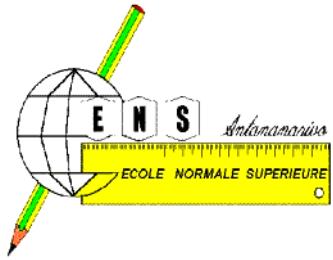




UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE

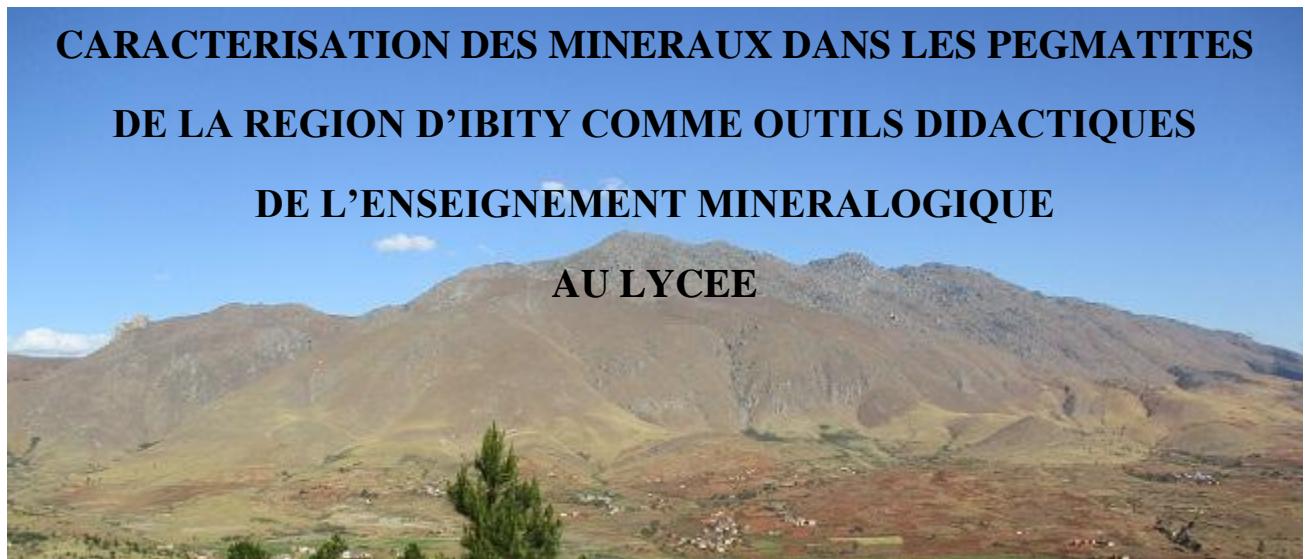


DOMAINE : SCIENCE DE L'EDUCATION

MENTION : FORMATION DES RESSOURCES HUMAINES DE
L'EDUCATION (FRHE)

PARCOURS : FORMATION DE PROFESSEUR SPECIALISE EN
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master



Soutenu publiquement par : NOELIHARISOA Hanjatiana

Promotion N.A.T.I.O.R.A

Date : 20 Février 2019

Membre de jury :

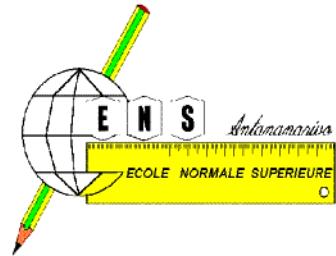
Président : Docteur RABOTOVAO Andrisoa Sylvain

Examinateur : Docteur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné

Rapporteur : Docteur ANDRIAMAMONJY Solofo mampiely Alfred



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE

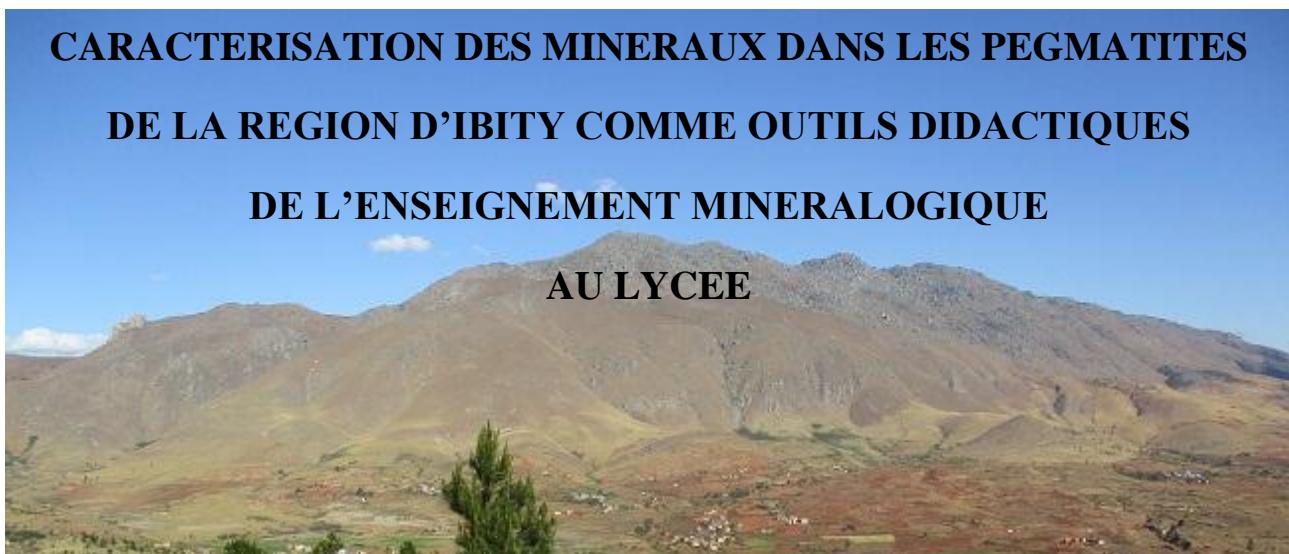


DOMAINE : SCIENCE DE L'EDUCATION

**MENTION : FORMATION DES RESSOURCES HUMAINES DE
L'EDUCATION (FRHE)**

**PARCOURS : FORMATION DE PROFESSEUR SPECIALISE EN
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master



Soutenu publiquement par : NOELIHARISOA Hanjatiana

Promotion N.A.T.I.O.R.A

Date : 20 Février 2019

Membre de jury :

Président : Docteur RABOTOVAO Andrisoa Sylvain

Examinateur : Docteur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné

Rapporteur : Docteur ANDRIAMAMONJY Solofo mampiely Alfred

LES MEMBRES DE JURY DE MEMOIRE DE Madame NOELIHARISOA Hanjatiana

- PRESIDENT :** Docteur RABOTOVAO Andrisoa Sylvain
Assistant d'Enseignement et de Recherche
Enseignant Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure
Université d'Antananarivo
- JUGE :** Docteur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné
Spécialiste en Métallogénie et Pédologie
Maitre de Conférences
Enseignant Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure
Université d'Antananarivo
- RAPPORTEUR :** Docteur ANDRIAMAMONJY Solofo mampiely Alfred
Spécialiste en Pétrologie et Géologie Appliquée
Maitre de Conférences
Enseignant Chercheur à la Faculté des Sciences
Université d'Antananarivo

REMERCIEMENT

La réalisation de ce mémoire n'aurait pu être menée à terme sans la collaboration étroite et l'aide précieuse, l'appui matériel et surtout l'appui moral de nombreuses personnes.

Je présente mes sincères remerciements au Dieu Tout Puissant qui a veillé sur moi durant mes études.

Je tiens à exprimer ma très vive reconnaissance à Monsieur RABOTOVAO Andrisoa Sylvain, qui a fait l'honneur de présider le jury de mémoire, malgré ses nombreuses obligations.

J'adresse ma gratitude et mes précieux remerciements à Monsieur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné d'avoir porté un intérêt à mon travail et d'avoir bien voulu être l'examinateur de ce mémoire en dépit de ses nombreuses responsabilités.

L'expression de ma haute considération et gratitude à Monsieur ANDRIAMAMONJY Solofomampiely Alfred, en tant qu'encadreur de mémoire pour sa confiance et ses conseils et qui n'a pas ménagé ses conseils et ses efforts pour la bonne marche de mon travail et grâce à ses nombreuses suggestions a rendu ceci meilleur.

Je présente ma considération distinguée à Madame le directeur de l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo.

Je voudrais également adresser mes profondes reconnaissances à tous les Professeurs de la mention FRHE et du parcours Sciences de la Vie et de la Terre pour les savoirs qu'ils m'ont transmis durant mes années d'étude et à tous personnels administratifs de l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo.

J'exprime également mes sincères remerciements à tous les Proviseurs et les enseignants de Sciences de la Vie et de la Terre dans tous les Lycées enquêtés, qui m'ont accueilli sans hésitation et ont répondu sincèrement aux questions pendant l'enquête.

Je remercie vivement mes parents et ma famille qui m'ont soutenue financièrement et moralement durant tout le long de mes études, surtout pour la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier également mes amis, mes collèges et la promotion N.A.T.I.O.RA pour leurs soutiens.

Enfin, j'exprime toute ma reconnaissance à tous ceux qui ont participé de près ou de loin, et ont contribué à la concrétisation de ce travail.

Liste des figures

Figure 1 : Itinérances Antananarivo- Ibity.....	3
Figure 2: Domaines et sous-domaine de Madagascar	6
Figure 3 : Domaine d'Antananarivo, sous domaine d'Itremo	7
Figure 4: Pegmatite.....	10
Figure 5 : Marteau de géologue.....	23
Figure 6: A: Boussole, B: photo en train de faire des mesures	24
Figure 7: Marqueur	24
Figure 8 : Différents faciès pétrographiques dans le secteur d'étude. A : Migmatite avec veine de quartz, B : Quartzite à magnétite, C : Métaconglomérats, D : Quartzite de Tsingy de Bemaraha, E : Micaschiste, F : Cipolins à trémolite, G : Amphibole, H : Granite rose, I : Filon de pegmatite	26
Figure 9 : Carte géologique de la région d'Ibity	27
Figure 10: Quelques gisements de pegmatites d'Ibity. A : Gisement primaire d'Antokambohitra, B : Gisement primaire d'Ambalavao, C : Gisement secondaire d'Antanetilapa, D : Gisement secondaire de Tsingy de Bemaraha, E : Gisement de pegmatite à Béryl d'Ambalavao, F : Echantillon de béryl dans le gisement d'Ambalavao	28
Figure 11: Minéraux des pegmatites	29
Figure 12: Pegmatites. A : Pegmatite à tourmaline noire-verte-rose, B : Pegmatite graphique	30
Figure 13: Tourmalines. A et B : Tourmaline rose-verte-noire-polychrome,	33
Figure 14: Quartz. A : Cristal de quartz, B : Quartz rose, C : Citrine	34
Figure 15: Lépidolites.....	35
Figure 16: Feldspaths. A: Orthose, B: Albite	36
Figure 17: Béryls	37
Figure 18: Grenats dans du micaschiste	37
Figure 19: Quartzite à magnétite	38
Figure 20: Rhodizite	39
Figure 21: Hématite	40
Figure 22 : Représentation graphique de la préférence de la matière par les enseignants ..	43
Figure 23 : Représentation graphique des avis des enseignants sur la matière géologie	43
Figure 24 : Représentation graphique des avis des enseignants sur la méthode appropriée pour enseigner la géologie	45
Figure 25 : Représentation graphique des réponses des enseignants sur le nombre d'échantillons dans leur établissement	47

Liste des tableaux

Tableau 1: Différentes pegmatites avec ces minéraux associés et leur localisation.....	30
Tableau 2: Répartition des enseignants selon leur genre.....	41
Tableau 3: Répartition des enseignants de SVT suivant leur nombre d'année de service...	42
Tableau 4 : Avis des élèves selon les enseignants sur la géologie	44
Tableau 5 : Réponse des enseignants sur les préférences de sources de documentation	44
Tableau 6 : Préférence des enseignants sur la concrétisation.....	46
Tableau 7 : Avis des enseignants sur l'utilisation des pegmatites pour enseigner la minéralogie	48
Tableau 8: Avis des participants sur le contenu de la présentation	50
Tableau 9: Réponse sur l'évaluation de la proposition et sa réalisation	50
Tableau 10: Avis des participants sur l'apport de la proposition	51

Liste des Abréviations

CDIST : Centre d'Information et de Documentation en Sciences et Techniques

E.N.S : Ecole Normale Supérieure

GPS : Global Position System

HCl : Acide chlorhydrique

MEN : Ministère de l'Enseignement Nationale

PGRM : Projet de Gouvernance des Ressources Minérales de Madagascar

Peg : Pegmatite

S.Q.C : Schiste Quartzite Cipolin

TP : Travaux Pratiques

QMM: QIT Madagascar Minerals

Web: Webographie

Liste des Annexes

Annexe 1 : QUESTIONNAIRE DESTINE AUX ENSEIGNANTS SVT DE LA CLASSE DE SECONDE

Annexe 2 : EVALUATION ADRESSEE AUX PARTICIPANTS DE LA SIMULATION

Annexe 3 : EXEMPLES DE FICHE DE TP DES MINERAUX

Annexe 4 : CRISTALLISATION FRACTIONNEE

GLOSSAIRE

- Cristal : substance minérale homogène de composition chimique définie, limitée par des surfaces planes formant des angles précis entre elles, lui donnant une forme géométrique définie.
- Faciès : ensemble des caractères pétrographiques (composition minéralogique, composition chimique, aspect sur le terrain) et paléontologiques (nature des fossiles contenus) permettant de reconstituer l'environnement du milieu de sédimentation où la roche a pris naissance (en d'autres termes : les conditions de la genèse de la roche).
- Filon : gisement étendu de forme allongée, ou veine de ressource naturelle exploitable, souterraine ou à fleur de terre
- Gemme : pierre précieuse, fine ou ornementale ou n'importe quelle matière très dure ou colorée ayant l'aspect de ces pierres et utilisée comme ornement.
- Géode : cavité rocheuse tapissée de cristaux (souvent automorphe) et d'autres matières minérales.
- Minéral : substance naturelle, inorganique présentant une structure interne caractéristique avec une composition chimique et des propriétés physico-chimiques qui sont soit uniformes soit variables dans des limites définies.
- Myarolitique : désigne une roche présente qui présente une cavité contenant des minéraux pneumatolitiques.
- Pneumatolitique : gîte des minéraux périgranitique (filon magmatique, filon de quartz ou gîte métallique localisé sur les marges d'un massif granitique), résulte de dépôts dans les fractures à partir de vapeur (pneuma, souffle) lors de la phase finale de cristallisation d'un magma. C'est en particulier le cas des pegmatites.
- Porphyroblastique : décrit une roche métamorphique dont la texture présente de mégacristaux (porphyroblaste) dans une matrice aux cristaux plus fins.
- Skarn : roche calcaro-silicatee résultant de la transformation des carbonates au contact d'une intrusion magmatique

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PARTIE I : GENERALITES.....	0
Chapitre I : GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE.....	3
Chapitre II : GEOLOGIE DE MADAGASCAR	5
Chapitre III : GENERALITE SUR LES PEGMATITES.....	10
Chapitre IV : GENERALITES SUR LE ROGRAMME SCOLAIRE ET LA CONCRETISATION	14
PARTIE II : METHODE DE TRAVAIL ET MATERIELS UTILISES	17
Chapitre I : METHODOLOGIES	17
I.1 Etudes bibliographique et webographique	17
I.1.1 Bibliographie.....	17
I.1.2 Webographie	17
I.2 Etudes sur terrain.....	18
I.2.1 Première étape : à l'échelle des paysages ou de l'affleurement	18
I.2.2 Deuxième étape : à l'échelle d'une formation ou de l'échantillon.....	19
a) La texture de la roche	19
b) La structure de la roche	19
c) La composition minéralogique.....	20
I.3 Enquêtes : Questionnaire.....	21
Chapitre II : MATERIELS UTILISES.....	23
II.1 Matériels de prélèvements de données	23
II.2 Matériels d'enregistrement de données	24
PARTIE III : RESULTAT, ANALYSE ET INTERPRETATION	12
Chapitre I : RESULTAT ANALYTIQUE DES ETUDES SUR TERRAIN.....	25
I.1 Cartographie géologique de la zone d'étude	25
I.2 Les gisements pegmatitiques de la Vallée de Sahatany	28
I.2.1 Les pegmatites potassiques	29
I.2.2 Les pegmatites sodolithiques.....	29
I.3 Etude des minéralisations dans les pegmatites.....	32
I.3.1 Les tourmalines	32
I.3.2 Le quartz.....	33
I.3.3 Les micas.....	35

I.3.4	Les feldspaths.....	35
I.3.5	Béryls	36
I.3.6	Grenats	37
I.3.7	Magnétites	38
I.3.8	Apatite	38
I.3.9	Rhodizite	38
I.3.10	Hématite	39
	Chapitre II : RESULTAT ANALYTIQUE DES ENQUETES	41
II.1	Analyse des résultats concernant l'information des enseignants	41
II.1.1	La répartition des enseignants selon leur genre.....	41
II.1.2	La répartition des enseignants selon leur année de service	42
II.2	Analyse des résultats sur la discipline de la géologie.....	42
II.2.1	La préférence de la matière par les enseignants	42
II.2.2	Avis des enseignants à propos de la géologie	43
II.2.3	Avis des élèves selon les enseignants sur la géologie	44
II.3	Elaboration du cours.....	44
II.3.1	Préférence sur les sources de documents utilisés	44
II.3.2	Préférence sur la démarche employée	45
II.3.3	Préférence sur la concrétisation.....	46
II.3.4	Réponse des enseignants sur le nombre et l'utilisation des échantillons	46
II.4	Analyse des résultats concernant la minéralogie et la pegmatite	47
II.4.1	Utilisation des pegmatites pour l'enseignement de la minéralogie	47
	Chapitre III : RESULTAT DE LA PRATIQUE OU SIMULATION	50
III.1	Avis des participants sur le contenu	50
III.2	Evaluation de la proposition et sa réalisation.....	50
III.3	Avis sur l'apport de la proposition	51
	Conclusion :.....	51
	Chapitre IV : INTERETS ECONOMIQUES ET PEDAGOGIQUES DU TRAVAIL	52
IV.1	Intérêts économiques.....	52
IV.2	Intérêts pédagogiques	52
	PARTIE IV : DISCUSSION ET RECOMMANDATION	56
I.	Discussions.....	56
II.	Recommandation.....	58
	CONCLUSION GENERALE	60
	Références bibliographiques.....	62

Webographie.....	64
ANNEXES	65

INTRODUCTION

L’île de Madagascar regorge d’immense richesse naturelle. Grâce à son histoire géologique très complexe depuis précambrien jusqu’à actuel, il possède d’innombrables ressources géologiques telles que les roches, les minéraux et les pierres gemmes de diverses variétés. (Web1, Web2).

