permis, l'administration continue de percevoir des frais d'administration annuels des permis. En outre, le gel des permis n'a pas toujours été appliqué de manière absolue, de sorte que certains permis ont pu néanmoins être renouvelés ou octroyés. Cela a contribué à créer une perception de discrimination dans l'application du gel des permis miniers.

- Le permis minier est octroyé avant l'autorisation environnementale et l'approbation des études d'impact environnemental. Conformément à l'application stricte

du principe du premier arrivé, premier servi pour la délivrance des permis miniers, le BCMMD délivre les permis E et PRE dans les 30 jours sous réserve de l'obtention de l'autorisation environnementale et l'engagement de ne pas entreprendre les travaux sans ladite autorisation. En effet, le processus de délivrance de l'autorisation environnementale peut être long en raison de l'examen des EIE et PEE. Il est en pratique impossible d'appliquer ici le principe du premier arrivé, premier servi. Toutefois, ce décalage soulève un certain nombre de problèmes. En effet, on constate que plusieurs titulaires de permis PRE commencent les travaux sans l'autorisation environnementale et/ou ne la présente pas aux autorités locales décentralisées du lieu d'implantation de la mine. Des questions peuvent également survenir lorsque le promoteur n'obtient pas l'autorisation environnementale après l'acquisition du permis minier.

- Les lacunes dans la mise en œuvre des lois et politiques, particulière dans le secteur des petites mines. La gestion des petites mines constitue un véritable problème en raison du non-respect généralisé de la réglementation minière. Le tableau est encore plus sombre avec les petites mines informelles. Le grand nombre des petites mines et le phénomène des ruées, liées aux faibles ressources financières et humaines de l'administration minière, expliquent entre autres, cet état de fait. Pourtant, les mines artisanales et de petite taille constituent une source d'emploi plus importante que les grandes mines tout en ayant un impact environnemental négatif substantiel.

- La difficulté de la collectes les impôts et les redevances du secteur de l'exploitation minière artisanale et de petite taille représente une perte importante de recettes tant pour l'État que pour les communes elles-mêmes. En outre, les capacités du gouvernement à gérer le secteur minier plus largement ont été affaiblies durant la crise politique.

7.3 Impact sur l'environnement

L'occupation des exploitants des petites mines entraîne la dégradation de l'environnement physique puisque l'exploitation est très rudimentaire. Certains réalisent des excavations pour accéder aux filons ou pour mettre en œuvre des exploitations à ciel ouvert.

Mais, généralement, ces opérations entraînent des impacts morphologiques du paysage naturel local. L'étendue spatiale de ces dégradations montre l'ensemble des espaces des activités minières à petite échelle. Cela a une conséquence environnementale considérable et constitue un risque majeur sur l'environnement. L'impact environnemental des exploitations concerne avant tout les pollutions du réseau hydrographique. Finalement, l'environnement physique affecté par les activités des petites mines sont notamment la topographie (géomorphologique) du paysage naturel, l'eau (les réseaux hydrographiques local ou régional), le sol, et l'air (pollution). Il s'y ajoute également d'autres domaines de préoccupation, tels que le travail des enfants, le taux de criminalité élevé autour des zones des activités minières.

Les écosystèmes de certains milieux naturels sont souvent très riches en biodiversité (faune et flore, ...). Mais la dégradation de l'environnement biologique est un des grands problèmes provoqués par les activités d'exploitation minière à petite échelle. Le principal risque environnemental intervient néanmoins lorsque les gisements de pierres traversent directement ces écosystèmes riches en biodiversité. L'extension des pollutions à proximité des villages miniers provoque également la disparition de certains écosystèmes et la recherche de matériaux de construction (bois) et des produits de consommation courante par les exploitants peut déboucher sur des phénomènes surprenants et inquiétants.

Par ailleurs, à Madagascar, en dépit des réglementations actuelles qui imposent aux exploitants formels de réaliser des études d'impact environnementales et de procéder à la réhabilitation des espaces exploités, on constate que ces mesures sont systématiquement inappliquées, et que l'abandon des carrières mécanisées laisse derrière lui la dégradation du milieu écologique. Des exemples révèlent des problèmes associés aux activités minières et à la protection de l'environnement à Madagascar. Les mineurs considèrent que les prescriptions de l'exploitation minière artisanale sont trop lourdes.

Les effets environnementaux de l'exploitation minière artisanale à Madagascar sont considérables. Le manque de connaissance des mineurs des lois et politiques environnementales nationales et des effets de leurs opérations sur l'environnement s'ajoute à la surveillance et l'application insuffisantes de ces lois ; les mines artisanales sont établies sans aucune

préoccupation de faire l'objet d'une étude d'impact environnemental et sans plans de dépollution ou de restauration (mesures environnementales).