Des exploitations minières se sont beaucoup développées à Madagascar ces dernières années, notamment comme l’extraction des minerais de Nickel et Cobalt (Ambatovy), l’Ilmenite (QMM), la Chromite (Andriamena), la Houille qui est un prochain grand projet pour l’énergie (Sakoa). De plus, ces dernières décennies ont été aussi marquées par la découverte de plusieurs gisements de pierres gemmes comme les tourmalines, les béryls, les grenats, … (Web3). Les pierres gemmes sont surtout exploitées dans les pegmatites par excavation dans des petits gisements pendant lesquelles les miniers utilisaient des techniques et matériels simples, rudimentaires et traditionnels. Ces opérations sont parfois confondues avec les mines artisanales, qui sont, elles, liées à des exploitations informelles (Hilson, 2002). Ce sont des exploitations artisanales et informelles.

La région d’Ibity constitue une formation géologiquement exceptionnelle par ses faciès ainsi que ses gisements pegmatitiques. Ces pegmatites sont célèbres par leurs gemmes et leurs minéraux d’intérêts économiques reconnus. Cependant, ils détiennent aussi une contribution dans d’autres domaines, comme dans l’enseignement des Sciences de la Terre.

Lors de notre stage au lycée, plusieurs feedbacks (négatifs ou positifs) sur les processus de l’enseignement des différentes disciplines ont été révélés. Parmi cette constatation, les difficultés des enseignants à l’enseignement et à la maîtrise des chapitres en classe de Seconde ; à savoir, la minéralogie, la pétrographie et l’étude des minéraux qui sont considérés comme base de la géologie générale au lycée. En outre, l’inexistence d’un site pédagogique exceptionnelle telle que les gisements de l’Ibity fait partie des contraintes didactiques sur la concrétisation de ces chapitres, et plus particulièrement la minéralogie.

Ce problème nous conduit à réfléchir sur cette situation et de choisir comme thème : **« La caractérisation des minéraux dans les pegmatites de la région d’Ibity comme outils didactiques de l’enseignement minéralogique au lycée ».**

Récemment, des changements s'opèrent dans le programme scolaire malagasy y compris pour la Science de la Terre en classe de seconde. Ces minéralisations dans les pegmatites sont très indispensables pour l'enseignement de la matière surtout pour la concrétisation du chapitre Minéralogie. L'enseignement de la minéralogie est trop théorique à cause du manque de concrétisation et de matériels didactiques. Et les sorties sur terrains sont inexistantes (Ranjanaina, 2015). Cela nous amène à demander : « Dans quelles mesures, l'étude des minéralisations dans les pegmatites de la région d'Ibity contribue-t-elle à l'amélioration de l'enseignement de la Minéralogie en classe de Seconde ».

Notre hypothèse de travail est que ces minéralisations nous serviront comme matériels de concrétisations en travaux pratiques (au laboratoire et sur terrain). Leurs gisements permettraient la réalisation des sorties pédagogiques en tant que pratique.

Ce mémoire a pour objectifs de déterminer les différentes pegmatites dans la région d'Ibity et valoriser ses différents minéraux associés. Ensuite, les utiliser pour aider les enseignants au lycée pour améliorer l'enseignement de la minéralogie.

Ce travail comporte les quatre parties successives dont la première concerne la généralité sur la région d'Ibity y compris les pegmatites et ses minéraux ainsi que la généralité sur le programme scolaire et la concrétisation. La deuxième parlera de la méthodologie comprenant les méthodes utilisées pour la réalisation du travail ; la troisième présente les résultats, les analyses et l'interprétation des études sur terrain et les enquêtes. Enfin, la discussion et la proposition par rapport aux recherches faites termineront le travail.

PARTIE I : GENERALITES

Chapitre I : GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE

1.1 Situation géographique de la zone d'étude

La région d'Ibity se trouve dans la partie centrale de Madagascar. Elle se situe dans la commune rurale d'Ibity, dans le district d'Antsirabe II, dans la région de Vakinankaratra. Elle est à 26 kilomètres au Sud de la région d'Antsirabe et accessible sur route (Figure 1).

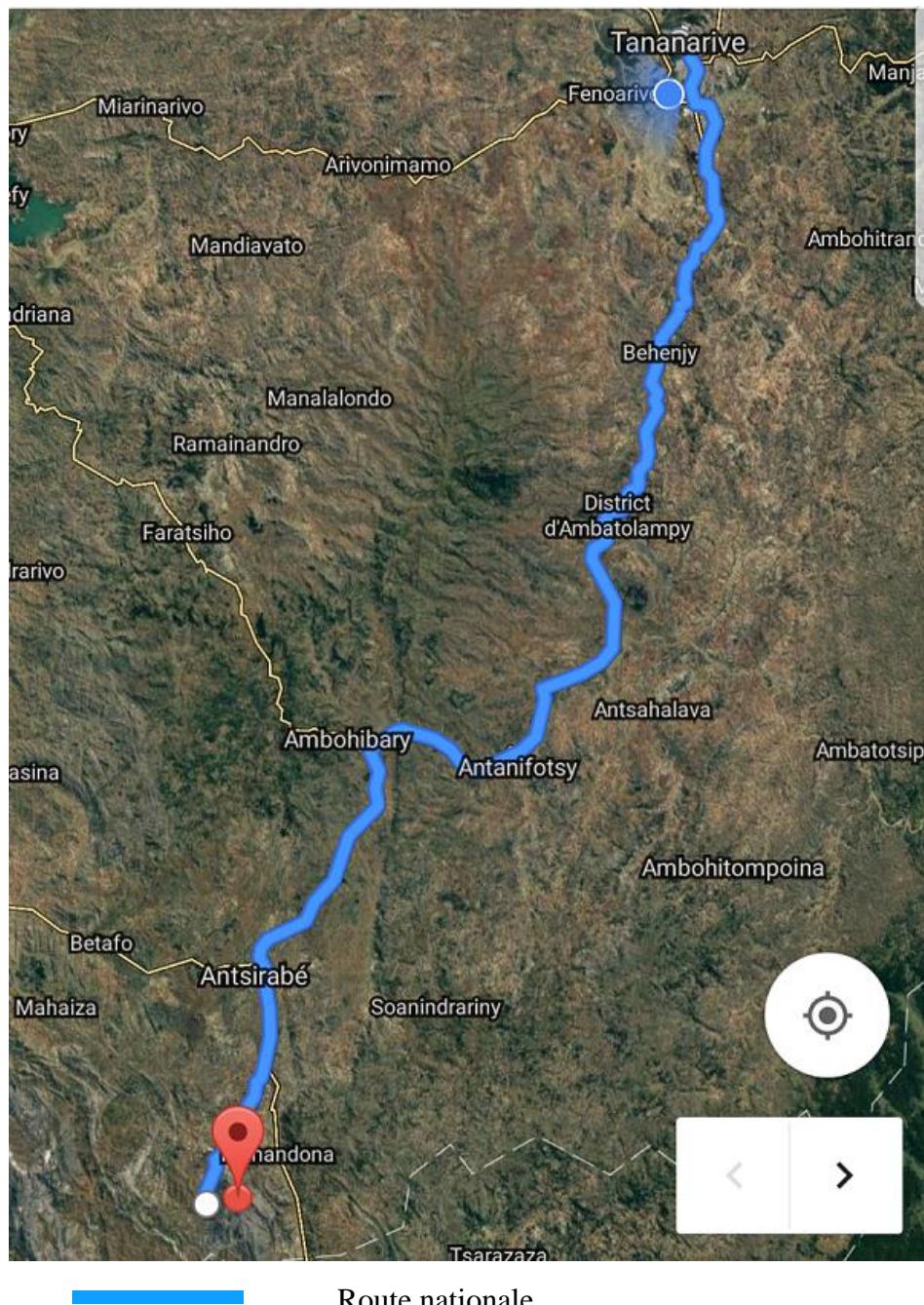


Figure 1 : Itinéraires Antananarivo- Ibity

Source: Google earth, 2018

I.2 Aperçu géologique du secteur d'étude

La région d'Ibity se localise dans la partie centrale du socle cristallin Malagasy, plus précisément dans l'extrême Nord-Est de la série SQC au contact avec le groupe d'Ambatolampy (figure 9). Elle est constituée généralement par la série Schisto-Quartzo-Carbonatée ou SQC avec la suite magmatique d'Imorona-Itsindro datée entre 820 à 760 Ma et la suite magmatique d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano âgée entre 570 à 520 Ma. Les deux séries sont caractérisées par des faciès de schistes verts et amphibolites (Moine 1974, Cox et al 1998). La série SQC correspond à une séquence positive de quartzites-schistes-cipolins parfois à dolomitiques provenant d'une sédimentation épicontinentale (Hottin, 1976 ; Windley, 1994 ; Cox et al, 1998). Cette série était affectée par deux phases de déformations : une première phase (D1) plicative de direction ENE-WSW à ESE-WSW et une seconde phase de déformation (D2) de direction NNW-SSE à NNE-SSW qui est à la fois plicative et cassante (Rasoamanana 2004). Cet ensemble est recoupé par des granites et des filons pegmatitiques.

Notre secteur d'étude possède une diversité en plantes et animaux rares. C'est pour cela qu'il a été considéré comme aire protégée.

I.3 Statut de conservation

L'aire protégée d'Ibity s'étend sur une superficie de 8.136 ha dans les communes de Sahainivotry, Manandona et Ibity. Elle est constituée de grottes, de savanes, de forêts-galeries et de végétation saxicoles.

Elle renferme une vingtaine de plantes et les 30 espèces d'animaux endémiques, comme les Chiroptera (chauves-souris) et les Chamaeleonidae (caméléons), font la renommée de cette aire protégée.

Après la sortie d'un décret d'application de la protection et la signature d'un accord national du plan d'aménagement et de gestion au mois d'août, le Missouri Botanical Garden (MBG) et l'Office régional du Tourisme du Vakinankaratra (ORTVa) ont décidé de se lancer dans la promotion de cette aire qui présente des atouts environnementaux, touristiques, et économiques pour la région (Web4)

Chapitre II : GEOLOGIE DE MADAGASCAR

Madagascar est constitué par deux grands ensembles géologiques qui sont le socle cristallin ou socle précambrien (Roig et al, 2012), il couvre les deux tiers de la surface de l'île, et l'autre tiers est les terrains sédimentaires ou les bassins sédimentaires représentés par les trois bassins Diego, de Morondava et de Majunga qui se trouve dans la partie Ouest, les bassins lacustres et quelques formations sédimentaires dans la frange orientale avec les formations volcaniques à partir du Tertiaire-Quaternaire.

Le socle cristallin précambrien se divise en six (6) grands domaines géologiques (Roig et al, 2012). Ces domaines sont (Figure 2) :

- ❖ le domaine **Antongil/Masora** dans la partie orientale, d'âge de mésoarchéen.
- ❖ le domaine **d'Antananarivo**, au centre, d'âge néoarchéen.
- ❖ le domaine **d'Ikalamavony** qui marque la limite entre le domaine d'Antananarivo et le domaine d'Androyen-Anosyen, il est d'âge Néoproterozoïque.
- ❖ le domaine **d'Androyen-Anosyen**, constitué d'un substratum d'âge paléoprotérozoïque et d'une couverture déposée avant le néoprotérozoïque terminal.
- ❖ le domaine de **Bemarivo** constitué d'un arc magmatique néoprotérozoïque âgé de Cryogénien.
- ❖ le domaine de **Vohibory** qui occupe le Sud-Ouest de Madagascar.

Notre zone d'étude se localise dans le domaine d'Antananarivo.

II.1 Domaine d'Antananarivo

Le domaine d'Antananarivo est constitué par plusieurs formations : le complexe de Tsaratanana, des formations d'âge Mésoproterozoïque dont le groupe de Manampotsy et le groupe d'Ambatolampy et puis par les formations d'âge Paléoprotérozoïque qui sont le sous-domaine d'Itremo. L'ensemble est recoupé par plusieurs suites magmatiques d'âge Néoarchéen qui sont représentées par les suites de Betsiboka, les suites magmatiques de l'Imorona-Itsindro et d'Ambalavao-Kiangara- Maevarano (Tucker et al, 2012) (Figure 3). Notre zone d'étude se trouve dans le sous domaine d'Itremo.

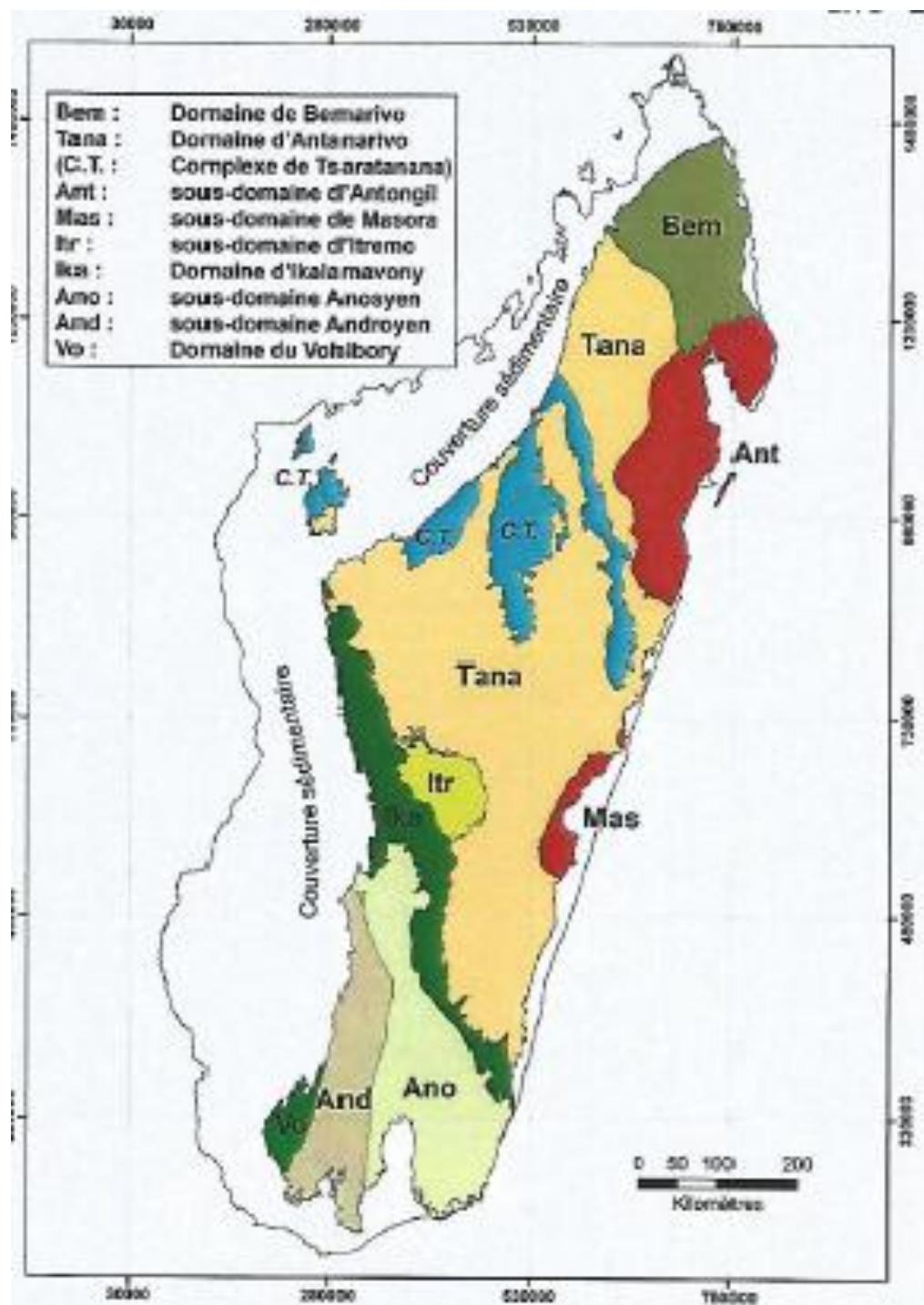


Figure 2: Domaines et sous-domaine de Madagascar

Source : Roig et al, (2012)

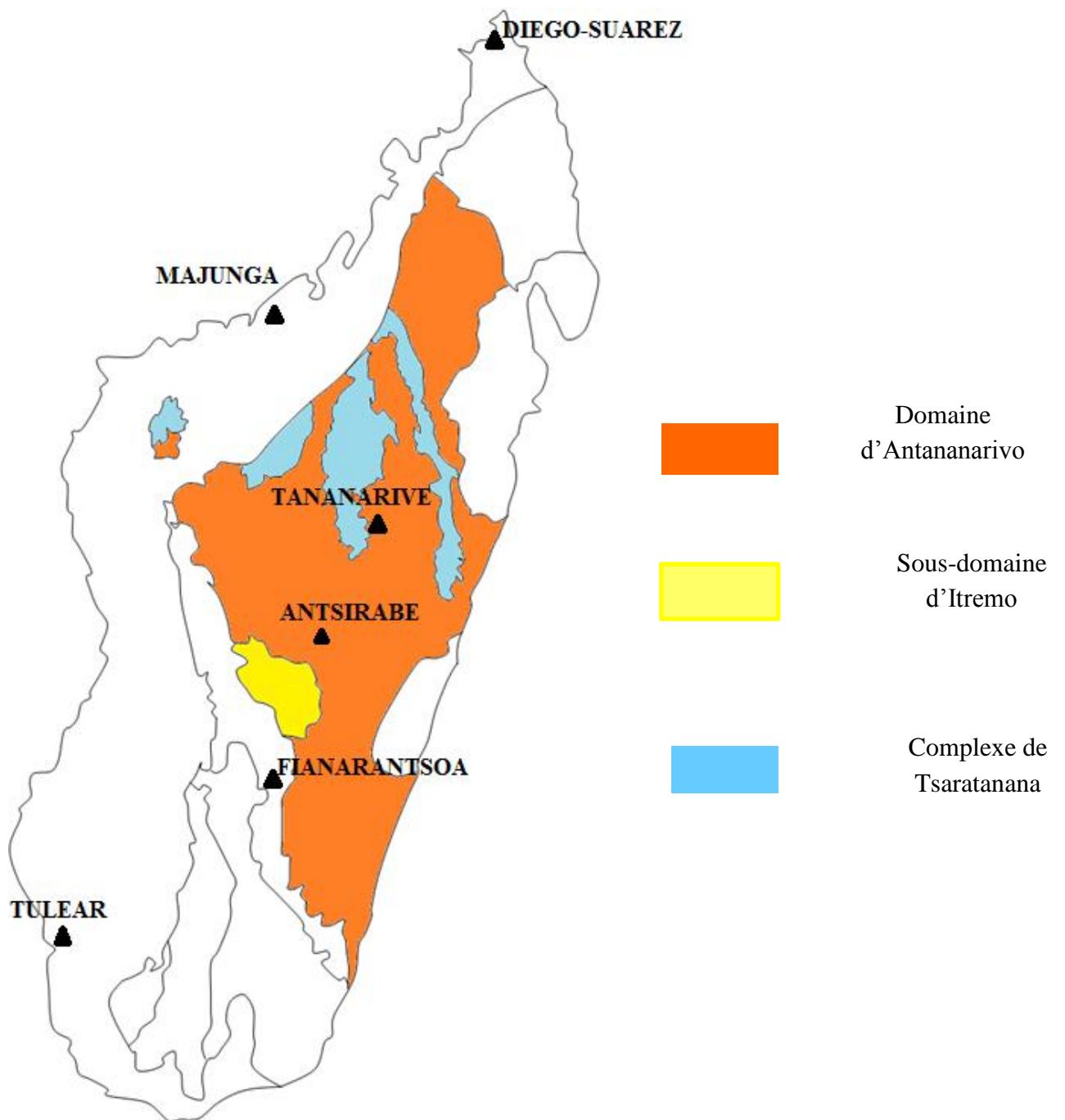


Figure 3 : Domaine d'Antananarivo, sous domaine d'Itremo

Source : Auteur, 2019

II.2 Sous-domaine d'Itremo

Le Sous-domaine d'Itremo est une formation d'âge paléoprotérozoïque, il est constitué par l'ensemble SQC Schisto- Quartzo – Cipolins ou SQD Schiste- Quartzo - Dolomitique dans la région d'Ambatofinandrahana et Ibity (Moine, 1967-1971).

Le sous-domaine d'Itremo est défini par un métamorphisme épicontinentale ou épizone à mésozonal qui sépare distinctement les facies catazones de formation à graphite sous-jacent du groupe d'Ambatolampy (Roig et al, 2012).

Donc, il est caractérisé par le facies original épicontinentale et continental de plateforme. Le sous-domaine d'Itremo est recoupé par les suites magmatiques d'Imorona-Itsindro (820-760Ma) et Ambalavao-Kiangara-Maevarano (570-520Ma), elles sont formées respectivement de gabbros, de syénites et de granites (Tucker et al, 2012).

Cette série est composée par :

II.2.1 Quartzites

Les quartzites couvrent la majeure partie de la formation SQC avec des puissances apparentes de 1500 m (cas du mont d'Ibity et d'Amporona). Ils se présentent en bancs métriques ou décimétriques interstratifiés dans les autres faciès du groupe. Les quartzites sont formés principalement de quartz, à granulométrie variable (grains fins à gros grains) et de minéraux accessoires tels que la muscovite, la biotite, la tourmaline, le feldspath potassique et la sillimanite (Moine, 1974). Des quartzites à itacolumite¹ sont également observés dans la formation. Des structures sédimentaires comme des stratifications entrecroisées, des rides sédimentaires et des niveaux conglomératiques peuvent être rencontrées sur les quartzites (Moine, 1974).

II.2.2 Schistes

Les schistes sont pseudo-ardoisiers à grains fins (Tucker et al, 2012). Ils sont plus restreints par rapport à la série des quartzites (Moine, 1974). Les schistes se présentent soit sous forme d'un ensemble quartzo-micacé à schistosité plane très marquée, soit sous forme de banc de micaschiste homogène. Les principaux minéraux sont la muscovite et la biotite en proportion variable. Ils renferment exceptionnellement de disthène et de cordiérite. La tourmaline est très fréquente.

¹ Quartzites à grains très fins de quartz et de micas, engrenés d'une manière lâche et articulée, leur conférant une certaine flexibilité.

II.2.3 Cipolins

Les cipolins sont des roches carbonatées dans la partie supérieure de la colonne stratigraphique de la formation SQC (Lenoble, 1936). Deux faciès majeurs y sont reconnus : un marbre blanc à stromatolite et un marbre brun sableux. Ces roches sont constituées de calcite et de dolomite, du quartz, et elles sont souvent associées à de la trémolite, du diopside, de la biotite, du périclase, de la phlogopite, du feldspath potassique et de disséminations sulfurées à pyrite, chalcopyrite, malachite et galène. Les cipolins renferment quelques fois de nombreux indices de minéralisation, comme les minéraux du cuivre d'Ambatovarahina (Moine, 1974).

II.2.4 Suites magmatiques

La formation SQC est recoupée par des suites magmatiques, l'intrusion magmatique d'Imorona-Itsindro (820-760Ma) et celle d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano (570-520Ma) (Tucker et al, 2012).

- La suite magmatique d'Imorona-Itsindro comprend deux types de faciès, le premier est un faciès allant de granites alcalins aux syénites quartziques, et l'autre des faciès basiques avec des termes de gabbro à diorite (Tucker et al, 2012).
- La suite magmatique d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano présente des complexes granitoïdes à orthogneiss. La majorité de ces corps plutoniques sont porphyroblastiques, d'autres sont des orthogneiss parfois oeillés à feldspath potassique, ou pegmatitiques (Tucker et al, 2012).

En effet, les SQC et les suites magmatiques sont composés par divers formations géologiques. Et cette complexité de formations est la cause des différentes minéralisations de pegmatites de la région.

Chapitre III : GENERALITE SUR LES PEGMATITES

III.1 Définition

Les pegmatites sont des roches ignées constituées par des minéraux de grandes tailles supérieure à 2cm (et peuvent atteindre plusieurs mètre). Ces minéraux constitutifs sont en générale le quartz, le feldspath et les micas (Figure 4). Elles sont caractérisées par l'augmentation de leur teneur en certains constituants volatiles. Elles se distinguent aussi des autres roches quelques fois par la possession des gemmes et des minéraux d'intérêt économique telles que la tourmaline, le beryl, le cuivre, le nickel, etc. Les pegmatites se développent dans les schistes, dans les cipolins dolomitiques et dans les granites. Elles se présentent sous formes variées : en masse ou en filon (Web5).



Figure 4: Pegmatite

Source : Auteur, 2018

III.2 Origine des pegmatites

Nombreux phénomènes géologiques sont à l'origine des pegmatites. Ils peuvent se résumer en un modèle simplifié comme suit (Pezzota, 2001):

- Après la formation du magma à de très hautes températures dans des dizaines de profondeurs du globe, celui-ci migre vers la surface à travers des roches constituant la croûte terrestre (ou soubassement cristallin). Lorsque les magmas sont piégés dans la croûte terrestre, ils se cristallisent sous forme de masses granitoïdes.

- Un granitoïde ou roche granitique est une variété de roche plutonique présentant des cristaux de minéraux communs des granites (composés principalement de quartz, feldspaths potassiques, plagioclases, micas, quelques fois des amphiboles, et des pyroxènes) qui sont composés d'éléments courants (Si, Al, K, Na, Ca, Fe, Mg, ...). Les éléments plus rares (comme Li, B, Be, P, Cs, Rb, Nb, Ta, W, Bi, ...) présents dans les magmas en très faible proportion et en traces, ne sont pas intégrés aux cristaux des minéraux communs et par conséquent, ces éléments en traces sont concentrés durant la cristallisation des derniers magmas.

- Par le phénomène de pneumatolyse, ces derniers magmas se présentant en vapeurs (Gaz pneumatolytes), riches en éléments rares et métaux rares sus-cités, ont une grande mobilité, et tendent à se déplacer vers les zones périphériques des masses granitiques, ou, migrent à l'extérieur des plutons dans les roches métamorphiques.

- Ces magmas tardifs se cristallisent après leur mise en place et génèrent les pegmatites.

Il s'agit du stade pneumatolytique qui correspond à la fin de la cristallisation d'un magma (température environ 400 à 600°C) avec concentration de gaz (H₂O, HCl, CO₂,...) conduisant à la formation de minéraux accessoires particuliers (tourmaline, beryl, topaze...): minéraux pneumatolytique (ou pneumatogènes) enrichis en éléments chimiques rares (B, F, Cl, Li, Lanthanides, ...).

III.3 Types de pegmatite

Les pegmatites se divisent en plusieurs types selon leurs compositions minéralogiques (Pezzota, 2001):

- ✓ **les pegmatites granitiques**, ce sont des pegmatites qui contiennent du feldspath sodi-potassique (microcline perthitique, rarement orthose), du quartz, plagioclase sodique, et 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 beryl, des micas ou des tourmalines lithinifères, du spodumène et de nombreux minéraux rares ;
- ✓ **les pegmatites alcalines**, elles sont liées génétiquement aux roches magmatiques alcalines (syénite), qui sont constituées de néphéline, microcline, sodolite, hornblende alcaline, biotite, avec de très nombreux minéraux d'éléments rares

- ✓ **les pegmatites basiques** beaucoup plus rares qui sont constituées de plagioclase basique et d'hornblende, avec de magnétite, d'ilménite, d'apatite et de sulfures.

Les termes granitiques, alcalins, basiques ou autres permettent une meilleure définition de la nature de la roche pegmatitique.

III.4 Classifications des champs pegmatitiques de Madagascar :

Plusieurs auteurs ont classifié les pegmatites selon divers critères :

- Selon Lacroix (1922), les pegmatites malagasy peuvent être classées en deux types de groupes principaux :

- **Les pegmatites potassiques** qui sont caractérisées par leur richesse en feldspaths potassiques comme l'orthose ou le microcline et avec une minéralisation en beryl bleu, tourmaline noire, biotite, muscovite et de nombreux minéraux accessoires à uranium ;
- **Les pegmatites sodolithiques** qui sont caractérisées par leur richesse en feldspaths sodiques comme l'albite, ainsi qu'en minéraux lithiques comme les spodumènes, tourmalines lithiques, lépidolite ou micas lithinifères de couleur violette. Le plus célèbre se trouve dans le champ pegmatitique de la vallée de Sahatany à l'Ouest de l'Ibity. Les pegmatites sodolithiques sont déterminées par de grands nombres d'albites en association des microclines non perthitique.

• Selon Pezzota (2001), la plupart des champs pegmatitiques de Madagascar appartiennent à la classe des pegmatites à éléments rares et à la classe myarolitique. La plupart des pegmatites de type à beryl et de type à Terres Rares de la classe à éléments rares et de la classe myarolitique correspondent au groupe potassique de la classification de Lacroix. Toutes les pegmatites de type complexe correspondent aux pegmatites du groupe sodolithiques.

• Enfin, selon Tucker et al (2012), la classification est de même que celle de Lacroix pour les pegmatites potassiques et sodolithiques, mais il a ajouté en plus de ces deux, un autre type : les Pegmatites à bastnaésite. Elles appartiennent à des roches rares dans le monde qui sont caractérisées par la présence de Bastnaésite (c'est un minéral rare constitué

par de fluoro – carbonate de terre cérique) et qui peut renfermer aussi de Scandium et de Tscheffknite².

Tels sont les caractéristiques des pegmatites, voyons maintenant les généralités sur le programme scolaire et la concrétisation.

• ² minéral rare formé de silico – titane de terre cérique et d’alumine

Chapitre IV : GENERALITES SUR LE PROGRAMME SCOLAIRE ET LA CONCRETISATION

Ce travail concerne deux programmes scolaires. Le premier est le programme scolaire de la classe de Seconde A, C, D de l'Année 1996-1997 et le deuxième est l'ébauche du nouvel programme scolaire qui est en train de renouveler par le Ministère de l'Education Nationale. Cette dernière comporte les mises à jour avec des améliorations du contenu et des stratégies pour l'enseignement de la géologie.

IV.1 Présentation du programme scolaire de la Géologie classe de Seconde

IV.1.1 Les objectifs de l'enseignement de la Géologie en Seconde :

Les objectifs à atteindre par les élèves pour la discipline de Géologie en classe de seconde sont : à la fin de cette classe, les élèves doivent être capable de (d') :

- Reconnaître la diversité et l'importance des ressources naturelles géologiques ;
- Identifier et décrire le minéral et la métallogénie ;
- Expliquer le regroupement des minéraux en roche ;
- Connaître l'existence, l'importance, la localisation et les valeurs économiques des gisements miniers ;
- Mettre en œuvre une attitude protectrice concernant l'exploitation des ressources naturelles ;
- Identifier, exploiter de manière rationnelle et valoriser les ressources naturelles existantes et les produits locaux ;
- Maîtriser et utiliser la démarche Scientifique ;
- Créer des activités adaptées à la potentialité socio-économique de la région à partir de montage de mini-projets (MEN, 2018)

IV.1.2 Généralité sur le programme scolaire de la Géologie : Minéralogie

Comme toutes les matières dans le programme scolaire, le programme de la Géologie est régi par deux types d'objectifs qui sont un objectif général pour chaque chapitre et plusieurs objectifs spécifiques pour chaque partie dans le chapitre. L'objectif général englobe tous les buts à atteindre par les élèves à la fin du chapitre et les objectifs

spécifiques représentent les attentes de l'enseignant par rapport aux élèves à chaque point du chapitre à étudier.

Les objectifs pour le Chapitre « Minéralogie » sont:

- Objectif général : l'élève doit être capable d'identifier les minéraux, les valorise
- Objectifs spécifiques : l'élève doit être capable de:
 - Définir : minéralogie, minéral, cristal
 - Différencier l'état cristallin et l'état amorphe
 - Découvrir expérimentalement les différentes propriétés d'un minéral
 - Situer les gisements des principaux minéraux sur une carte de Madagascar
 - Acquérir des notions sur les techniques d'exploitation et de transformation des minéraux.

La réalisation de ces objectifs dépend énormément avec l'utilisation de la concrétisation.

IV.2 Généralité sur la concrétisation

IV.2.1 Définition de la concrétisation

La concrétisation est l'action de rendre concret quelque chose d'abstrait. (Dictionnaire français).

La concrétisation est la représentation d'une connaissance, une situation ou une image abstrait sous forme réelle plus exactement en quelque chose de concret. Il s'agit de matérialiser une idée, à l'aide des matériels concrets.

Les organes de sens sont donc sollicités lors de la concrétisation d'une leçon. Les élèves voient, sentent, palpent ce que le maître est en train de décrire ou expliquer (Rakotondradona, 2004).

Pour la géologie, la concrétisation représente le fait de rendre concrètes les idées et les connaissances théoriques de la discipline. En tant que science qui est considérée comme magistrale, dans son apprentissage, il est nécessaire de montrer aux élèves concrètement ceux qu'ils apprennent en classe, à l'aide des schémas, kraft, des échantillons, des photos, des vidéos, des sorties géologiques. Comme représenter sous forme de schéma la cristallisation fractionnée des minéraux, expliquer les formes générales des minéraux à partir des échantillons. Par exemple : explication de la forme de prisme hexagonale à partir d'un échantillon de quartz, forme feuillet à partir des micas,...

IV.2.2 Exemples de concrétisation en géologie

On peut concrétiser les savoirs à enseigner en géologie à partir de plusieurs manières. Par exemple à partir des échantillons. Deux types d'échantillons peuvent être utilisés comme les minéraux ou les roches. D'autres matériels de concrétisation tels que les schémas au tableau, les vidéos peuvent être employés pour expliquer les phénomènes en géologie, par exemple vidéo de l'origine des roches. Les photos peuvent être aussi utilisées en cas d'inexistence d'échantillons ou de nécessité de plus d'explication d'un phénomène s'il n'y a pas de moyens de réaliser des sorties pédagogiques.

IV.2.3 Importance de la concrétisation

L'enseignement suivent plusieurs étapes afin d'atteindre son objectif. La tâche de l'enseignant est de créer des situations permettant aux apprenants d'apprendre par eux-mêmes. Pour réussir, l'enseignant doit éveiller la curiosité naturelle de l'apprenant. Cet éveil de la curiosité de l'élève se manifeste quand on met à sa disposition un matériel concret qu'il peut observer, toucher, sentir... (Rakotondradona, 2004).

L'enseignement doit passer par le stade de curiosité qui a été éveillé par un matériel concret. L'observation directe est importante dans la construction du savoir. A partir de l'observation, les élèves intègrent à leur pré-acquis de nouvelle connaissance. D'où la nécessité de l'expérimentation, les connaissances théoriques vont être vérifiée soit en travaux pratiques soit en sortie géologiques.

C'est ainsi que les gisements pegmatitiques sont importants sur la concrétisation de la géologie grâce aux variétés de roches mais surtout de minéraux qui sont de véritables matériaux de concrétisations pour la discipline. L'existence des carrières et des exploitations permettent aux élèves de réaliser des expérimentations. Les gisements pegmatitiques se trouvent sur des petits périmètres, mais ils contiennent de forte potentialités géologiques.

PARTIE II : METHODE DE TRAVAIL ET MATERIELS UTILISES

Chapitre I : METHODOLOGIES

I.1 Etudes bibliographique et webographique

L'étude bibliographique et webographie font partie des documentations pour ce mémoire. Ce sont les sources des informations et des connaissances utilisées pour la réalisation du travail. Ils se divisent en deux (2) étapes : des recherches avant les descentes sur terrains et enquêtes, puis des documentations pour la rédaction du mémoire.

I.1.1 Bibliographie

C'est la recherche des informations pour avoir une précision et plus de connaissance sur le thème de travail.

Pour la préparation du terrain, nous avons consulté des cartes de la région :

- La carte topographique de Manandona, feuille N50, échelle 1/100000 (FTM, 1988)
- La carte géologique de Manandona, feuille N50, échelle 1/100000 (Service géologique, 1968)

Nous avons aussi consulté les informations générales sur la région d'Ibity et sur les formations qui s'y trouvent.

Après la réalisation du terrain, ce sont plutôt des documents comme des livres, des mémoires de CAPEN, de Master 2 et des thèses de doctorats que nous avons consultés dont le but est d'apporter encore plus d'information et de précision pour l'élaboration des résultats, des analyses et l'interprétation de ces données obtenues.

Nous avons consulté des ouvrages dans différentes bibliothèques comme :

- La bibliothèque de l'Ecole Normale Supérieure d' Antananarivo
- La bibliothèque de Service Géologique et des Mines d'Ampandrianomby
- Le Centre d'Information de Documentation Scientifique et Technologique (CIDST) à Tsimbazaza

I.1.2 Webographie

Les recherches webographiques sont identiques aux recherches bibliographiques. Elle regroupe les recherches faites sur internet. Ce que nous avons utilisé le plus est le moteur de recherche de Google, Wikipédia et les thèses malagasy en ligne. Les mots-clés lors des recherches sont : pegmatite, enseignement, Ibity, minéraux.

I.2 Etudes sur terrain

L'étude sur terrain est conduite par différents principes d'études dont le but est de collecter les données géologiques, de l'aspect général jusqu'aux détails.

La descente a été faite le vendredi 20 Avril 2018 au dimanche 22 Avril 2018 sous l'encadrement de Mr ANDRIAMAMONJY Alfred, Enseignant chercheur à la Faculté de Sciences de l'Université d'Antananarivo et de Mr RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné, Enseignant chercheur à l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo.

Le principe de l'étude sur terrain est de décrire la pétrologie, la minéralogie et la géologie structurale des différentes formations géologiques rencontrées sur la zone d'étude et aussi d'observer les différents minéraux existants dans les pegmatites de la région d'Ibity.

Cette étude s'est déroulée comme suit :

- localisation de chaque arrêt étudié à l'aide d'un GPS montrant les coordonnées du lieu, puis l'étude macroscopique de l'affleurement. Ceci est utile afin de bien localiser les affleurements intéressants.
- L'identification des minéraux a été basée sur leur propriété physique et chimique ainsi que leurs caractéristiques (forme, couleur, dureté ...).
- L'étude pétrographique a été la détermination de la roche rencontrée. La nature de la roche a été faite à partir de ces minéraux constitutifs.

La description structurale consiste à identifier les structures géologiques du terrain c'est-à-dire les forme de déformation (ductile ou fragile) à l'aide des différentes mesures (direction, pendage, sens de pendage). Ces données ont été ensuite analysées afin d'expliquer la raison d'existence de ces structures sur le terrain.