Photo 7 : Zone d'exploitation de Tsarafara témoigne la forme allongée des dépôts gemmifères

Chapitre 8 : AMELIORATIONS DE LA TECHNIQUE D'EXPLOITATION DU GISEMENT DE TOURMALINE

8.1 Améliorations de la technique d'exploitation et de la condition de travail

Généralement, les exploitants travaillent dans une condition très dangereuse et n'utilisent guère de protection adéquate. Une formation sur la sécurité dans les mines et sur les chantiers est nécessaire pour informer les exploitants des dangers qui peuvent survenir dans les mines, des mesures de sécurités à prendre pour éviter au maximum les dangers et les utilisations de certains équipements de protection individuelle (EPI) tels que les casques, chaussures de chantier (avec une armature en acier pouvant résister à un choc de 20 kg)

et les lunettes de sécurité et d'autres mesures de sécurité pour réduire au maximum les risques de danger.

8.1.1 Amélioration de la technique d'exploitation

Pour moderniser la technique employée par les petits exploitants, il faut agrandir la dimension des puits pour recevoir plus d'individu et des matérielles telles que les brouettes, pelles, barres à mines. Pour avoir un peu plus de surface exploitable et un meilleur rendement, le dimensionnement des galeries devrait être réévalué pour permettre une meilleure condition de travail pour les exploitants et aussi à l'emploi des divers matérielles utilisées dans l'extraction des tourmalines.

8.1.2 Les mesures de sécurité à exécuter dans la zone d'exploitation

Plusieurs mesures de sécurité pourraient être appliquées dans le gisement de tourmaline dans la vallée de la Sahatany pour éviter les accidents liés au travail dans les mines. Les mesures de sécurité que les petits exploitants devraient employer sont l'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI) l'emploi des panneaux de signalisation pour prévenir tous dangers liés à l'éboulement, aux travaux de creusement de puits et des puits inactifs, les boisages pour retenir la terre et réduire le risque d'éboulement. La zone d'extraction des pierres fines de Tsarafara est potentiellement dangereuse pour la population à l'extrémité du gisement car il est facile d'entrer dans la zone d'exploitation. Pour minimiser les dangers, il faut clôturer la zone à exploiter et de remblayer les puits inactifs qui sont potentiellement dangereux.

a) Équipements de protection individuelle (EPI)

Les équipements de protection individuelle sont des équipements dont le rôle est de protéger un individu contre un risque donné, et selon l'activité qu'il sera amené à exercer. D'une manière générale, l'ensemble du corps peut et doit être protégé. Il s'agit généralement d'un vêtement professionnel. Les équipements de protection de base dans les mines sont les casques de protection pour protéger la tête contre les chocs qui peuvent survenir dans les mines,

lunettes de sécurité pour protéger les yeux des poussières et les chaussures de chantier pour protéger les pieds et les jambes.



Figure 2: Équipements de protection individuelle (EPI)

b) Panneaux de signalisation :

Les panneaux de signalisation sont des dispositifs qui affiche des informations, des dangers et des mesures à prendre pendant le travail ou en cas d'accident dans la zone d'exploitation et aux extrémités. Trois types de panneaux de signalisation est employer dans les zones d'exploitation et aux alentours.

Types de panneau de signalisation :

- les interdictions
- les obligations
- les précautions



Figure 3: exemples des panneaux de signalisation

c) Aérage

Les techniques d'aérage

L'aérage est une technique de renouvellement de l'air dans les travaux miniers souterrains, le plus souvent forcée par des ventilateurs. À l'exception de situation très particulière, la problématique d'aérage ne concerne que les exploitations souterraines dans lesquelles l'atmosphère est confinée et fortement exposée à l'influence des conditions locales du massif rocheux (gaz, température, humidité...) et de l'exploitation elle-même

(émission de chaleur, gaz, vapeurs...). En phase d'exploitation, il y a nécessité d'évacuer ces gaz et donc d'aérer les chantiers pour permettre le travail des mineurs dans de bonnes conditions :

- assurer la qualité convenable de la composition de l'atmosphère au sein de la mine, en termes de teneur en oxygène et de dilution de gaz nocifs ;
- assurer les conditions climatiques suffisantes, en termes de température et d'humidité. Par ailleurs, les techniques et les moyens d'aérage mis en œuvre doivent prendre en compte la lutte contre les poussières émises par l'exploitation.

Etude et caractérisation amont

- Caractérisation préalable des gaz potentiellement présents.
- Recours à des bureaux d'études spécialisés dans les calculs et le dimensionnement de circuits d'aérage.

Gestion et traitement

Nommer ou créer une fonction responsable « aérage » sur toute mine souterraine. Dans certains cas, il est indispensable de faire appel à des techniques spécifiques consistant à intercepter les gaz dans le massif rocheux et/ou dans les vieux travaux miniers, avant qu'ils n'atteignent l'atmosphère des ouvrages miniers en activité (Captage de gaz).

Suivi et information

- Suivre en continu et contrôler les performances des matériels d'aérage.
- Former et informer régulièrement les exploitants à la problématique gaz et aux usages des Equipement de protection individuel et collectif (EPI /EPC) proposés.

d) L'exhaure des mines

- Lorsqu'un puit intercepte la nappe phréatique, les eaux souterraines envahissent le puits. Pour poursuivre les travaux d'exploration, les exploitants doivent pomper cette eau vers un autre endroit.