L'observation sur terrain se présente sous plusieurs étapes :

I.2.1 Première étape : à l'échelle des paysages ou de l'affleurement

L'observation de loin a permis de voir l'aspect général du terrain à étudier, à savoir :

- ✓ La nature de l'affleurement et sa dimension (exemple : granite rose en boule, carrière à ciel ouvert, quartzite en banc,...)
- ✓ L'état de l'affleurement et de la formation sur l'affleurement (affleurement envahi de végétation, roche altérée, roches saines,...)
- ✓ La forme et le type de structure géologique rencontrés sur le terrain (existence de faille, plis, diaclase, cisaillement, plis, stratification,...)

I.2.2 Deuxième étape : à l'échelle d'une formation ou de l'échantillon

C'est la description en détail de la formation sur le terrain. Cela se fait en deux (2) parties qui sont :

I.2.2.1 La description pétrographique

Des plans de déterminations de roches peuvent être utilisés afin de connaître le type de roche rencontrée (roche magmatique ou sédimentaire ou métamorphique).

Chaque roche a sa propre caractéristique, afin de l'identifier nous avons besoin de connaître :

a) La texture de la roche

Elle est basée sur la disposition des minéraux constitutifs de la roche, nous identifierons soit une roche massive (sans orientation des minéraux) pour le cas des roches magmatiques, soit une roche orientée (ces minéraux suivent un sens bien défini) pour les roches métamorphiques ; pour les roches sédimentaires, ce sont des roches meubles ou consolidées.

b) La structure de la roche

Elle est en fonction des dimensions des minéraux constitutifs. Nous classons alors cette structure selon la taille des minéraux constitutifs. Cette structure a sa propre appellation pour les différentes roches (magmatique et métamorphique). A partir du plus petit ($1/10^{\text{e}}$ à $1/100^{\text{e}}$) au plus gros (>20 mm)

Pour les roches magmatiques :

- structure microlitique pour ceux qui ont une dimension entre $1/10^{\text{e}}$ à $1/100^{\text{e}}$ mm
- structure microgrenue entre $1/10^{\text{e}}$ à 1mm
- grenue entre 1 à 2 mm
- pegmatitique >20 mm

Pour les roches métamorphiques :

- structure à grain fin
- structure à grain moyen
- structure à grain grossier
- structure à très gros grains

c) La composition minéralogique

A l'œil nu ou avec une loupe, le type de minéral qui constitue la roche a été examiné. Les propriétés physiques (forme, couleur, éclat, dureté,...) et la propriété chimique de chaque minéral ont été identifiées. Cela a donné :

- La forme est une caractéristique de chaque minéral, on peut avoir soit des minéraux automorphes, subautomorphes, amorphes, xénomorphes, isomorphes, polymorphes, pseudomorphes.
- La couleur qui dépend de la composition chimique du minéral ou de son absorption de la longueur d'onde lumineux soit des impuretés. On a des minéraux blancs (quartz), rose (orthose), vert (tourmaline verte), noir (biotite), violet (lépidolite),...
- La transparence est la capacité du minéral à laisser passer la lumière, on a des minéraux transparent ou translucide ou opaque.
- Le clivage parfait et imparfait
- La cassure conchoïdale ou irrégulière
- La dureté c'est la résistance du minéral à la rayure, on utilise l'échelle de MOHS pour classer la dureté des minéraux s'ils ne font pas partie de cette échelle
- L'éclat est l'aspect d'un minéral sous la lumière ordinaire réfléchie
- L'action des acides : ici on a utilisé l'acide chlorhydrique donc en résultat on a soit une effervescence (marquant la présence de calcite) soit aucun changement (pas de calcite)

Le nom du minéral est enfin confirmé à la fin de l'identification de ces différentes propriétés.

I.2.2.2 La description structurale

Il s'agit de déterminer les formes de déformations (ductile ou fragile) et les caractéristiques des éléments structuraux présents sur le terrain.

Les déformations ductiles regroupent les différents types de plis (droite, incliné, renversé,...) ou les cisaillements.

Les déformations fragiles sont les fractures (les cassures, fentes, veines et failles)

Nous avons identifié ces caractéristiques à l'aide des mesures des paramètres d'identification de ces structures. Ces mesures ont été réalisées par l'utilisation d'une

boussole de géologue et il existe deux (2) types de mesure selon leur paramètre d'identification :

- Mesure des plans de schistosité ou foliation, plan de cassure ou diaclase, faille ou plan axial. Dont les paramètres d'identifications sont la direction, sens de pendage, angle de pendage.
- Mesure des droites pour les linéations (minéral, crénulation,...), axe de pli, stries. Dont les paramètres d'identification sont seulement la direction et le pendage.

I.3 Enquêtes : Questionnaire

L'enquête est l'une des méthodologies qui aident à ressortir les problèmes qui nous intéressent. Notre choix s'est tourné sur le questionnaire puisqu'il est utilisé dans le but de recueillir des informations précises. Nous pouvons contrôler les réponses à partir des questions fermées. L'enquête a été réalisée individuellement.

Pour notre questionnaire, nos cibles ont été les professeurs des Sciences de la Vie et de la Terre de la classe de Seconde parce qu'ils sont les mieux placés à répondre aux questions posées par rapport à notre thème et ils sont les plus concernés.

Notre fiche a été représenté par 15 questions où il y a des questions à choix multiples et des questions-réponses c'est-à-dire à la fois des questions ouvertes au nombre de cinq (5) et fermées au nombre de quinze (15). Les questions se divisent en 3 types. La première partie du questionnaire sont des questions sur l'identité de l'enseignant, et la deuxième partie sur le thème « la minéralogie », l'enseignement de la minéralogie plus précisément où l'on a demandé les obstacles et les problèmes dans la maîtrise de cette discipline pour l'enseignant que pour les élèves, leur mode de travail, et la dernière partie concerne l'attente et les propositions des enseignants pour l'amélioration de l'acquisition de connaissance pour ce chapitre.

I.4 Pratique : Simulation

Pédagogiquement, la pratique est très importante. Face aux problèmes de l'enseignement relevés dans les enquêtes nous avons proposé des solutions pour les enseignants qui pourront les régler. Nous n'avons pas pu faire la pratique proprement dite au Lycée du fait de l'existence des grèves des enseignants.

Donc des propositions ont été avancées, c'est la simulation aux futurs enseignants qui sont les élèves de l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo.

Un exposé a été présenté aux élèves en Master II de l'Ecole Normale Supérieure de la filière Science de la Vie et de la Terre. L'exposé représente les propositions apportées aux problèmes relevés dans les questionnaires des enquêtes. Une grille d'évaluation a été distribuée pour évaluer le contenu de l'exposé. Les participant répondent si les propositions sont conformes aux problèmes rencontrés par les enseignants ou non.

En plus de la grille d'évaluation, nous avons réalisé aussi une discussion à la fin de la simulation pour éclaircir les points qui sont flous. Pendant laquelle ces futurs enseignants posaient des questions ou proposaient leurs points de vue sur la proposition exposée.

Chapitre II : MATERIELS UTILISES

Les matériels utilisés se divisent en deux types :

II.1 Matériels de prélèvements de données

- Le GPS est l'appareil qui nous donne en temps réel notre position géographique selon la latitude, longitude et l'altitude du terrain à étudier. Il permet de préciser la localisation des différentes formations.
- La Loupe nous aide à voir plus précisément les caractéristiques d'un minéral que nous ne pouvons pas voir à l'œil nu.
- Le Marteau de géologue est l'outil qui sert à casser ou à prendre des échantillons (Figure 5).



Figure 5 : Marteau de géologue

Source : Auteur, 2018

- La Boussole de géologue sert à déterminer les paramètres les structures géologiques telles que la direction, le pendage et le sens de pendage, mais elle est aussi utilisée pour savoir le Nord magnétique ou géographique (Figure 6).



Figure 6: A: Boussole, B: photo en train de faire des mesures

Source : Auteur, 2018

II.2 Matériels d'enregistrement de données

Ce sont des matériels qui permettent d'enregistrer les données prélevées.

Il s'agit de :

- Appareil photographique : qui sert à prendre des photos pour les illustrations du mémoire.
- Carnet de note, stylo à bille, et marqueur (Figure 7), pour prendre les informations vues sur terrain.



Figure 7: Marqueur

Source : Auteur, 2018

PARTIE III : RESULTAT, ANALYSE ET INTERPRETATION

Chapitre I : RESULTAT ANALYTIQUE DES ETUDES SUR TERRAIN

I.1 Cartographie géologique de la zone d'étude

Le secteur d'étude se trouve dans l'extrême Nord-Est de la série SQC au contact avec le groupe d'Ambatolampy (Figure 8). Le groupe d'Ambatolampy est constitué des migmatites et des quartzites à magnétites. La série de SQC est constituée par trois unités pétrographiques différentes : les quartzites associés à des métaconglomérats, des schistes et micaschistes et des cipolins (Figure 9). Ces formations sont recoupées par des granites, des pegmatites et des filons de quartz.

Le groupe d'Ambatolampy est composé par la série de migmatite et des quartzites à magnétite. Les migmatites sont généralement en bancs et de couleur sombre avec des grains fins à moyens (Figure 8.A). Le quartzite à magnétite est une caractéristique du domaine d'Antananarivo. La roche est très riche en quartz et en magnétite (Figure 8.B).

Pour la série SQC, les métaconglomérats se trouvent au sommet de la colline de Kiboy et sur le flanc Nord de Tsinjoarivo. Les quartzites occupent la partie centrale et au Sud-Est de la carte, ils se présentent parfois sous forme de bancs intercalés avec les micaschistes et les cipolins dans certains endroits. Ce sont des roches claires à granulométrie variable (de grains fins à gros grains) (Figure 8.C). Les micaschistes se présentent généralement sous forme de bancs très riches en micas (biotite et muscovite), à grain moyen (Figure 8.D). Dans le secteur d'étude, il existe divers types de micaschiste : les micaschistes à nodule de sillimanites, les micaschistes à grenat. Les cipolins se localisent dans la partie Ouest et Sud-Ouest de la carte. Les variétés de cipolins sont les cipolins calcitiques, les cipolins dolomitiques et les cipolins à trémolite (Figure 8.E). Les cipolins calcitiques se trouvent dans la carrière de l'Holcim, ils sont composés principalement de calcite. Les cipolins dolomitiques contiennent de dolomite. Les cipolins à trémolites renferment des aiguilles de trémolite qui se disposent en rosette ou à disposition quelconque. Les amphibolites se présentent sous forme de filons métriques traversant les quartzites dans la partie Est de la carte. Ce sont des roches de couleur sombre verdâtre à grains moyens à fins (Figure 8.F).

Cet ensemble SQC est recoupé par des granites et des pegmatites. Les granites roses se présentent en massif ou en filon ou en boule (Figure 8.G). Ils ont une texture grenue et composé de quartz, de feldspath potassique et de biotite. Les pegmatites sont sous forme

variée en filon ou en boudins ou en veines, à structure pegmatitique (Figure 8.H). Des filons, des boudins et des veines de quartz traversent également la formation SQC.

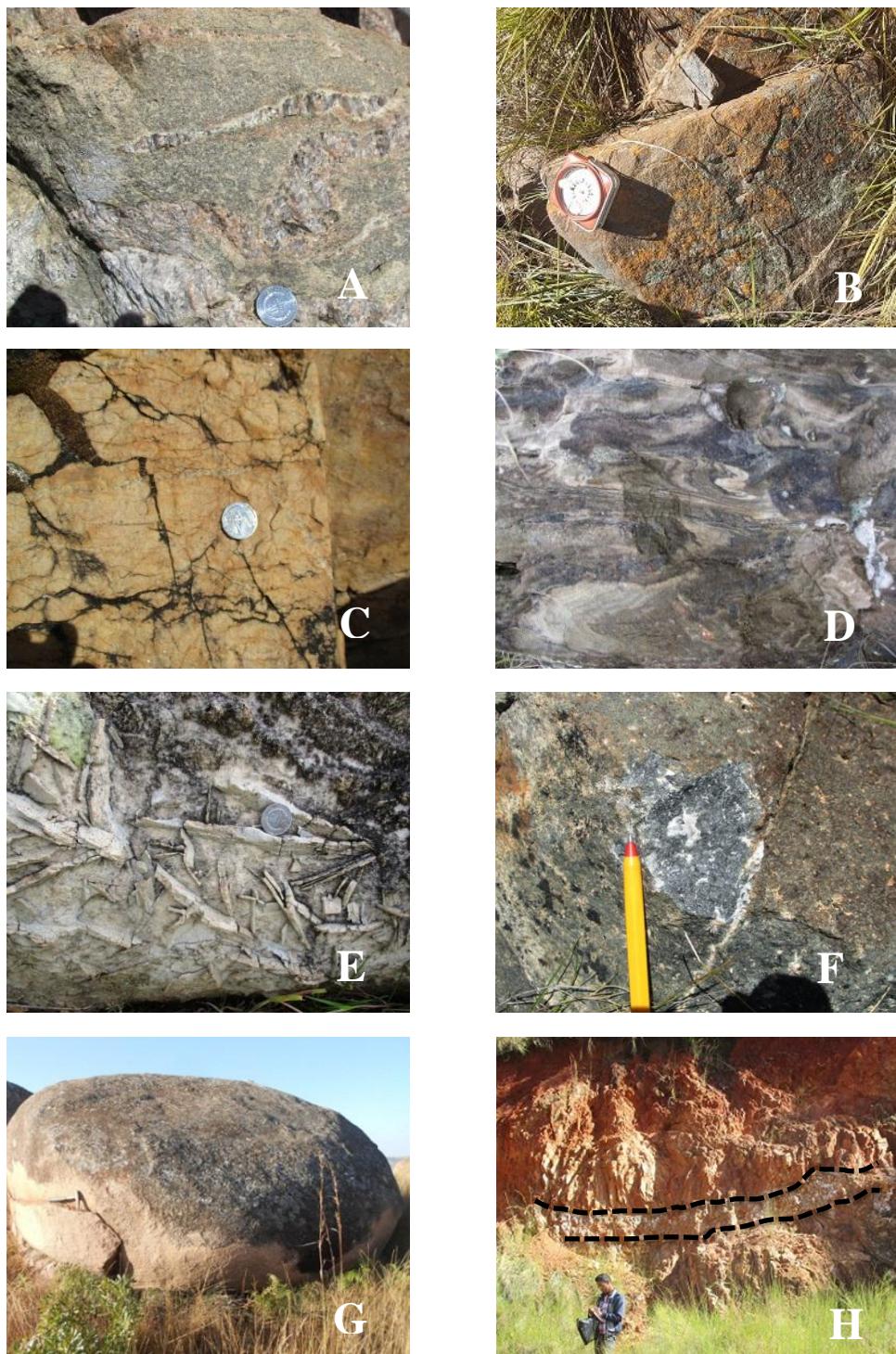


Figure 8 : Différents faciès pétrographiques dans le secteur d'étude. A : Migmatite avec veine de quartz, B : Quartzite à magnétite, C : Métaconglomérats, D : Quartzite de Tsinjoarivo, E : Micaschiste, F : Cipolins à trémolite, G : Amphibole, H : Granite rose, I : Filon de pegmatite

Source : Auteur, 2018

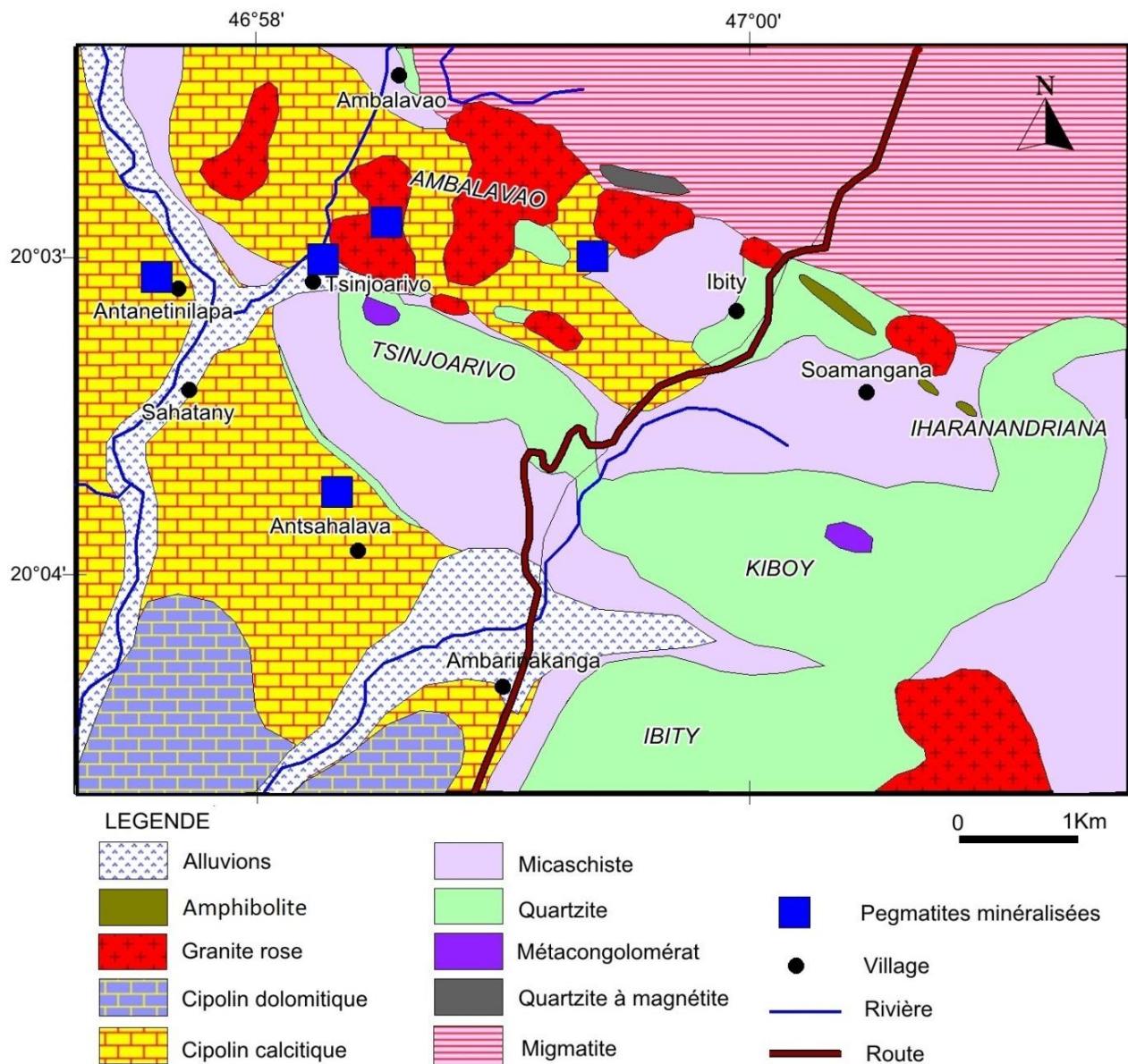


Figure 9 : Carte géologique de la région d'Ibity

Source : Auteur, 2018

I.2 Les gisements pegmatitiques de la Vallée de Sahatany

La zone d'étude renferme des différents types de gisements pegmatitiques des minéraux gemmes notamment dans la Vallée de Sahatany. On y trouve des gisements primaires tels que la pegmatite d'Antokambohitra et des gisements secondaires comme les gisements d'Antanetinilapa et de Tsinjoarivo (Figure 10).



Figure 10: Quelques gisements de pegmatites d'Ibity. A : Gisement primaire d'Antokambohitra, B : Gisement primaire d'Ambalavao, C : Gisement secondaire d'Antanetilapa, D : Gisement secondaire de Tsinjoarivo, E : Gisement de pegmatite à Béryl d'Ambalavao, F : Echantillon de béryl dans le gisement d'Ambalavao

Source : Auteur, 2018

La Vallée de Sahatany présente deux principaux types de pegmatites, ce sont les pegmatites potassiques (homogènes) et les pegmatites sodolithiques (zonées) (Daso, 1986).

Les pegmatites se trouvent dans les schistes, les quartzites, les cipolins dolomitiques et les granites. La composition minéralogique des pegmatites est de gros cristaux de quartz, de feldspath, de biotite et parfois des minéraux accessoires tels que la tourmaline, le beryl, l'hématite, etc (Figure 11).

Modèle génétique simplifié

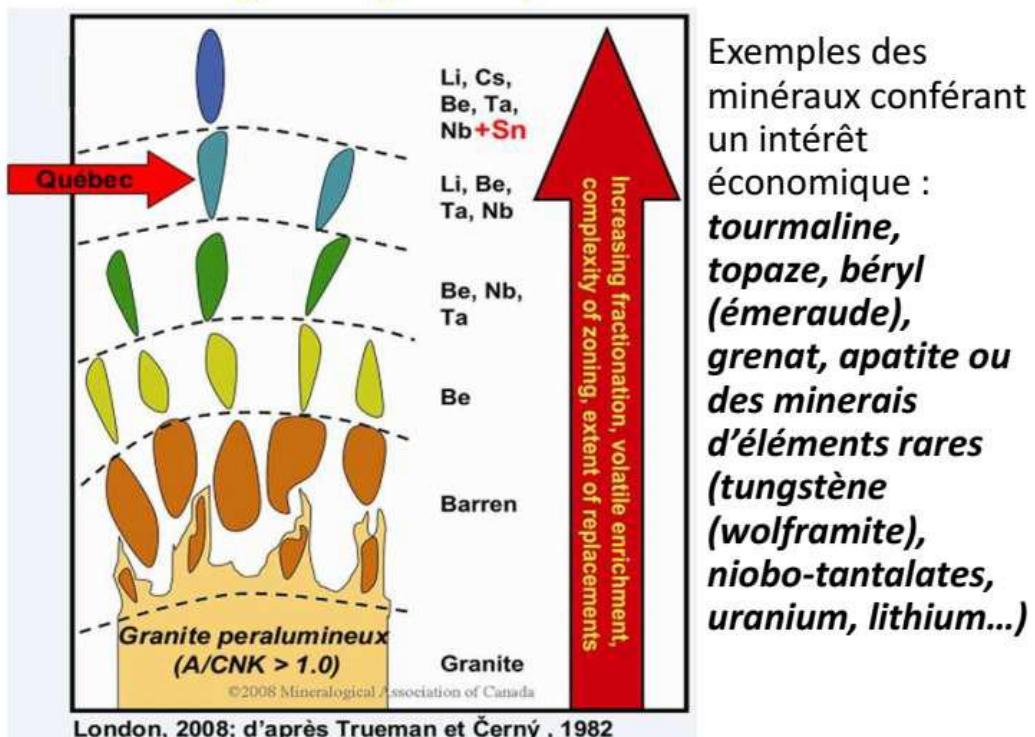


Figure 11: Minéraux des pegmatites

Source : Trueman et Cerny, 1982

I.2.1 Les pegmatites potassiques

Les pegmatites potassiques sont de structure presque homogène, elles sont généralement à faible puissance, de décimétrique à décamétrique. Ces pegmatites renferment de quartz blanc laiteux, orthose rose, biotite, muscovite et de tourmaline noire.

I.2.2 Les pegmatites sodolithiques

Les pegmatites sodolithiques ont généralement une structure zonée. Il y a les pegmatites à deux (2) zones et les pegmatites à trois (3) zones. La classification de ces pegmatites zonées peut se faire aussi selon le critère de la composition de chaque zone.

La structure générale d'une pegmatite zonée est la suivante, la zone externe est habituellement composée par du quartz et du feldspath (albite ou orthose), et la zone interne ou intermédiaire comprend différente partie, c'est dans cette zone que se trouve la géode riche en gemmes (tourmaline, beryl, etc) et des fois des minéraux rares ainsi que le centre ou le cœur de la pegmatite renferme des cristaux de quartz grossier (Figure 12.A). Des pegmatites avec une structure graphique (pegmatite graphique) sont observées (Figure 12.B). Cela est dû à l'interpénétration des cristaux de quartz et feldspath à la fois sur la zone externe et interne de la pegmatite.



Figure 12: Pegmatites. A : Pegmatite à tourmaline noire-verte-rose, B : Pegmatite graphique

Source : Auteur, 2018

Les différentes pegmatites avec ces minéraux associés et leur localisation dans la région d'Ibity sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1: Différentes pegmatites avec ces minéraux associés et leur localisation

Référence des pegmatites	Localisation	Descriptions minéralogiques
Peg1	Manjaka Antsahalava	Pegmatite à tourmaline noir et rose
Peg2	Antsofimbato	Pegmatite à tourmaline noire
Peg3	Tsarafara	Pegmatite à tourmalines noires et vertes en baguette
Peg4	Antanetinilapa	Pegmatite à tourmalines noire et grenat Pegmatite à tourmalines roses et bleues

Référence des pegmatites	Localisation	Descriptions minéralogiques
Peg5	Ankarinarivo	Pegmatite à tourmaline bleue
Peg6	Antokambohitra	Pegmatite graphique à tourmalines noire, rose, verte et polychrome
Peg7	Avaratsena	Pegmatite à biotite
Peg8	Andrianampy Ambatonapetraka	Pegmatite à tourmaline rose
Peg9	Maneva	Pegmatite à tourmaline noire Pegmatite à tourmaline, à biotite et à beryl bleu vert
Peg10	Antemitra	Pegmatite à schorl et apatite bleue
Peg11	Ilapa	Pegmatite à structure graphique à grenat, beryl et lépidolite
Peg12	Marirana	Pegmatite à tourmaline noire, apatite bleu et à grenat
Peg13	Ambalavao	Pegmatite à Béryl et lépidolite, citrine
Peg14	Antandrokomby Manjaka	Pegmatite à rhodizite
Peg15	Tsinjoarivo	Pegmatite à tourmaline et Béryl

I.3 Etude des minéralisations dans les pegmatites

I.3.1 Les tourmalines

Les tourmalines sont des minéraux caractéristiques des pegmatites sodolithiques de la Vallée de Sahatany. La tourmaline fait partie du groupe des minéraux silicatés, de la famille des Borosilicates et du système rhomboédrique. Elle se présente sous forme de prisme allongé à face légèrement courbée et cannelée ou striée avec section triangulaire, ou subcirculaire ou hexagonale. Sa formule générale est $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH}, \text{F})$. Ce minéral se présente sous différente couleur en fonction de sa composition chimique : noir, brune, noir bleuté, bleu, rouge, jaune, rose, pourpre, polychrome (Figure 13.A, B, C et D). La tourmaline a une dureté de 7 à 7,5, avec un clivage imparfait et une cassure conchoïdale ou subconchoïdale à grenue ou inégale (quelconque). Son éclat est vitreux à résineux. Elle est habituellement sous forme de monocristaux ou en agrégats grenus ou compacts ou bacillaires et fibreux. La taille des tourmalines varie de quelques millimètres à centimètres. Les tourmalines se situent dans la zone interne ou zone intermédiaire des pegmatites (pegmatite à 3 zones).

Les variétés de tourmalines sont représentées par des groupes:

- Le groupe de schorl est de couleur noir et se concentre dans les zones externes.
- Le groupe de la dravite est généralement composé de la tourmaline verte et jaune. Elle est rencontrée habituellement au contact avec l'encaissant (bordure et éponte). Ce sont des cristaux isolés et zonés dans la zone intermédiaire.
- Le groupe de l'elbaïte est dominé par la rubellite de couleur rouge très foncé, translucide. La rubellite se concentre surtout dans la zone intermédiaire.

Les groupes de dravite et de l'elbaïte peuvent se présentent sous forme de gemme.

Ces tourmalines existent dans presque tous les gisements de pegmatites de la région d'Ibity. Les pegmatites sont utilisées en joaillerie.



Figure 13: Tourmalines. A et B : Tourmaline rose-verte-noire-polychrome,

C: Tourmaline noire, D : Tourmaline verte

Source : Auteur, 2018

I.3.2 Le quartz

C'est un minéral du groupe des silicatés. Il fait partie de la famille de silice, divers types de quartz ont été observé soit selon son réseau cristallin soit par son singularité morphologique extérieure comme l'existence des impuretés. Il est habituellement transparent (Figure 14.A) ou translucide de couleur blanc laiteux, rose et jaune. Mais avec l'existence des impuretés, cela donnant naissance à des colorations variées : quartz rose (Figure 14.B), quartz violette ou Améthyste, quartz jaune ou citrine (Figure 14.C). Les cristaux de quartz se cristallisent en prisme hexagonal surmonté de pyramides hexagonales. Le minéral est très dur, il raie le verre. Elle se différencie par sa cassure conchoïdale et sa dureté 7. Le quartz est très résistant aux agents chimiques et physiques. Elle se place dans

la zone externe et au centre (pegmatite à 3 zones) de la pegmatite. Le quartz est rencontré dans tous les différents gisements de pegmatite. Le quartz est utilisé dans l'industrie des montres de précision, dans l'émission des ultra-sons grâce à sa propriété piézoélectriques. Certaines variétés de quartz (citrine, quartz rose,...) sont considérées comme gemme, et utilisé en joaillerie. Il peut être utilisé aussi dans la verrerie et l'optique.



A



B



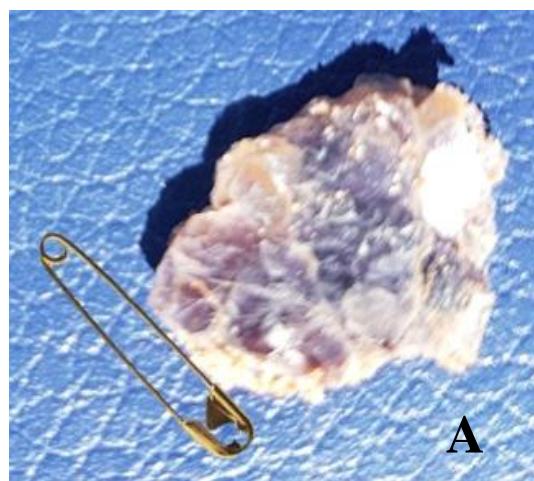
C

Figure 14: Quartz. A : Cristal de quartz, B : Quartz rose, C : Citrine

Source : Auteur, 2018

I.3.3 Les micas

Les micas font partie du groupe des silicatés, de la famille des Phyllosilicates. Ils sont des silicates complexes hydroxylés. Le minéral a une structure en feuillet. Il existe en plusieurs types selon sa couleur : le mica blanc ou muscovite, mica noir ou biotite et le mica violet ou lépidolite. Il se trouve dans la zone interne de la pegmatite. La biotite se trouve dans les pegmatites du gisement d'Ambatodidy et de Maneva, la muscovite est rencontrée dans les pegmatites d'Ambatodidy et d'Antokambohitra, et le lépidolite (Figure 15) est observé dans le gisement de pegmatite à Ilapa et à Ambalavao. Le mica est utilisé pour ses propriétés d'isolant électrique et de résistance à la chaleur. Par exemple : utilisation des micas sous formes de rubans pour isolation des barres de cuivre dans les moteurs et alternateurs à haute tension, plaques de chauffage pour applications industrielles ou appareillage électroménager (grille-pain, sèche-cheveux, four à micro-ondes)



A



B

Figure 15: Lépidolites

Source : Auteur, 2018

I.3.4 Les feldspaths

Elles font partie des groupes des silicatés, dans la famille des tectosilicates, ce sont donc des minéraux dont les tétraèdres sont unis les uns des autres par leurs quatre (4) sommets (liaisons ioniques), leur radicale de base est celle de la silice (SiO_2). La substitution de $(\text{Al}_3)^+$ à $(\text{Si}_4)^+$ dans les tétraèdres est compensée par l'insertion de cations à grand rayon ionique (K, Ca, Na), c'est pour cela qu'on a les feldspaths potassique, sodique et calcique. L'association des différentes proportions du calcosodique donne les feldspaths de la série Plagioclase. Il y a donc :

- les feldspaths potassiques qui sont les orthoses de forme monoclinique et le microcline triclinique (Figure 16.A). La formule générale s'écrit $K(AlSi_3O_8)$
- les feldspaths sodiques qui sont l'Albite de formule $Na(AlSi_3O_8)$ (Figure 16.B)
- les feldspaths calcosodiques ou plagioclases sont l'association de l'Albite et de l'Anorthite $Ca(Al_2Si_2O_8)$; on distingue l'albite (0 à 10% d'Anorthite), l'Oligoclase (10 à 30%), l'Andésine (30 à 50%), Labrador (50 à 70%), Bytownite (70 à 90%) et Anorthite (90 à 100%)

Les feldspaths forment la zone externe des pegmatites, les deux types de feldspaths (potassique et sodique) sont les plus rencontrés dans les pegmatites. Et toutes les pegmatites contiennent du feldspath (l'un de deux). Ils sont utilisés en céramique, dans la fabrication de carrelage, verre et en amendement des sols (agricultures).



Figure 16: Feldspaths. A: Orthose, B: Albite

Source : Auteur, 2018

I.3.5 Béryls

Les Béryls sont des minéraux silicatés. Ce sont des minéraux caractéristiques des pegmatites dont les variétés pures sont des pierres gemmes de grosse valeur. Ils se présentent sous forme de prismes hexagonaux. Ils sont de couleurs variables en général de couleur verte, mais ils peuvent exister en d'autres couleurs (blanche, grise ou jaune) (Figure 17). Rarement, ils sont limpides diversement colorés qui constituent des gemmes vraiment recherchées. Les types de beryl en tant que pierre gemme dans la région sont: beryl-vert (couleur bleu-vert), aigue marine (verre d'eau). Le minéral présente un clivage

net, mais à cassure inégale. Les beryls ont un éclat vitreux. Il se place dans la zone interne de la pegmatite. Il est localisé dans les gisements de pegmatites à Ilapa et Maneva. Le beryl est une source primaire de beryllium (qui est utilisé en alliage), il est utilisé dans la production d'énergie nucléaire. C'est aussi une pierre précieuse.



Figure 17: Béryls

Source : Auteur, 2018

I.3.6 Grenats

Ce sont des minéraux silicatés qui se cristallisent en dodécaèdres du système cubique. Les grenats sont rencontrés le plus souvent dans les roches métamorphiques telles que les micaschistes (Figure 18). Ils sont généralement de couleur rouge clair ou un peu rougeâtre. Le grenat est un minéral translucide. Il constitue de belles gemmes. Il est aperçu dans les pegmatites du gisement de Marirana et Ilapa. Le grenat est utilisé en joaillerie.



Figure 18: Grenats dans du micaschiste

Source : Auteur, 2018

I.3.7 Magnétites

Elles font partie des minéraux non silicatés dans les groupes de spinelle (oxyde double), de formule $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$ (oxyde double de fer : Fe_3O_4). Les magnétites sont des cristaux à faciès octaédriques et de système cubique. La magnétite est de couleur noire à gris de fer. Elle est fortement magnétique. Elle se trouve généralement dans les quartzites du groupe d'Ambatolampy (Figure 19). Ce sont de principaux minerais de fer.

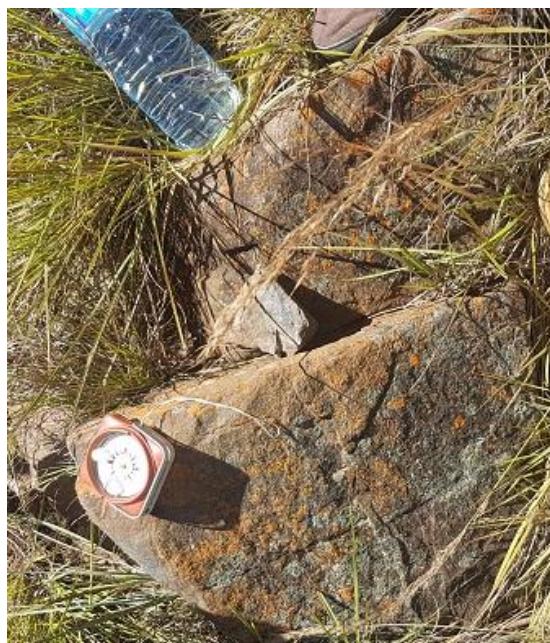


Figure 19: Quartzite à magnétite

Source : Auteur, 2018

I.3.8 Apatite

C'est un minéral non silicaté. L'apatite fait partie des groupes de phosphates. Elle est de couleur bleu intense, à éclat vitreux. Le minéral est de taille millimétrique. Dans les pegmatites de Manjaka, l'apatite est dominante en éponte (partie de la zone externe) et elle est associée avec d'autres minéraux comme du quartz, du feldspath et de tourmaline noire. Elle est utilisée en joaillerie. C'est un minéral de phosphore. L'apatite est souvent utilisée aussi en engrais phosphaté et pour la fabrication des explosifs.

I.3.9 Rhodizite

C'est un minéral non silicaté, du groupe de sulfate. Elle est remarquable par son aspect toujours automorphe. La rhodizite d'Antandrokomby est de couleur blanche et elle est de couleur jaunâtre à Manjaka. La rhodizite a un éclat vitreux comme celui du beryl et adamantin ou soyeux. Elle est transparente ou translucide. Dans les fractures du minéral, il

existe des minéraux de quartz. C'est un beau cristal gemme. A Antandrokomby, la rhodizite se localise dans la zone intermédiaire de la pegmatite, elle est en association avec plusieurs minéraux : des tourmalines, quartz, feldspath potassique (Figure 20). Elle est utilisée en joaillerie.