- Les eaux de mine sont produites lorsque le niveau de la nappe phréatique est plus élevé que celui des travaux souterrains ou de la profondeur d'une mine à ciel ouvert. Lorsque cela se produit, l'eau doit être pompée de la mine. Alternativement, l'eau peut être pompée à partir des puits entourant la mine pour créer un cône de dépression dans le niveau de la nappe, réduisant ainsi l'infiltration.
- Lorsque la mine est opérationnelle, l'eau de mine doit être continuellement retirée de la mine pour faciliter la récupération du minerai. Cependant, une fois que les opérations minières prennent fin, le pompage et la gestion de l'eau de mine souvent s'arrêtent aussi, entraînant une possible accumulation dans les fractures de roche, puits, tunnels, puits à ciel ouvert et aussi des rejets incontrôlés dans l'environnement.

e) Agrandissement des puits et galeries et boisage

Dans la technique traditionnelle, les puits et les galeries sont très étroites et ne peuvent recevoir qu'un certain nombre très limité de main d'œuvre et d'outil. Il faut s'accroupir pour pouvoir se déplacer et travailler dans les galeries ce qui requiert un certain temps de travail et d'effort et diminue la productivité de l'exploitation. Il faut minimum 2 m de hauteur sous-plafond et 1,5 m pour mieux travailler dans une galerie et avoir un meilleur rendement et avoir plus de productivité. Pour résoudre ce problème :

- Il faut agrandir les puits et les galeries pour permettre plus d'espace de travail pour les mineurs et aussi de pouvoir utiliser plus d'outil et de matériel tel que les brouettes ou des convoyeurs. Mais l'agrandissement de ses puits et ses galeries favorisent l'éboulement du terrain donc l'emploi des boisages et soutènement en béton sont indispensables pour réduire au mieux le risque d'effondrement. Le boisage est une technique de renforcement d'une excavation ou une galerie en l'étayant avec du bois.
- Il faut mettre au point des boisages en guise de soutènement dans les galeries et les puits pour diminuer les risques d'effondrement.

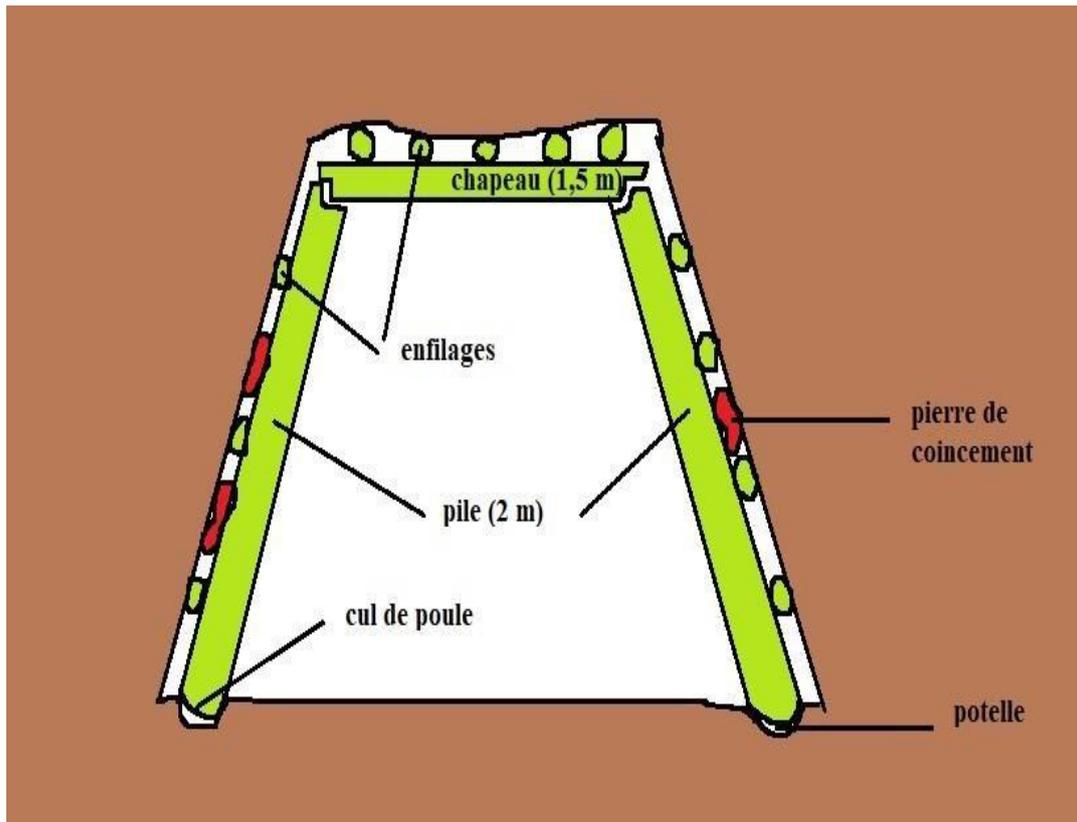


Figure 4: Coupe transversale d'une galerie employant la technique de boisage

8.2 Plan d'amélioration au cadre juridique et directif

Pour améliorer l'aspect juridique des petites mines comprenant les principaux exploitants dans la vallée de la Sahatany, l'application des solutions suivant est requise :