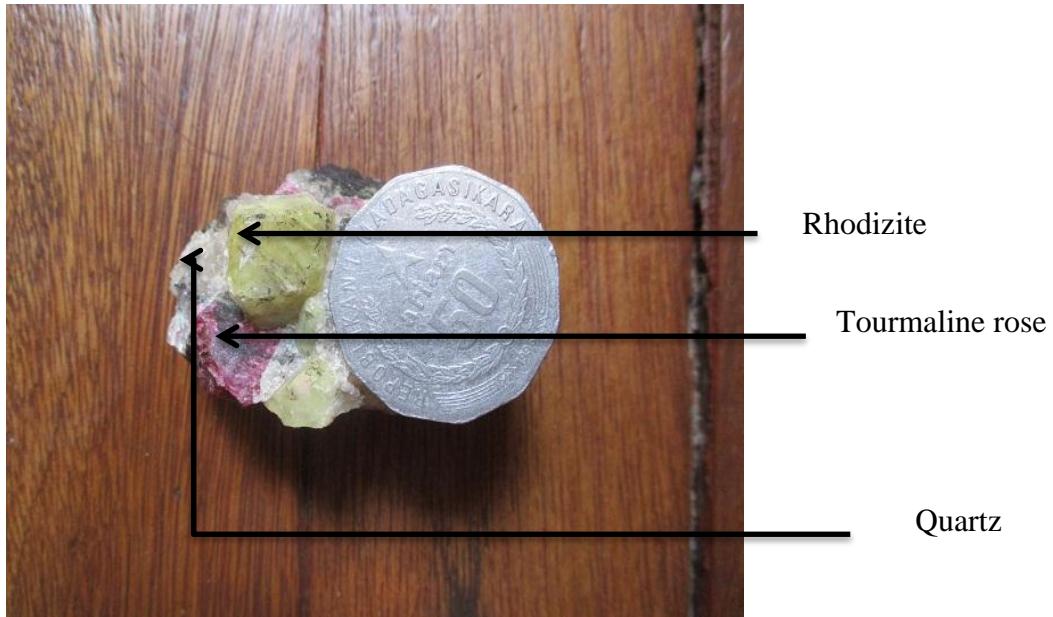


Figure 20: Rhodizite

Source : Auteur, 2018

I.3.10 Hématite

Elle fait partie des minéraux non-silicaté, dans le groupe des oxydes. L'hématite est un minéral de couleur noire à gris argenté, brun à rouge avec de nombreuses formes cristallins (Figure 21). Les cristaux d'hématite sont soit lamellaire soit pseudo hexagonaux. Elle peut être en association avec d'autre minéral, tel que le quartz. La taille du minéral est variée, mais elle peut atteindre jusqu'à 13cm. Elle est légèrement soluble dans l'HCl. Elle se trouve dans les filons de quartz et de pegmatites à l'Ouest de la colline de Tsinjoarivo. L'hématite est le principal minerai de fer. Elle peut être taillée comme pierre fine.



Figure 21: Hématite

Source : Auteur, 2018

En effet, la région d'Ibity est constituée pétrologiquement par de nombreuses variétés de roches. Sa possession de pegmatite est le plus connue. La Vallée de Sahatany en contient plusieurs sortes: pegmatites homogènes et pegmatites zonées. Les pegmatites zonées renferment le plus souvent les minéraux gemmes, ou des métaux de base. Les tourmalines sont très abondantes dans les pegmatites, et elles présentent des différentes couleurs. Les autres minéraux sont en quantités et tailles variables.

Chapitre II : RESULTAT ANALYTIQUE DES ENQUETES

Ce chapitre comporte les analyses et interprétations des résultats des enquêtes réalisées auprès des professeurs de lycée, plus exactement les professeurs de la classe de Seconde. Ces professeurs sont les plus concernés par notre thème. Notre objectif est d'isoler les obstacles dans l'enseignement de la géologie selon les professeurs avec leurs propositions face à ces problèmes. Le nombre des enseignants enquêtés n'ont pas suffi pour réaliser une analyse quantitative, alors les résultats analytiques obtenus seront interprétés d'une manière qualitative. Ces résultats sont classés selon les trois catégories de questions posées dans le questionnaire.

II.1 Analyse des résultats concernant l'information des enseignants

II.1.1 La répartition des enseignants selon leur genre

Plusieurs paramètres peuvent influencer l'enseignement de la géologie, y compris le genre de l'enseignant. Ce tableau 2 représente la répartition des enseignants enquêtés selon leur genre. Rappelons que les 15 enseignants enquêtés viennent de divers établissements privés (Lycée St Antoine, Lycée St François Xavier Antanimena, Lycée ARCAD, Lycée Andrianarisoa, Lycée Rasalama, Lycée Rainandriamampandry).

Tableau 2: Répartition des enseignants selon leur genre

Genre	effectif	pourcentage
Masculin	4	26,67
Féminin	11	73,33
Total	15	100%

Source : Questionnaire adressé aux enseignants des lycées

Ce tableau 2 montre que les enseignants de genre masculin sont au nombre de 4 soit 26,67% de la population ; et les enseignants de genre féminin sont au nombre de 11 soit 73,33%. Cela signifie que la majorité des enseignants de la SVT est de genre féminin.

II.1.2 La répartition des enseignants selon leur année de service

L'année de service des enseignants est un paramètre très important dans l'enseignement, car l'expérience de l'enseignant varie en fonction de cette année de service. Le tableau 3 montre le nombre d'années de service des enseignants de SVT enquêté.

Tableau 3: Répartition des enseignants de SVT suivant leur nombre d'année de service

Année de service	[0-5[[5-10[[10-15[[15-20[[20-25[[25-30[Total
Dans l'enseignement	2	2	2	4	3	2	15
Dans l'enseignement SVT	2	4	2	3	2	2	15

Source : Questionnaire adressé aux enseignants de SVT des lycées

Selon ce tableau 3, les enseignants qui ont une année de service moins de 10ans sont au nombre de 4 (dans l'enseignement), et au nombre de 6 (dans l'enseignement de SVT). Les restes c'est-à-dire 11 et 9 ont une année de service plus de 10 ans. Donc, on peut dire que la plupart des enseignants enquêtés sont expérimentés même si quelques-uns n'enseignent que depuis cinq ans environ.

II.2 Analyse des résultats sur la discipline de la géologie

Les résultats suivants montrent le point de vue des enseignants et des élèves concernant la discipline géologie :

II.2.1 La préférence de la matière par les enseignants

Les résultats d'enquête auprès des enseignants de SVT concernant la préférence de la matière géologie sont représentés sous forme de graphe (Figure 22).

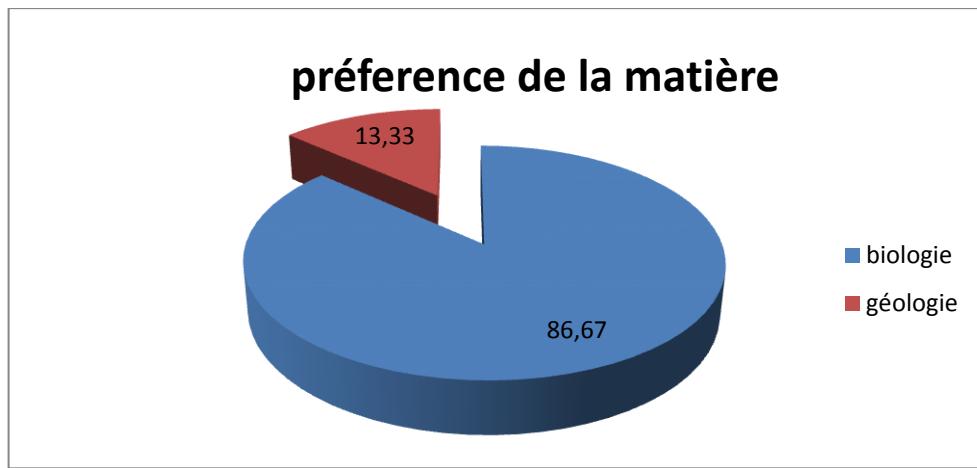


Figure 22 : Représentation graphique de la préférence de la matière par les enseignants

Source : Questionnaires destinés aux enseignants des Lycées

Cette figure 22 représente que la majorité des enseignants enquêtés c'est-à-dire les 86,67% préfèrent beaucoup plus la biologie que la géologie. Ce résultat est semblable aux résultats de la maîtrise de la matière SVT par les enseignants, car seul 2 sur les 15 enseignants ont affirmé de maîtriser la géologie plus que la biologie. Donc on peut dire que la préférence de la matière entraîne sa maîtrise. Plus les enseignants préfèrent la géologie, plus ils la maîtrisent.

II.2.2 Avis des enseignants à propos de la géologie

Les résultats montrant l'avis des enseignants à propos de la géologie sont représentés dans le graphe (Figure 23).

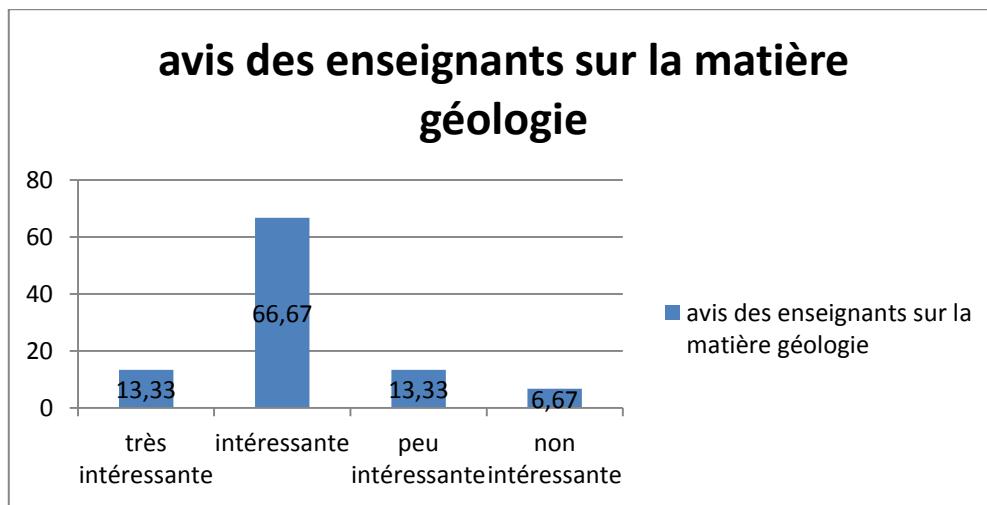


Figure 23 : Représentation graphique des avis des enseignants sur la matière géologie

Source : Questionnaires adressés aux enseignants des Lycées

D'après cette figure 23 ci-dessus, on constate que 10 parmi les 15 enseignants enquêtés ont affirmé que la géologie est intéressante soit 66,67 et deux entre eux trouvent qu'elle est très intéressante pourtant ce résultat est très contradictoire à la pratique de l'enseignement, car ils ont délaissé plus la géologie par rapport à la biologie.

II.2.3 Avis des élèves selon les enseignants sur la géologie

Le tableau 4 montre les résultats des avis des élèves selon les enseignants de la matière géologie.

Tableau 4 : Avis des élèves selon les enseignants sur la géologie

Avis	Effectif	Pourcentage
Intéressante	0	0%
Ennuyeuse	15	100%

Source : Questionnaire adressé aux enseignants des Lycées

Selon ce tableau 4, les réponses des enseignants concernant l'avis des élèves à propos de la matière géologie sont tous les mêmes, 100% de leur réponse disent que les élèves trouvent la géologie ennuyeuse. Cela montre que les élèves ne s'intéressent pas à la géologie.

II.3 Elaboration du cours

Cette partie représente les résultats des questionnaires sur la façon dont les enseignants élaborent leur cours.

II.3.1 Préférence sur les sources de documents utilisés

Nous leur avons posé la question sur les sources de documents qu'ils préfèrent utilisés pour élaborer leur cours et les résultats figurent dans le tableau 5.

Tableau 5 : Réponse des enseignants sur les préférences de sources de documentation

Documents	Effectif	Pourcentage
Programme scolaire	15	100%
Livre	15	100%
Document sur internet	4	26,67%
Autres	0	0%

Source : Questionnaire adressé aux enseignants des Lycées

Ce tableau 5 montre que tous les 15 enseignants enquêtés utilisent le programme scolaire et les livres pour élaborer leur cours. Seul 4 entre les 15 soit 26,67% des enseignants enquêtés utilisent des documents sur internet en plus du programme scolaire et des livres. Alors, jusqu'ici, ce sont les livres et le programme scolaire qui est la source de document que les enseignants utilisent le plus, les documents sur internet et les autres sources ne sont pas encore bien exploitées.

II.3.2 Préférence sur la démarche employée

Nous avons demandé aux enseignants, quelle est la démarche la plus appropriée pour enseigner la géologie selon eux. Les enseignants n'appliquent pas forcément ces démarches lors de leur cours en classe. Les résultats sont représentés sous forme de graphe (Figure 24).

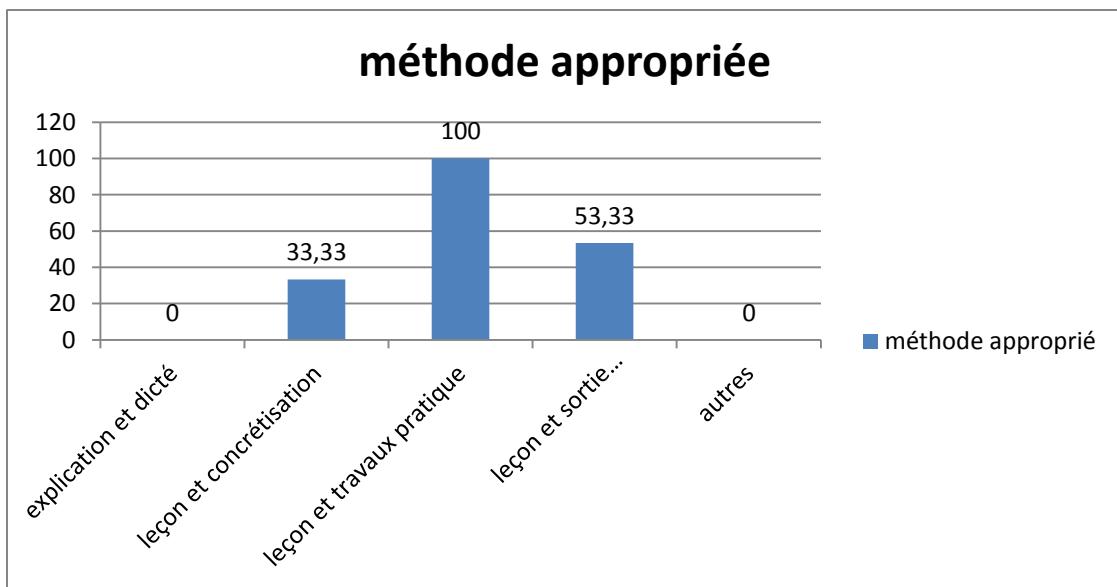


Figure 24 : Représentation graphique des avis des enseignants sur la méthode appropriée pour enseigner la géologie

Source : Questionnaire adressé aux enseignants des Lycées

D'après cette figure 24, 100% des enseignants enquêtés affirment que la méthode la plus appropriée pour enseigner la géologie est une leçon et des travaux pratiques. En plus de la leçon et des travaux pratiques, 8 sur les 15 soit 53,33% pensent que avec les travaux pratiques, la leçon et les sorties pédagogiques sont aussi une méthode appropriée pour

l'enseignement de discipline et 33,33% pensent qu'une leçon avec des concrétisations est à la fois une méthode appropriée avec les travaux pratiques.

Donc, tous les enseignants confirment qu'une explication et une dictée de la leçon ne sont pas suffisantes pour enseigner la géologie. Pour eux, il est important de réaliser des travaux pratiques, mais aussi concrétiser les leçons et faire des sorties pédagogiques. Même si les moyens leur manquent pour la réalisation de ces méthodes.

II.3.3 Préférence sur la concrétisation

Le tableau 6 montre les résultats des enquêtes sur les préférences des enseignants sur la concrétisation utilisée pour enseigner la géologie.

Tableau 6 : Préférence des enseignants sur la concrétisation

Types de concrétisation	Effectif	Pourcentage
Schéma au tableau	15	100%
Planche	0	0%
Echantillon	2	13,33%
Autres	0	0%

Source : Questionnaire adressé aux enseignants des Lycées

D'après ce tableau 6, 100% des enseignants enquêtés utilisent des schémas au tableau pour concrétiser leur cours. Seul, 2 parmi les 15 enquêtés soit 13,33% utilisent des échantillons.

II.3.4 Réponse des enseignants sur le nombre et l'utilisation des échantillons

Nous avons obtenu deux types de réponses :

- ✓ La première est celle des enseignants dans les lycées qui n'ont aucun échantillon dans leur établissement donc, la fréquence d'utilisation est évidemment zéro (0)
- ✓ La deuxième pour ceux qui ont des échantillons

Les résultats des réponses des enseignants par rapport au nombre d'échantillons sur un graphe sont représentés sur la figure 25.

réponse des enseignants par rapport au nombre d'échantillon de leur établissement

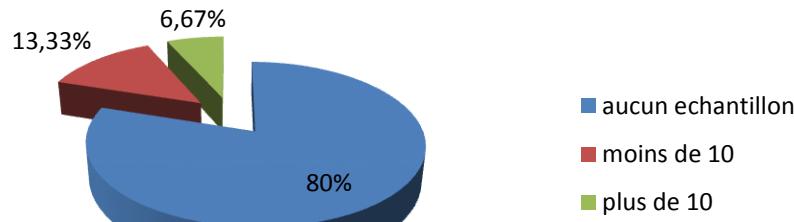


Figure 25 : Représentation graphique des réponses des enseignants sur le nombre d'échantillons dans leur établissement

Source : Questionnaire adressé aux enseignants des Lycées

D'après cette figure 25, parmi les 15 enseignants enquêtés, 12 entre eux soit 80% ont répondu que leur établissement ne possède aucun échantillon. Pour ceux qui en a, leurs échantillons sont quelques exemples de roches et quelques minéraux de l'échelle de Mohs. Alors, on peut dire que la majorité des établissements privés enquêtés ne possèdent pas d'échantillons et s'ils en a, ce ne sont que quelques minéraux et quelques roches.

Trois enseignants parmi 15 enquêtés se trouvent dans des établissements qui possèdent des échantillons. Ils ont tout affirmé utilisés ces échantillons lors de leur cours. Ils emploient les échantillons une fois pour le chapitre de Minéralogie et une fois pour la pétrographie.

II.4 Analyse des résultats concernant la minéralogie et la pegmatite

II.4.1 Utilisation des pegmatites pour l'enseignement de la minéralogie

Nous avons demandé aux enseignants, leur avis sur l'utilisation des pegmatites pour enseigner la minéralogie, les résultats figurent dans le tableau 7.

Tableau 7 : Avis des enseignants sur l'utilisation des pegmatites pour enseigner la minéralogie

Avis des enseignants	Effectif	Pourcentage
Accepte	11	73,33%
N'accepte pas	1	6,67
Pas de réponse	3	20%

Source : Questionnaire adressé aux enseignants des Lycées

D'après le tableau 7, la majorité des enseignants soit 73,33% des participants ont accepté l'utilisation de la pegmatite, pour eux c'est un moyen pour mieux réaliser l'observation des minéraux et ses caractères physiques. 1 enseignant parmi les 15 soit 6,67% n'accepte pas l'utilisation de la pegmatite pour enseigner la minéralogie selon lui la confusion entre roche magmatique et métamorphique lui pose problème, et les restes n'ont pas donné de réponse.

Alors, selon ces résultats, l'utilisation des pegmatites est bien envisageable pour l'enseignement de la minéralogie.