- Il faut résoudre le gel du permis minier. La résolution de ce gel pourrait susciter des nouveaux exploitants et résoudre les opérateurs miniers dus à ce gel tels que le ralentissement des activités et l'amointrissement des fonds.
- La formation des petits exploitants sur les lois qui régit sur l'exploitation minière est indispensable est des procédures administratives, réajuster les lois au profit du secteur petite mine malgache et réajuster les coûts des permis miniers pour être plus accessibles à l'exploitant malgache pour susciter ces exploitant à entrer dans le cadre légal aux vues de l'administration des mines et des ressources stratégiques de Madagascar.

- Informer les exploitants des impacts environnementaux et du danger que ça représente pour qu'ils procèdent à une étude d'impact environnemental en but d'obtenir l'autorisation environnemental.
- Le permis minier doit être obtenu qu'après l'obtention du permis environnemental l'approbation des études d'impact environnemental et il faut accélérer dans le plus bref délai le processus de délivrance de l'autorisation environnementale.
- Un contrôle du strict respect de l'interdiction d'entamer les travaux avant le début de l'exploitation minière s'avère donc indispensable pour ne pas vider le principe du premier arrivé, premier servi, de son sens.
- Il faut réadapter la mise en œuvre des lois et politiques pour les petites mines pour cause des faiblesses de ressources financières suffisantes des petits exploitants.

Mieux suivies et encadrées, l'impact socio-économique de ces mines s'en trouvera largement amplifié, tandis que leur impact négatif sur l'environnement sera sensiblement amoindri. Toutefois, l'intégration des petites mines artisanales dans le secteur informel, si elle est réussie, pourra contribuer à remédier au problème de la mise en œuvre des lois et politiques.

8.3 Plan d'amélioration sur l'impact sur l'environnement

Que ce soit dans l'imaginaire collectif ou dans les médias, le lien est souvent fait entre activité minière et impact environnemental. Il est vrai que les activités minières, comme toute activité industrielle, génèrent des impacts sur l'environnement, qui peuvent néanmoins être fortement minimisés grâce à l'évolution des technologies et la prise en compte de la protection de l'environnement dès les premières phases d'un projet minier. Pour réduire les impacts sur l'environnement, voici quelque bonne pratique et solution concernant l'environnement.

8.3.1 formation sur l'exploitation minière et ses impacts

La plupart des exploitants dans les petites mines ne connaissent pas les impacts des exploitations minières sur l'environnement. Il est essentiel d'avertir les exploitants des impacts de l'exploitation minière sur l'environnement, des lois liés aux protections de l'écosystème et des bonnes pratiques pour préserver l'environnement dans la zone d'exploitation et ses alentours. Ce projet de formation des petits exploitants concernant la réhabilitation et restauration des zones conduire à une exploitation plus convenable à la préservation de l'écosystème et un commencement à la modernisation des petites exploitations.

La réhabilitations

La réhabilitation comprend la conception et la construction de reliefs, ainsi que la mise en place d'écosystèmes durables ou d'une végétation alternative, en fonction de l'utilisation. Suite à l'extraction minière, on constate généralement une régression de la complexité structurelle et fonctionnelle. La réhabilitation a pour but d'aider un écosystème à retrouver ses fonctions et à redonner au sol ses caractéristiques productives, même si cela suppose généralement une utilisation nouvelle des sols et un renouvellement des espèces, en comparaison avec l'écosystème d'origine. Le nouvel écosystème sera plus simple en termes de structure en comparaison avec celui d'origine, mais il sera plus productif. Cela est par exemple le cas lorsqu'une forêt est remplacée par une plantation ou un pâturage.

Lorsque l'exploitation minière active cesse, les installations minières et le site doivent réhabilités et fermés. Un site minier doit toujours retourner à une condition qui ressemble le plus possible à la condition d'avant exploitation.

8.3.2 Limiter les impacts sur la biodiversité

- Traiter, préférentiellement de manière passive, les eaux de mine avant le rejet dans l'environnement (polluants, salinité).

- Limiter le défrichage au strict besoin.
- S'engager à recycler les matériaux inertes sur site ou en dehors du site.
- En cas de revégétalisations du site, favoriser l'insertion de plantes et arbres d'essence locale (voire réimplanter les sols et terres éventuellement préservés et stockés lors de creusement des puits ou déblai).

8.3.4 Réduire l'impact visuel

La réduction de l'impact au niveau de la vue s'avère nécessaire. Pour se faire, il faut :

- Réaménager et remettre en état le site (notamment les puits et galerie) au fur et à mesure de l'exploitation (dans la mesure du possible).
- Prévoir la réduction de l'impact visuel en anticipant la plantation d'arbres et d'arbuste pour servir d'écran.

CONCLUSION

En guise de conclusion, la vallée de la Sahatany qui se trouve dans la commune d'Alatsinainy-Ibity possède une potentielle minérale exceptionnelle et peut devenir une source de revenue et de travail stable et lucratif pour ces habitant mais la manque de technique et de connaissance concernant l'exploitation minière réduit le rendement du gisement et empêche les exploitants d'entrer dans le milieu légal.

Notre descente sur terrain nous a permis de voir, de localiser et de faire des travaux de reconnaissances d'une part et de faire une étude d'exploitation d'autre part.

D'après les enquêtes les observations mener, l'élaboration de formation de ces petits exploitant est indispensable pour innover la technique d'exploitation employée et de les inviter à être légale vis-à-vis de l'Etat.

L'objectif de cette mémoire est d'apporter des solutions pour une meilleur rendement de ces petites mines, d'informer les exploitant des lois qui régissent sur la filière minière, d'inciter les petits exploitant d'entrer dans le milieu légal.

Cependant, à limites à mes connaissances, ce travail et le projet d'amélioration et de recherche concernant les petites mines n'est pas achever mais ce travail pourrait aboutir à d'autre projet de recherche.

Bibliographie

- A Fernandez, G. S. (2003). *Tectonic evolution of the Proterozoic Itremo Group metasediments in central Madagascar*.
- CASSEDANNE, J. (1996). *Tourmalines : minéralogie, gemmologie*.
- Code Minier. (2005). Tananarive.
- DIETRICH, V. (1985). *The tourmaline group*.
- Hawthorn Frank, D. J. (1999, Mars). Classification of the minerals of the tourmaline group. *European Journal of Mineralogy*.
- HENRI.BESAIRIE. (1973). *Précis de géologie Malgache*. Antananarivo.
- Itokiana, R. H. (2011). *Etudes minéralogiques des pegmatite d'Ampahimena*.
- Lapparent. (1899). Minéralogie.
- LEBRUN, P. (2008, Juin). Minéraux et fossiles.
- Philippe. (1972). MADAGASCAR géologie. Dans *Encyclopædia Universalis* (p. 691).
- RAHERISOA, H. (2017). Caractérisation de la tourmaline et des minéraux associés de la vallée de Sahatany. *Thèse. ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO. ECOLE DOCTORALE : INGENIERIE ET GEOSCIENCES*.
- RUSKIN, J. (1890). *Works of John Ruskin*.
- Schuman, W. (1997). *Guide des pierres précieuses*.
- Windley. (1994). *Tectonic framework of the Precambrian of Madagascar and its Gondwana connections : a review and reappraisal*.

ANNEXES

Tableau 6 : Autorisations et permis minier à Madagascar

Autorisation /Permis	Validité	Activités autorisées	Personnes Eligible	Renouvellement
Déclaration de prospection (DP)	01 ans	Prospection	Toute personne physique ou morale de droit malagasy ou groupement/association	Non renouvelable
Autorisation Exclusive de Réservation de Périmètre (AERP)	03 mois	Prospection	Toute personne physique ou morale de droit malagasy ou groupement/association	Non renouvelable Une nouvelle demande ne peut effectuer qu'après 3 ans
Permis de Recherche (PR)	05 ans	Prospection et recherche	Toute personne physique ou morale de droit malagasy	Renouvelable deux (2) fois pour une durée de trois (3) ans à chaque renouvellement. »
Permis d'exploitation (PE)	40 ans	Prospection, recherche et exploitation	Toute personne physique ou morale de droit malagasy	Renouvelable une ou plusieurs fois pour une durée de vingt (20) ans pour chaque renouvellement.
Permis de Recherche et d'Exploitation réservé aux petits exploitant (PRE)	08 ans	Prospection, recherche et exploitation	Personne physique de nationalité malagasy ou groupement de petits exploitants malagasy	Renouvelable une ou plusieurs fois pour une durée de quatre (4) ans pour chaque renouvellement

Extrait du Code minier

Article 2 (nouveau). Au sens du présent Code, on entend par :

« Administration » : l'Administration de l'Etat ;

« Administration minière » : le Ministère chargé des Mines et l'ensemble de ses services centraux ou déconcentrés ;

« Affilié » : s'agissant d'une personne physique, les conjoint(tes) ainsi que les ascendants, les descendants au premier degré, les frères et sœurs respectifs des époux, consanguins et utérins, qui sont à charge, et s'agissant d'une personne morale, toute personne physique ou morale, qui détient un nombre de votes suffisant pour prendre ou bloquer une décision de la personne morale conformément aux statuts de cette dernière. L'affilié d'une personne morale est également toute autre personne morale sur laquelle la personne morale en cause peut exercer une majorité de votes ou une minorité de blocage sur les décisions à prendre, conformément aux statuts de la personne morale affiliée ;

« Amodiation » : Toute convention par laquelle le titulaire d'un permis minier en remet la recherche ou l'exploitation à un ou plusieurs tiers moyennant redevance ;

« Autorisation exclusive de réservation de périmètre » : l'autorisation exclusive de réservation de périmètre accordé pour un périmètre spécifique conformément aux dispositions du présent Code ;