L'enquête adressée aux enseignants du lycée permet de constater que les enseignants de la classe de seconde trouvent la science de la terre ou la géologie intéressante. Mais la plupart d'entre eux ne maîtrisent pas parfaitement cette discipline. Ils pensent que les apprenants ne s'intéressent pas à la géologie à cause de l'absence de concrétisation et d'observation sur terrain. Pourtant, la plupart des établissements n'ont même pas d'échantillons et n'organisent pas de sorties géologiques. Ils sont conscients que la méthode le plus appropriée pour enseigner la géologie est de réaliser des travaux pratiques et des sorties géologiques. Cependant ils rencontrent différentes contraintes pour la réalisation de ces méthodes comme la contrainte d'ordre non maîtrise de la discipline, puisque les enseignants ne maîtrisent pas parfaitement certains concepts géologiques, ils ne sont pas en mesure de conduire l'étude et l'explication des réalités géologiques lors des sorties géologiques, il y a aussi la contrainte financière car certaines de ces établissements qui n'ont pas de budget suffisant pour réaliser des sorties. Et c'est pour cela que les enseignants ne peuvent pas avoir des échantillons. Une autre contrainte qui bloque les enseignants est le temps. Or, ce contact direct avec la réalité géologique sur terrain serait un vrai atout pour développer le sens de l'imagination et la créativité des élèves et aussi

pour les motiver et les attirer à s'intéresser à cette Science de la Terre. Alors, jusqu'ici l'enseignement de géologie reste toujours difficile pour les apprenants et les enseignants.

Chapitre III : RESULTAT DE LA PRATIQUE OU SIMULATION

Nous avons réalisé la pratique à partir des suggestions des enseignants pendant les enquêtes et aussi avec nos propres propositions pour les problèmes de l'enseignement de la minéralogie soutiré aux réponses des enquêtes. Ainsi, après avoir présenté ces propositions, une évaluation a été faite aux près des participants, et les résultats sont les suivantes :

III.1 Avis des participants sur le contenu

Après l'exposé, nous avons demandé l'avis des participants sur le contenu de la présentation et les réponses sont affichées sur le tableau 8.

Tableau 8: Avis des participants sur le contenu de la présentation

Réponse	Effectif	Pourcentage
Oui	16	100%
Non	0	0%

Source : Grille d'évaluation de la présentation adressée aux étudiants Master II SVT ENS

Oui : le contenu de la présentation correspond à l'enseignement de la minéralogie

Non : le contenu de la présentation ne correspond pas à l'enseignement de la minéralogie

Selon le tableau 8, tous les participants de la simulation étaient tous d'accord que le contenu de la présentation correspondait vraiment à l'enseignement de la minéralogie. D'après eux, tout le contenu requis à enseigner dans le programme scolaire était dans la présentation et les méthodes proposées répondent à l'enseignement de la minéralogie.

III.2 Evaluation de la proposition et sa réalisation

Le tableau 9 renferme les résultats des évaluations de la proposition et de sa réalisation par les participants de la pratique.

Tableau 9: Réponse sur l'évaluation de la proposition et sa réalisation

Intéressante	Effectif	Pourcentage	Réalisable	Effectif	Pourcentage
Oui	16	100%	Oui	16	100%
Non	0	0%	Non	0	0%

Source : Grille d'évaluation adressée aux étudiants Master II SVT ENS

Oui : la proposition est intéressante
Non : la proposition n'est pas intéressante

Oui : la proposition est réalisable
Non : la proposition n'est pas réalisable

Ce tableau 9 montre que tous les participants soit 100% ont affirmé que la proposition est intéressante et réalisable. Sa réalisation est en fonction de l'existence des différentes concrétisations et illustrations. Elles peuvent être utilisées dans l'enseignement et cela rendra l'enseignement théorique plus réel, la proposition valorise l'enseignement pratique et les minéraux du pays.

III.3 Avis sur l'apport de la proposition

Nous avons demandé aux participants si notre proposition permettait vraiment de mieux enseigner la minéralogie. Le tableau 10 montre leur réponse :

Tableau 10: Avis des participants sur l'apport de la proposition

Réponse	Effectif	Pourcentage
Oui	16	100%
Non	0	0%

Source : Grille d'évaluation adressée aux étudiants en Master II SVT de l'ENS

Oui : la proposition permet de mieux enseigner la minéralogie

Non : la proposition ne permet pas de mieux enseigner la minéralogie

D'après ce tableau 10, on constate que les 16 participants soit 100% trouvent que notre proposition permet vraiment de mieux enseigner la minéralogie. Selon eux, la proposition suggère plutôt un enseignement pratique et méthodique qui attire l'attention des apprenants.

Conclusion :

D'après cette simulation, nous avons réalisé que la proposition attire vraiment les futurs enseignants, ils adhèrent à l'idée de l'enseignement pratique et trouvent que les suggestions choisies suivent les démarches scientifiques nécessaires dans l'enseignement de la géologie. Cette proposition peut être une solution aux problèmes de l'enseignement de la minéralogie. Même si d'autres paramètres comme le paramètre temporel sont mis en jeu pour la réalisation de cette proposition.

Chapitre IV : INTERETS ECONOMIQUES ET PEDAGOGIQUES DU TRAVAIL

IV.1 Intérêts économiques

Du point de vue économique, la plupart des enjeux des activités minières à Madagascar sont centrés sur les gisements pegmatites, à cause de leur abondance, de la grande variété de leurs minéraux et de leurs potentiels industriels (Web6). Elles ont alors une place très importante sur le plan économique de l'île. L'existence de ces minéraux principalement des minéraux gemmes est une source de revenus pour les habitants de la région d'Ibity. Vu que l'exploitation est réalisée généralement par les locaux, on assiste encore à une exploitation à petite échelle. Ceci est ainsi une perspective pour une exploitation à grande échelle et aussi pour attirer les bailleurs à s'investir.

L'existence des carrières de tourmalines, de béryls, et d'autres gemmes et de minéraux stratégiques dans les pegmatites est un potentiel à exploiter pour le pays. En plus il y a beaucoup d'emplois à envisager et beaucoup de ressources qui peuvent rapporter économiquement à l'Etat. L'exploitation de ces pegmatites est une future solution pour redresser l'économie de Madagascar.

La potentialité des gisements pegmatitiques est sa possession en pierre gemme. La valeur économique rapportée par ces pierres gemmes dépend de plusieurs facteurs. Les rendements obtenus par les ouvriers sur terrain sont différents de celui des acheteurs et revendeur. 17 millions de dollars. C'est la valeur de pierres gemmes ou pierre précieuses qu'exporte Madagascar en une année, selon l'institut de gemmologie de Madagascar (Web7).

IV.2 Intérêts pédagogiques

Les différentes carrières que nous avons étudiées présentent diverses formations géologiques qui permettent d'orienter l'enseignement de la géologie sur le côté expérimental, pratique et de rendre concrets les cours théoriques en classe. Car elles ont permis l'étude pratique sur terrain par la reconnaissance, la classification et même de faire les échantillonnages des différentes roches. La visite de ces carrières permet également aux élèves de faire l'identification, la caractérisation et l'interprétation des structures observées.

Ce document montre aux enseignants des idées, des exemples de méthode d'enseignement avec leur concrétisation. Les minéraux dans les pegmatites sont de gros grains, donc ils sont facilement visibles à l'œil nu, c'est un bon outil d'illustration.

À part ces intérêts, en se référant sur le programme scolaire établi par le Ministère de l'Education Nationale et l'ébauche du nouveau programme, ce présent mémoire permet de donner quelques informations et notions dans le but d'aider les enseignants pour la préparation et la réalisation des cours de Minéralogie pour la classe de seconde.

FICHE DE PREPARATION

Durée: 3 semaines de 4 heures

Objectif général: L'élève doit être capable d'identifier les minéraux. Les valoriser.

Objectifs spécifiques	Contenu	Support pédagogique	Observation
L'élève doit être capable de: -Définir : minéralogie, minéral, Cristal -Différencier un cristal d'un minéral amorphe	<p>1. Définitions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minéralogie - Minéral - cristal <p>2. Etat amorphe et état cristallin</p>	<p>Echantillon de minéral (quartz) et une roche (pegmatite)</p> <p>Tourmaline noire (forme cristallin) et opale (forme amorphe)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - minéral: solide se présentant sous deux états physiques opposés dans la nature: état amorphe et état cristallin - cristal: solide à forme géométrique bien définie - Utiliser les échantillons de minéral et de roche pour mieux les distinguer - Expliquer les états amorphe et cristallin des minéraux à partir des échantillons choisis - Montrer à partir des échantillons de minéraux dans les

<p>-Découvrir expérimentalement les différentes propriétés d'un minéral</p>	<p>2. Propriétés:</p> <p>2.1-Propriétés physiques: forme, couleur, éclat, dureté, transparence, cassure, clivage, densité,</p> <p>2.2- Propriétés chimiques: action de l'eau et des acides</p> <p>2.3- Propriété électrique</p> <p>3. Etude de quelques minéraux:</p> <p>quartz, feldspath, mica, amphibole, grenat, corindon, tourmaline, zircon, citrine, topaze, beryl, saphir, diamant, sel gemme, kaolinite, sylvinite...</p>	HCl, morceau de verre, acier	pegmatites ces différentes propriétés physiques. -choix des minéraux à partir des minéraux dans les pegmatites, minéraux accessibles -manipulation des minéraux -pratique, exemple : vérifier la dureté des échantillons à l'aide de l'ongle, de l'acier ou d'un morceau de verre <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">-tableau (récapitulatif)</td> </tr> </table> des minéraux observés expérimentalement, avec leurs caractéristiques et propriétés	-tableau (récapitulatif)
-tableau (récapitulatif)				
<p>-Situer les gisements des principaux minéraux sur une carte de Madagascar.</p>	<p>4. Carte de Madagascar avec les minéraux typiques</p>	Carte minière	Utilisation de carte où il y a tous les gisements de minéraux importants de Madagascar y compris Ibity)	

<p>-Acquérir des notions sur les techniques d'exploitation et de transformation.</p>	<p>Techniques d'exploitation et de transformation</p> <p>5.1- Extractions</p> <ul style="list-style-type: none"> - artisanale - industrielle <p>5.2- Transformation et valorisation</p>		<p>-visite de site d'exploitation/extraction minière/carrière (exemple : les carrières d'Ibity, site d'extraction au Vallée de Sahatany)</p> <p>-visite d'atelier de transformation ou de démonstration</p>
--	--	--	---

PARTIE IV : DISCUSSION ET RECOMMANDATION

I. Discussions

❖ Notre zone d'étude est formée par la série SQC d'Itremo. Elle est affectée par des déformations lors des intrusions granitiques qui auraient eu lieu entre 570-540 Ma celle de la suite d'Ambalavao Kiangara Maevarano (Tucker et al, 1998). Pendant ces intrusions, il y avait formation des Pegmatites qui forment des champs de dykes et sills, sous forme des couches métriques dans les schistes, les quartzites, les cipolins et les granites roses. C'est-à-dire des fractures ou des failles.

Cette formation est donc tardi-tectoniques ou poste tectonique c'est-à-dire après la déformation.

Comme modèle génétique, ils se forment par la dernière phase de cristallisation fractionnée du magma granitique qui génère un magma enrichi en élément incompatible et volatile ce qui donne ces textures pegmatitiques. Le fractionnement progressif des éléments donnera les minéraux gemmes et les minéraux stratégiques.

En effet, la composition minéralogique des pegmatites est constituée par les minéraux de base: quartz, feldspath, micas (biotite, muscovite et parfois lépidolite) ; des minéraux stratégiques et des pierres gemmes : tourmalines, grenat, apatite, hématite, rhodizite, beryl, émeraude, saphir et des éléments volatiles : spodumène (Li), beryl (Be), columbite-tentalite (Te), uraninite (U), cassiterite (Sn) (Beaudin, 2006).

Selon le principe de cristallisation fractionnée, la formation de la pegmatite se situe entre 900° et 600° (Annexe 4).

❖ Les pegmatites forment des poches ou des filons, à l'intérieur ou au voisinage immédiat des plutons granitiques auxquels, elles sont généralement associées. Elle correspond au liquide résiduel, riche en eau, de fin de cristallisation d'un magma granitique. L'abondance de l'eau facilite la diffusion des éléments chimiques et permet la croissance des grands cristaux (Web6). Sur terrain, ce phénomène est vérifiable, les pegmatites rencontrées dans la région d'Ibity sont sous forme de filon ou boudiné dans les schistes, les quartzites, les cipolins dolomitiques et les granites. Les minéraux dans les pegmatites sont de taille décimétrique à métrique.

❖ La région d'Ibity détient plusieurs pegmatites minéralisées. Lors de notre étude sur terrain, nous avons identifié quinze (15) types de pegmatites dans différentes gisements. Cinq (5) parmi eux sont considérées comme sites pédagogiques car l'accès est facile. Ces gisements se trouvent à Tsarafara, à Antanetinilapa, à Antokambohitra, à Ambalavao et à Tsinjoarivo (Figure 9).

- ❖ Selon RAKOTONDRADONA, (2004). dans la revue de didactique volume 2 intitulé « Concrétisation de l'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre » page 18 à 26, il affirme : « la concrétisation des leçons joue un rôle capital dans l'enseignement des disciplines scientifiques ». C'est pour cela que dans notre travail, nous proposons de valoriser les minéraux associés aux pegmatites en tant que concrétisations des leçons. Puisque les contenus d'une leçon doivent toujours contenir des concrétisations afin d'attirer l'attention des élèves et surtout pour faciliter l'acquisition des connaissances. Les pegmatites sont des roches renfermant des gros minéraux. Cette taille de minéraux rend les observations, les analyses, les interprétations et conclusions plus faciles. Ainsi, ils sont idéals pour les travaux pratiques et les explications.
- ❖ Et la possession de nombreux minéraux de différents types et de différentes variétés comme les tourmalines (noire, rose, vert, polychrome), le quartz (rose, cristal de quartz, citrine), les micas (biotite, lépidolite), les feldspaths (orthose, albite), et les minéraux gemmes comme les beryls, grenats, rhodizites, montrent de diversités de propriétés physiques de minéraux.

II. Recommandation

Sur le plan pédagogique :

Les enseignants suggèrent de :

- renforcer le contenu de la leçon pour que cette branche soit parmi les orientations des élèves
- rendre les cours moins théoriques
- filtrer les connaissances à enseigner afin de ne pas saturer les élèves
- réaliser des travaux pratiques au moins pour observer quelques minéraux les plus connus et voir leur propriété physique et chimique
- réaliser des sorties pédagogiques pour connaître les minéraux de Madagascar et leur répartition dans l'île.

Recommandation selon le travail:

Il est ainsi nécessaire que les enseignants maîtrisent la discipline géologie, car elle est souvent délaissée. Les enseignants ont tendance à ne pas traiter la géologie ou ils la traitent, mais lorsqu'ils ont du temps à la fin des chapitres de la biologie. Pour ne pas piétiner les horaires de la géologie, il est ainsi important de restaurer le volume horaire de la matière. Et il faut aussi l'équilibrer avec la biologie. La réactualisation du programme scolaire est nécessaire. Une autre suggestion est de mettre en relief la réalité du pays avec le contenu et les observations dans le programme.

La majorité des établissements privés que nous avons enquêtés n'ont pas suffisamment de matériels didactiques (échantillons) pour concrétiser leur leçon en géologie. C'est un problème pour l'acquisition des connaissances pour les élèves. Ils doivent trouver des moyens pour fournir ces matériels à son établissement. Il est important qu'un établissement réalise au moins une sortie géologique en une année afin de se réapprovisionner en échantillons pour leur cours.

Pour les enseignants, ils doivent chercher des méthodes attrayantes afin de captiver l'attention des élèves à s'intéresser et à apprendre la géologie, par exemple des activités concernant la discipline (travaux pratiques, sortie pédagogique, projection de film documentaire, utilisation des planches des photos de minéraux,...)

Sur le plan économique

L'industrialisation et la formalisation de l'exploitation au sein de ces carrières et gisements devraient être indispensables. Pour cela, il faut les prioriser afin d'introduire les gens dans le secteur formel. En effet, ces activités contribuent au développement de la localité. Ainsi, la population locale devient autonome et indépendante. Il est important de sensibiliser et former les citoyens sur l'existence des ressources et leur exploitation. L'exploitation de ces ressources favorisera l'économie du pays.

CONCLUSION GENERALE

La possession de richesses minérales malagasy n'a pas été toujours considérée indispensable pour le pays. La région d'Ibity est l'une des régions de Madagascar qui a ce potentiel. C'est pour cela que ce mémoire a été réalisé, dans le but de mettre en lumière les intérêts de ces richesses dans ce secteur. Nous avons montré l'importance des pegmatites de la région, ces roches sont caractérisées par des minéraux de grande taille et de grandes valeurs économique ainsi que pédagogique. En générale, les minéraux les plus courants sont la tourmaline, le quartz, les micas et le feldspath, mais nous pouvons rencontrer aussi d'autres minéraux gemmes (béryls, grenat, rhodizite). Chaque secteur de la région se différencie par la quantité de ces minéraux. La particularité des pegmatites réside dans sa multitude de variétés des minéraux qu'elles contiennent. Certaines pegmatites contiennent des biotites (pegmatite d'Antsofimbato), d'autres des lépidolites (pegmatite d'Ilapa et d'Ambalavao) ; il existe des pegmatites avec des gemmes comme les rhodizites (pegmatite d'Antandrokomby), des grenats (pegmatite de Marirana), des béryls (pegmatite d'Ilapa et d'Ambalavao) qui sont observés.

Les enquêtes réalisées étaient dans le but de trouver les vrais obstacles de l'enseignement de la géologie afin d'apporter des aider. Les résultats ont montré que plus 83% des enseignants trouvent la géologie pas intéressante. Selon leur avis 100% des élèves le pensent ennuyeux. La source du problème est le manque de concrétisation. Puisque la concrétisation facilite les explications et la compréhension. Les meilleurs matériels de concrétisation sont les échantillons. Pourtant, selon les enquêtes, la majorité des enseignants enquêtés n'ont pas d'échantillons dans leur établissement. D'autres facteurs sont aussi responsables de cette situation (manque de temps pour les travaux pratiques, non maîtrise du contenu par les enseignants).

Face à cela, nous avons proposé des solutions pour les enseignants et aussi pour les établissements, d'utiliser les gisements de pegmatites et leurs minéraux associés dans l'enseignement de la minéralogie. Le principe est premièrement de valoriser les minéraux en tant que matériels de concrétisation de la minéralogie et deuxièmement faire des sorties géologiques dans la région pour observer les formations et les carrières d'exploitation. Cette proposition a été évaluée par des participants (étudiant en Master II S9 de l'ENS), et ils ont validé la faisabilité de notre idée, même si la réalisation dépend de quelque paramètre comme le temps et l'argent.

L'objectif du mémoire est atteint. Ceux-ci nous ont permis d'affirmer que nos hypothèses sur la contribution des minéraux en tant que concrétisation et matériels de terrain ont été vérifiées.

Cependant, ce mémoire a des points faibles, une étude statistique quantitative n'a pas pu être réalisé face au manque d'effectifs, les enquêtes ont été seulement réalisées que certains établissements privés. Et aussi, la simulation a été proposée pour remplacer l'étude pratique auprès des enseignants.

En effet, ce mémoire est un document nécessaire pour l'amélioration de l'enseignement de la minéralogie pour les étudiants de l'ENS, pour les enseignants de SVT aux lycées.