« Carré » : la configuration géométrique sur la surface de la terre, qui représente l'unité de base de l'espace à l'intérieur duquel les droits sont conférés par les permis miniers ; chaque carré est la base d'un volume solide en forme de pyramide renversée dont le sommet est le centre de la terre ; les côtés du carré sont de six-cent-vingt-cinq mètres (625 m), orientés Sud-Nord et Ouest-Est parallèlement aux axes de coordonnées Laborde ou selon tout autre système de quadrillage éventuel, adopté ultérieurement par l'Administration minière ; »

« Carrière » : tous gîtes de substances de carrière ;

« Carte de retombes minières » : la carte sur laquelle sont portés tous les permis miniers en vigueur, les carrés disponibles, les réserves temporaires, les Autorisations Exclusives de Réservation de Périmètre (AERP), les gîtes fossilifères ainsi que les zones protégées ; »

« Collectivité Territoriale Décentralisée » : la Région et/ou la Commune, selon le cas ; »

« Couloir d'orpaillage » : les lits actifs des rivières et les alluvions récentes ; il constitue une servitude d'orpaillage légale et permanente qui s'applique de plein droit à l'égard de tout périmètre minier ; »

« Etude d'impact environnemental » : document portant engagements environnementaux du titulaire, en ce qui concerne le permis « E », dont les détails sont précisés par voie réglementaire ;

« Exploitation » : toute opération qui consiste à extraire ou à séparer des gîtes naturels ou des eaux, des substances minérales pour en disposer à des fins utilitaires ou esthétiques et comprenant à la fois les travaux préparatoires, l'extraction et éventuellement l'installation et l'utilisation des facilités destinées au traitement et à l'écoulement de la production ;

« Faute grave » : toute omission ou commission dans l'exercice des activités, pouvant mettre en péril la santé ou la sécurité publiques, ainsi que l'environnement ;

« Fossiles » : les restes, l'impression ou les traces laissées par un animal ou une plante d'une ère géologique antérieure, et qui sont préservés dans la terre ; font partie des fossiles les bois fossilisés,

« Frais d'administration minière annuels par carré : les frais dus par le titulaire, en recouvrement des coûts des prestations et de la gestion des droits attachés au permis minier qui sont garantis par l'Administration ; ils sont fixés par carré ; »

« Gisement » : tout gîte naturel de substances minérales économiquement exploitable dans les conditions du moment ou prévues pour l'avenir ;

« Gîte fossilifère » : toute concentration de fossiles dans la terre ;

« Investison » : la barrière réalisée en béton dans une exploitation de mine souterraine, et destinée à séparer deux mines contiguës appartenant à deux permissionnaires différents ;

« Mine » : tout gîte de substances minérales qui ne sont classées ni en carrière ni en fossiles ; le Ministre chargé des Mines déterminera, en tant que de besoin, par arrêté les substances minérales pour lesquelles les gîtes sont considérés mines ;

« Orpaillage : l'exploitation des gîtes alluvionnaires d'or par des techniques artisanales, à l'exclusion des travaux souterrains ; »

« Périmètre » : le carré ou l'ensemble de plusieurs carrés contigus ou jointifs qui font l'objet d'un permis minier ou d'une demande de permis minier ;

« Périmètre du projet » : l'ensemble constitué par le périmètre d'exploitation minière, ainsi que les terrains occupés ou réservés par le titulaire dans le cadre de son projet ;

« Permis Miniers » : les permis de recherche et/ou d'exploitation, octroyés conformément aux dispositions du présent Code ;

« Permis standard » : le permis de recherche ou le permis d'exploitation ;

« Petits exploitants : tous exploitants des mines à ciel ouvert ou sous terre jusqu'à une profondeur à fixer par voie réglementaire suivant la nature de leurs travaux, qui utilisent

des techniques artisanales sans transformation des minéraux sur le lieu de l'extraction ; la petite exploitation minière est l'activité du petit exploitant. Sont classés dans cette catégorie, les groupements de petits exploitants miniers et les groupements d'orpailleurs quel que soit le nombre de leurs membres respectifs ; »

« Plan d'engagement environnemental » : document portant engagements environnementaux du titulaire, en ce qui concerne les permis « R » ou les permis « PRE », dont les détails sont précisés par voie réglementaire ;

« Prospection » : l'ensemble des opérations qui consistent à procéder à des investigations superficielles en vue de la découverte des indices de substances minérales ;

« Recherche » : l'ensemble des travaux géologiques, géophysiques ou géochimiques, exécutés sur la terre ou en profondeur, en vue d'évaluer des indices ou gîtes de substances minérales pour en établir la nature, la forme, la qualité, la continuité et le volume, ainsi que les conditions de leur exploitation, concentration, transformation commercialisation, et de conclure à l'existence ou non de gisements exploitables ;

« Redevance Minière : la perception effectuée au profit de l'Etat et des institutions sectorielles nationales, qui est due sur la valeur des produits des mines à leur première vente ; »

« Ristourne : la perception au profit de la Province Autonome, de la Région et des Communes, qui est due sur la valeur des produits des mines à leur première vente ; »