Références bibliographiques

1. Andrianantenaina, R. (2012). *Caractéristiques des béryls des champs pegmatitiques de la sahatany (ibity antsirabe)*. 82p
2. Beaudoin, G. (2006). *gitologie et métallogénies, manuel de cours*. Université laval, québec. 116p
3. Besairie, H. (1961). *Les ressources minérales de madagascar. Annales géologiques de madagascar. Fascicule n°xxx*. Antananarivo: imprimerie nationale. 116p
4. Besairie, H. (1966). *Gîtes minéraux de madagascar. Annales géologiques de madagascar. Fascicule n°xxx*. Antananarivo: imprimerie nationale. 437p
5. Besairie, H. (1973). *Précis de géologue malgache. Annales géologiques de madagascar. Fascicules n°xxxvi*. Antananarivo: imprimerie nationale. 114p
6. Clair, G. (1963). *Comptes rendus de la semaine géologique*. Antananarivo: imprimerie nationale. 300p
7. Cox, R., Coleman, D.S., Chokel, C.B., Deoreo, S.B., Collins, A.S., Kro'ner, A., De waele, B., (2004). *Proterozoic tectonostratigraphy and paleogeography of central madagascar derived from detrital zircon u–pb age populations*. Journal of geology 112, 379–400.
8. Hottin, G. (1970). *Géochronologie et stratigraphie malgache*. Service géologique. Antananarivo. 16p.
9. Lacroix, A. (1922) - *minéralogie de madagascar*, tome ii, minéralogie appliquée lithologie: in challamel, a., ed., librairie maritime et coloniale, paris, p. 80-92.
10. Lenoble, A. (1936). *Sur la découverte d'une faune et d'une flore fossiles dans les formations schisteuses de la série schisto-quartzo-calcaire du centre de madagascar*. C.r. acad. Sci. Paris, vol.202, 674-675.
11. Moine, B. (1974). *Caractères de sédimentation et de métamorphisme des séries précambriennes épizonales à catazonales du centre de madagascar*. Thèse université de nancy.
12. Moine, B. (1974). *Caractères de sédimentation et de métamorphisme des séries précambriennes épizonales à catazonales du centre de madagascar (région d'ambatofinandrahana), approche structurale, pétrographique et spécialement géochimique*. Thèse de doctorat ès-sciences naturelles. Université de nancy i, france, 293p.

13. PGRM, (2012). *Nouvelles cartes géologique et métallogéniques de madagascar à 1/1.000.000*. Antananarivo, 23 p.
14. Pezzota, F. And Simmons W.B june 2011, *field course of rare element pegmatite of madagascar*.
15. Raherisoa, H. (2012). *Les tourmalines de la vallée de la sahatany problématiques et perspectives*.48p
16. Raherisoa, H. (2017). *Caractérisation de la tourmaline et des minéraux associés de la vallée de sahatany*.161p
17. Rakotobe, H. I. (2011). *Approche géologique des pegmatites et du potentiel aurifère d'ampamehena commune rurale de sahanivotry région de vakinankaratra*.82p
18. Rakotomalala, H., ROUX C.G, Kummer P.H, *Ressources pour l'enseignement des sciences au lycée à madagascar*, quid du numérique. p1-2
19. Rakotovao, S. R. (2004). *Contribution à l'étude des pegmatites rhodizite de la région d'ibity (gisements de manjaka et d'antanadrokombly)*.64p
20. Ranjaniaina, T. F. 2015. Une évaluation et mise à jour de l'enseignement et du contenu de la géologie de madagascar. Antananarivo. Mémoire capen, 2015. Pp.
21. Rasoamanana, F. H. (2004). *Contribution à l'étude petro-structurale du secteur nord de la région d'ibity (centre de madagascar)*.97p
22. Razafimahatratra D. (2015). *Géologie de madagascar 4ème année sciences naturelles*. Ecole normale supérieure. Antananarivo. 120p.
23. Tucker, R.D., Peters, S.G., Roig, J.Y., Théveniaut, H., Delor, C., (2012). *Notice explicative des cartes géologiques et métallogéniques de la république de madagascar à 1/1 000 000*. Ministère des mines, antananarivo, république de madagascar, 263p.
24. Windley et al. (1994). *Tectonic framework of the precambrian of madagascar and its gondwana connctions: a review and reappraisal*.

Webographie

Web1 : www.persee.fr *Géologie et morphologie à Madagascar.* Consulté le 05/02/18

Web2 :www.madagascar-vision.com/mineral-ecologie-madagascar/ Des ressources minérales reconnues. Consulté le 5/02/18

Web3 : www.jeunafrique.com/mag/373146/economie/mine-madagascar-ile-aux-tresors-a-fort-potentiel/ Mines : *Madagascar, une île aux trésors à fort potentiel.* Consulté le 5/12/18

Web4 : www.transport.gov.mg/blog/revue_presse/laire-protege-dibity-propice-au-tourisme/ .Ministère des Transport du Tourisme et de la Météorologie. *L'aire protégée d'Ibity propice au tourisme.* Consulté le 15/02/19

Web5 :fr.slideserve.com/tana/les-grenats-despegmatites. ABREAL, A. (2009). *Les grenats des pegmatites*fr 45p

Web6 : www.etudier.com Pegmatite de Madagascar. Consulté le 20/05/18

Web7 :www.newsmada.com/2016/07/16/pierres-precieuse-94-des-produits-expertes-a-letat-brut/ Consulté le 15/02/19

ANNEXES

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE DESTINE AUX ENSEIGNANTS SVT DE LA CLASSE DE SECONDE

Etablissement :

Genre : masculin féminin

Année de service :

- Dans l'enseignement :

- Dans l'enseignement de la SVT

1. Quelles sont les classes que vous avez déjà tenues ?

Seconde Première Terminale

2. Que préférez-vous entre les deux grandes branches distinctes de la Science de la Vie et de la Terre

Biologie Géologie

3. Que maîtrisez-vous le plus entre ces deux branches ?

Biologie Géologie

4. D'un point de vue général, comment trouviez-vous la géologie ?

- Très intéressante
- Intéressante
- Peu intéressante
- Non intéressante

5. D'après vous, comment les élèves trouvent la géologie ?

- Intéressante
- Ennuyeux

6. Comment élaborez-vous vos cours ?

A partir :

- Du programme scolaire
- Des livres
- Des documents sur l'internet
- Autres (à préciser)

7. A votre avis, quelle méthode est la plus appropriée pour enseigner la géologie ?

- Explication et dictée
- Leçon et concrétisation
- Leçon et travaux pratiques
- Leçon et sortie pédagogique

- Autres (à préciser)
- Pourquoi ?

8. Quel type de concrétisation utilisez-vous le plus souvent pour enseigner la géologie ?

Schéma au tableau

Planche

Échantillon

Autres : (à préciser)

Pour quelles raisons ?

9. Combien d'échantillons possèdent le lycée ?

10. Nombres de fréquence d'utilisation des échantillons ?

11. Est-ce que vous utilisez des échantillons lors de vos cours ?

Oui Non

Pourquoi ?

12. Votre avis sur l'utilisation des pegmatites pour l'enseignement de la minéralogie ?

13. Est-ce que vous l'aviez déjà utilisé pour vos cours de minéralogie ?

Oui Non

14. Quelles sont vos propositions pour l'amélioration de l'enseignement de la géologie ? plus précisément la minéralogie ?

MERCI DE VOTRE COLLABORATION

ANNEXE 2 : EVALUATION ADRESSEE AUX PARTICIPANTS DE LA SIMULATION

1. Le contenu de l'exposé correspond-t-il à l'enseignement de la minéralogie ?
 2. La proposition est-elle intéressante et réalisable ?
 3. Est-ce qu'elle permet vraiment de mieux enseigner la minéralogie ? Pourquoi ?

Si vous avez des remarques ou suggestions

Merci pour votre collaboration

ANNEXE 3 : EXEMPLES DE FICHES DE TP DES MINERAUX

1. Tourmalines

Famille : Cyclosilicates

Système cristallin : rhomboédrique

Formule chimique : $\text{Na} (\text{Mg, Fe})_3 \text{Al}_6 \text{B}_3 \text{Si}_6 \text{O}_{27} (\text{OH, F})_4$

Dureté : 7 à 7,5

Densité : 2,9 à 3,3

Forme cristalline : prisme allongé à face légèrement courbée et cannelée avec section triangulaire, subcirculaire ou hexagonale

Clivage : indistincte (imparfaite)

Cassure : irrégulière

Couleur : variable, rouge, vert (verdélite), bleu (indicolite), rose (rubellite), incolore (achroite)

Eclat : vitreux

Gisement : pegmatites granitiques, filons hydrothermaux

Utilisation : joaillerie

Localisation : Ibity, Ambatofinandrahana, Ikalamavony

2. Feldspaths

Famille : tectosilicates

Système cristallin : triclinique ou monoclinique

Formule chimique : $(\text{Ba, Ca, Na, K, NH}_4) (\text{Al, B, Si})_4 \text{O}_8$

Dureté : 6 à 6,5

Densité : 2,5 à 2,8

Clivage : uniforme

Eclat : vitreux

Couleur : variable, incolore, blanc, rose, vert, bleu, marron

Gisement : dans les basalte ou gabbro ou les granites ou dans les rhyolites

Utilisation : utilisé en céramique, fabrication de carrelage, verre (bouteilles), amendement des sols (agriculture)

3. Micas

Famille : Phyllosilicates

Système cristallin : monoclinique

Formule chimique: K Al₂ (OH, F) (Al Si O) ou K Mg (...) (Al Si O) (OH)

Couleur : blanc (muscovite), noir (biotite), violet (lépidolite)

Forme cristalline : sous forme de feillet

Gisement : granite, gneiss, micaschiste

4. Quartz

Famille : Silice

Système cristallin : rhomboédrique ou hexagonale

Formule chimique : SiO₂

Transparence : transparent, translucide ou opaque

Cassure : conchoïdale

Dureté : 7

Densité : 2,65

Clivage : absente

Eclat : vitreux

Gisement : roche magmatique, sédimentaire, métamorphique (granite, grès, quartzites, pegmatite...)

Couleur : blanc laiteux, incolore, jaune (citrine), rose, violet (améthyste), rouge (hyacinthe), noir (quartz enfumé)

5. Béryls

Famille : cyclosilicates

Formule chimique : Be₃ Al₂ Si₆ O₁₈

Système cristallin : hexagonal

Dureté : 7 à 8

Densité : 2,60 à 2,90

Eclat : vitreux

Transparence : transparent à opaque

Clivage : imparfaite, difficile

Cassure : conchoïdale

Forme cristalline : cristaux prismatiques souvent allongés

Couleur : bleu et bleu vert (aigue-marine) ; vert (émeraude) ; doré ou jaune (héliodore) ; rose à orange (morganite), incolore (goshénite), rouge

Gisement : pegmatite granitique

Utilisation : source primaire de beryllium (utiliser en alliage), production d'énergie nucléaire, pierre précieuse

6. Grenats

Famille : Nésosilicate

Système cristallin : cubique

Formule chimique : $X^{2+}_3 Y^{3+}_2 [SiO_4]_3^{4-}$

Dureté : 6 à 7,5

Densité : 3,5 à 4,3

Cassure : conchoïdale à irrégulière

Eclat : vitreux

Couleur : variable : rouge-brun, vert foncé, noir

Utilisation : joaillerie

7. Magnétites

Système cristallin : cubique

Formule chimique : $Fe_3 O_4$

Dureté : 6

Clivage : partiel

Cassure : irrégulière, subconchoïdale

Eclat : submétallique

Transparence : opaque

Action de l'acide : soluble dans l'acide chlorhydrique

Magnétisme : fortement magnétique

Utilisation : principaux mineraux de fer

8. Apatites

Classe : Phosphate

Système cristallin : hexagonal

Formule chimique : $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$

Dureté : 5

Densité : 3,17

Eclat : vitreux

Transparence : translucide à transparent

Clivage : clivage généralement absent, mauvais

Cassure : conchoïdale

Forme cristalline : prisme hexagonal avec pyramide, tabulaire

Réaction à l'acide : soluble

Couleur : varié : vert-bleu, brun jaune, vert

Fluorescence : à l'ultra-violet

Gisement : roche sédimentaire, métamorphique, pegmatite, hydrothermale

Utilisation : engrais phosphaté, explosifs, bijouterie, mineraux de phosphore

Localisation : massif forestier de Manangoty Fort-Dauphin

9. Rhodizite

Classe : Sulfate

Système cristallin : Cubique

Formule chimique: $(K, Cs) Al_4 Be_4 [(B, Be)_{12} O_{24}]$

Dureté : 8 à 8,5

Densité : 3,45

Couleur : jaune, blanc, gris, incolore

Clivage : difficile

Cassure : conchoïdale

Propriété optique et autres : transparent à translucide

Eclat : vitreux à adamantin

Morphologie des cristaux : dodécaédrique, plus rarement tétraédrique

Gisement : pegmatites granitiques

Utilisation : joaillerie pour les variétés gemmes

Localisation : région d'Ibity (gisement de Manjaka et Antandrokomby), Ambatofinandrahana, Oural, Russie

10. Hématites

Formule chimique: $Fe_2 O_3$

Système cristallin : Rhomboédrique

Dureté : 5,5 à 6,5

Eclat : métallique

Transparence : translucide à opaque

Magnétisme : faible

Couleur : noir à gris argenté, brun à orange

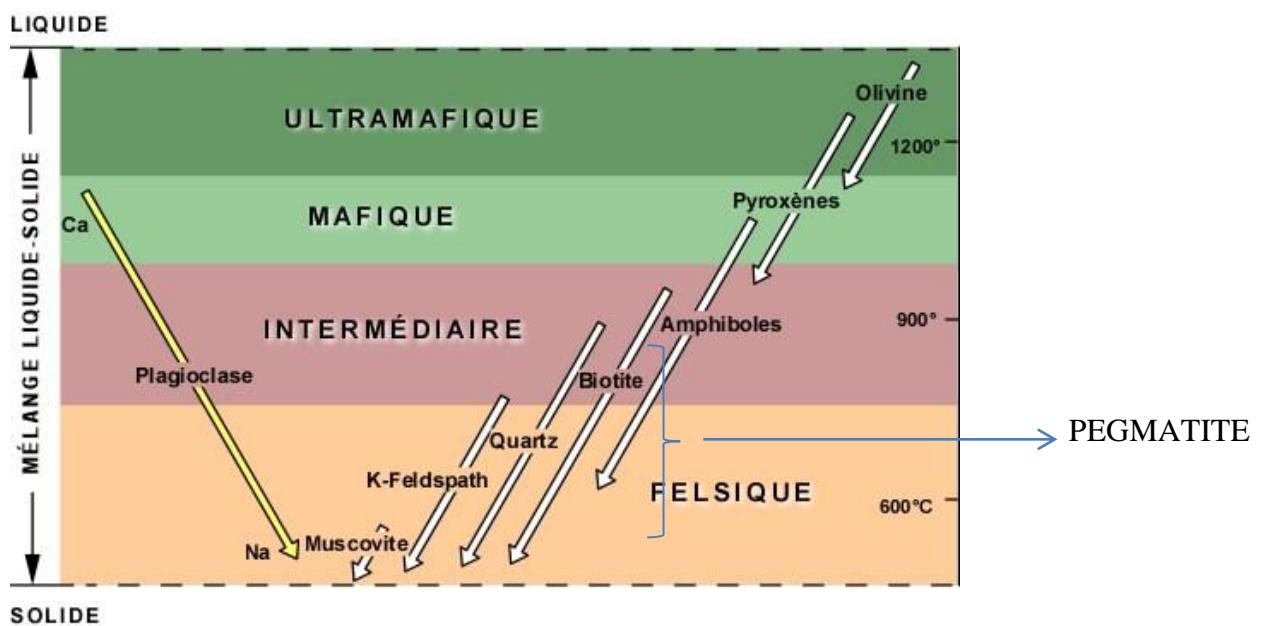
Clivage : néant

Cassure : irrégulière à subconchoïdale

Action de l'acide : légèrement soluble dans l'HCl

Utilisation : principal minéral de fer, taillé comme pierre fine (pour certaines pierres)

ANNEXE 4 : CRISTALLISATION FRACTIONNÉE



ABSTRACT

The Ibity pegmatite deposits are located in the south of Antsirabe district, and several types of pegmatite are encountered in the study area. The field trip revealed the two main types of pegmatite: homogeneous potassium pegmatite and zoned sodolitic pegmatite. The zoned pegmatites contain several large minerals. In the region, the varieties of tourmaline and beryl are the most frequent. The minerals such as quartz, micas, feldspar, hematite, apatite, rhodizite, garnet are also observed.

We chose the study area for its geological potentials, which have a contribution in the teaching of Earth Science.

Fifteen (15) varieties of pegmatites were observed in the study area and five (5) of them are educational sites: in Tsarafara, Antanetinikapa, Antokambohitra, Ambalavao and Tsinjoarivo.

Faced with the problems of teaching geology, questionnaires were conducted near the teachers of the Second class in private high schools. The results of these surveys in relation to field data led to the development of a proposal for a preparation sheet. This form was evaluated by ENS Master II students, 100% of participants accepted the proposal being suitable for teaching mineralogy. This present work is a source of documentation during the preparation of geology courses on the mineralogy chapters for the Second class.

Keywords: pegmatite, minerals, interests, teaching, geology, concretization

Auteur: NOELIHARISOA Hanjatiana
Adresse: Lot AZ 18 A2 Anosizato
Contact: 033 8703560
E-mail : noeliharisoah@gmail.com



INTERETS PEDAGOGIQUES DES MINERAUX DANS LES PEGMATITES DE LA REGION D'IBITY

Directeur du mémoire : Docteur ANDRIAMAMONJY Solofofomampiely Alfred
Nombre de pages : 64
Nombre de figures : 25
Nombre de tableaux : 10
Nombre des annexes : 4

RESUME

Les gisements de pegmatites d'Ibity se situent au Sud du district d'Antsirabe. Plusieurs types de pegmatites sont rencontrés dans le secteur d'étude. La descente sur terrain a permis de voir les deux principaux types de pegmatites : les pegmatites potassiques homogènes et les pegmatites sodolithiques zonées. Les pegmatites zonées contiennent plusieurs gros minéraux. Dans la région, les variétés de tourmalines et de béryls sont les plus fréquentes. Les minéraux tels que le quartz, les micas, le feldspath, l'hématite, l'apatite, la rhodizite et le grenat sont aussi observés.

Nous avons choisi le secteur d'étude pour ses potentiels géologiques, qui ont une contribution dans l'enseignement de la Science de la Terre.

Quinze (15) variétés de pegmatite ont été observé dans la zone d'étude et cinq (5) parmi eux sont des sites pédagogiques : à Tsarafara, à Antanetinilapa, à Antokambohitra, à Ambalavao et à Tsinjoarivo.

Face aux problèmes de l'enseignement de la géologie, des questionnaires ont été réalisés aux près des enseignants de la classe de seconde dans des lycées privées. Les résultats de ces enquêtes en relation avec les données sur terrain ont permis d'élaborer une proposition de fiche de préparation. Cette fiche a été évaluée auprès des étudiants en Master II de l'ENS, 100% des participants ont accepté la proposition étant convenable à l'enseignement de la minéralogie. Ce présent travail est une source de documentation lors de préparation des cours de géologie sur les chapitres de la minéralogie pour la classe de seconde.

Mots clés : pegmatites, minéraux, intérêts, enseignement, géologie, concrétisation