« Substances de carrière » : toutes substances minérales destinées à la production de granulats (moellons, pavés, pierres plates, graviers, gravillons et sables) et de produits d'amendement de terres locales pour la culture (y compris les tourbières, mais à l'exception des phosphates, nitrates et sels alcalins) ; les substances de carrière sont exploitées à ciel ouvert ou en souterrain ;

« Substances minérales » : toutes substances naturelles inorganiques, amorphes ou cristallines, solides, liquides ou gazeux, situées en surface ou en profondeur, ou sous les eaux ;

« Techniques artisanales et de petites mines : les méthodes traditionnelles qui comprennent essentiellement l'emploi d'outils manuels et la force humaine ou animale pour l'extraction et le traitement des substances minérales du sol ou du sous-sol ; rentrent dans cette catégorie le recours au système de haute intensité de main-d'œuvre (système HIMO) ainsi que l'utilisation des équipements mécanisés et des explosifs dont les caractéristiques techniques sont précisées par arrêté ; »

« Territoire National » : le territoire national de la République de Madagascar, son plateau continental, ses eaux territoriales et sa zone économique exclusive, tels qu'ils sont définis par la loi et les conventions internationales expressément ratifiées par la République de Madagascar

« Titulaire » la personne physique ou morale au nom de laquelle le permis minier est libellé ;
« Transformation » : l'ensemble des opérations qui consistent à donner aux substances minérales un autre aspect que celui d'origine, en vue de les valoriser ;
« Transport » : l'acte matériel de déplacement des substances minérales d'un endroit à un autre lieu, tel le déplacement des produits de la mine du lieu de production à celui d'entreposage.
« Zones protégées : Toute portion de superficie du territoire national (zones, réserves et aires, ...) classée et protégée par diverses législations spécifiques (environnement, forêt, tourisme, autre) et dont la réglementation minière considère/reprenne comme étant une zone protégée au sens du présent Code minier. »

Article 15. « La prospection, la recherche et l'exploitation minière sont interdites à l'intérieur des zones protégées. Le Gouvernement peut déclarer certaines zones réservées et non disponibles pour la recherche ou l'exploitation des substances minérales ou des fossiles, pour les raisons et en suivant les procédures exposées aux articles 16 à 19 ci-après, sous réserve soit de la disponibilité du périmètre concerné, soit de l'accord écrit du titulaire des droits portant sur ce périmètre. Ces zones sont déclarées temporairement réservées.

En ce qui concerne les demandes en cours pour lesquelles aucune décision n'a été notifiée au demandeur à la date de la réservation temporaire, elles conservent leur rang de priorité au Bureau du Cadastre Minier. Toutefois, à la libération de la réserve temporaire, leur instruction suivra le régime appliqué à la zone concernée. »

« Techniques artisanales et de petites mines : les méthodes traditionnelles qui comprennent essentiellement l'emploi d'outils manuels et la force humaine ou animale pour l'extraction et le traitement des substances minérales du sol ou du sous-sol ; rentrent dans cette catégorie le recours au système de haute intensité de main-d'œuvre (système HIMO) ainsi que l'utilisation des équipements mécanisés et des explosifs dont les caractéristiques techniques sont précisées par arrêté ; »

Article 20 (nouveau). La prospection minière est libre sur tout le territoire national, en dehors :

- des zones protégées ;
- des zones classées temporairement réservées conformément au présent Code ;
- des périmètres couverts par des Permis miniers ou des Autorisations Exclusives de Réserve de Périmètres (AERPs) détenus par d'autres personnes.

Toute personne physique ou morale qui se propose de procéder à la prospection minière a l'obligation d'en faire la déclaration préalable auprès du bureau du Cadastre Minier.

Les modalités de la formalité de déclaration sont précisées dans le décret d'application du présent Code. »

Article 23. « La superficie qui peut être accordée par autorisation exclusive de réservation de périmètre ne peut excéder 15.000 km², soit 38.400 carrés. »

Article 28. « Les limites de la superficie totale couverte par des permis miniers qu'une personne peuvent détenir sont :

- pour le permis de recherche, jusqu'à 10.000 km², soit 25.600 carrés ;
- pour le permis d'exploitation, jusqu'à 1.000 km², soit 2.560 carrés ;
- pour le permis réservé au petit exploitant, jusqu'à 100 km², soit 256 carrés. »

Article 164. On entend par infractions minières, les violations des dispositions du Code minier et de ses textes d'application.

Article 170 (nouveau). Les auteurs des actes ci-après énumérés, qui constituent des délits, sont punis d'une peine d'emprisonnement d'un (1) mois à cinq (5) et d'une amende de 300.000 à Ar 20.000.000, ou de l'une de ces deux peines seulement. Il s'agit des actes :

- 1) de prospection de substances minérales, de substances de carrière ou de fossiles à l'intérieur des aires protégées ;
- 2) de mutilation et de destruction volontaires de fossiles prohibés ou non, à l'exclusion des fossiles non prohibés qui sont travaillés en vue d'une mise en valeur commerciale ;
- 3) de violation par une personne isolée d'un périmètre minier institué, par le déplacement des bornes repères ou de délimitation du périmètre, par l'exécution d'actes de prospection, de recherches ou d'exploitation minières, les substances ou fossiles non prohibés extraits à l'occasion de la prospection, de la recherche ou de l'exploitation minières, sont obligatoirement saisis.
- 4) de déplacement de bornes-repères ou de délimitation des périmètres miniers sans autorisation de l'Administration minière, dans le cas où le titulaire a exécuté cette formalité facultative.

Table des matières

REMERCIEMENTS	I
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : CONTEXTE GENERAL DE LA ZONE D’ETUDES ET RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES	2
Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA VALLEE DE LA SAHATANY	3
1.1 Situation géographique et présentation de la zone d’études	3
1.2 Géologie régionale	6
1.3 Géologie structurale	8
1.4 Géomorphologie	8
Chapitre 2 : GENERALITES SUR LES PEGMATITES	9
2.1 Définition	9
2.2 Types des pegmatites	9
2.3 Pegmatite de la vallée de la Sahatany	10
Chapitre 3 : GENERALITES SUR LES GEMMES	11
3.1 Les gemmes naturelles	11
3.2 Les critères de qualité « 4 C »	13
3.3 Classification morphologique des gemmes	15
3.4 Généralité sur les tourmalines	17
DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE	20
Chapitre 4 : CARACTERISATION DE LA TOURMALINE DE LA VALLEE DE LA SAHATANY	21
4.1 Les tourmalines du mont Ibity	21
4.2 Couleur, provenance et inclusions des tourmalines de la Vallée de la Sahatany	22
4.3 Prix des tourmalines de la vallée de la Sahatany	25
Chapitre 5 : MODES ET TECHNIQUES D’EXPLOITATION ACTUELLE DE LA TOURMALINE PAR LES EXPLOITANTS	28
5.1 Modes d’exploitation de gisement de tourmaline de la vallée de Sahatany	28
5.2 Technique d’exploitation du gisement de la tourmaline	28
5.3 Prospection	30
Chapitre 6 : CADRE JURIDIQUE MINIER MALGACHE	31

6.1 Permis miniers à Madagascar	31
6.2 Permis réservé aux petits exploitants (PRE).....	32
TROISIEME PARTIE : PROBLEMATIQUES ET RECOMMANDATIONS POUR AMELIORER L'EXPLOITATION DU GISEMENT DE LA TOURMALINE DE LA VALLEE DE LA SAHATANY	34
Chapitre 7 : PROBLEMATIQUES	35
7.1 Problème de la technique d'exploitation du gisement de tourmaline.....	35
7.2 Faiblesses du cadre juridique et directif	36
7.3 Impact sur l'environnement.....	37
Chapitre 8 : AMELIORATIONS DE LA TECHNIQUE D'EXPLOITATION DU GISEMENT DE TOURMALINE	39
8.1 Améliorations de la technique d'exploitation et de la condition de travail	39
8.3 Plan d'amélioration sur l'impact sur l'environnement	46
CONCLUSION.....	49
Bibliographie.....	50
ANNEXES	51

Nom : RATOMPOHARIMISA
Prénoms : Miantsahasina
Titre du mémoire : AMELIORATION DE L'EXPLOITATION DE LA TOURMALINE PAR LES PETITS
EXPLOITANTS DANS LA VALLEE DE LA SAHATANY
Nombre de photo : 07
Nombre de figures : 04
Nombre de tableaux : 06
Nombre de pages : 58

RESUME

La vallée de la Sahatany se trouve dans la Commune d'Alatsinainy-Ibity, dans la Région de Vakinankaratra. Le champ de pegmatite de la vallée de la Sahatany renferme divers minéraux dont les Tourmalines. L'exploitation de ce gisement de tourmaline est un des principales activités des habitants de la vallée.

Les enquêtes faites sur ces petites mines révèlent les divers problèmes rencontrés dans l'exploitation de la Tourmaline de la Sahatany dont les problèmes technique, juridique et environnementale, ce qui ont amené à la recommandation et suggestion pour améliorer l'exploitation de la tourmaline par les petits exploitants.

Mot clé : Tourmalines, Pegmatites, Petites mines, Vallée de la Sahatany

ABSTRACT

The Sahatany Valley is located in the Commune of Alatsinainy-Ibity, in the Vakinankaratra Region. The pegmatite field of the Sahatany valley contains various minerals including Tourmalines. The exploitation of this tourmaline deposit is one of the main activities of the inhabitants of the valley.

The investigations carried out on these small mines reveal the various problems encountered in the exploitation of Tourmaline from the Sahatany including technical, legal and environmental problems, which led to the recommendation and suggestion to improve the exploitation of tourmaline by small operator.

Key Word: Tourmalines, Pegmatites, Small mines, Sahatany valley

Adresse de l'auteur : lot 0714 f 124 Mahazina Antsirabe
Téléphone : 033 09 323 61
E-mail : miantsahasinar@gmail.com

Encadreur : Monsieur ZARAMPIRENENA Ratolojanahary
