



**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 d'obtention du diplôme de Master

**GUIDE DE SORTIE GEOLOGIQUE SUIVANT L'AXE
ANTANANARIVO- MAHAJANGA POUR
L'AMELIORATION DE L'ENSEIGNEMENT
PRATIQUE DES SCIENCES DE LA TERRE AU LYCEE**



Soutenu publiquement par : **RAKOTOARIMANANA Fanantenana Hery Nomenjanahary**
Promotion N.A.T.I.O.R.A
20 Février 2019

Président : Docteur **RAKOTONDRATSIMBA Herivololona Mbola**
Juge : Docteur **ANDRIAMAMONJY Solofomampily Alfred**, Maitre de Conférences
Directeur de mémoire : Docteur **RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné**, Maitre de Conférences



**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 d'obtention du diplôme de Master

**GUIDE DE SORTIE GEOLOGIQUE SUIVANT L'AXE
ANTANANARIVO- MAHAJANGA POUR
L'AMELIORATION DE L'ENSEIGNEMENT
PRATIQUE DES SCIENCES DE LA TERRE AU LYCEE**



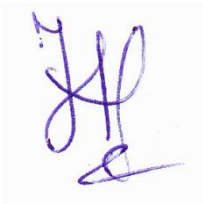
Soutenu publiquement par : **RAKOTOARIMANANA Fanantenana Hery Nomenjanahary**
Promotion N.A.T.I.O.R.A
20 Février 2019

Président : Docteur **RAKOTONDRATSIMBA Herivololona Mbola**
Juge : Docteur **ANDRIAMAMONJY Solofomampiely Alfred**, Maitre de Conférences
Directeur de mémoire : Docteur **RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné**, Maitre de Conférences

MEMBRES DE JURY

De Monsieur RAKOTOARIMANANA Fanantenana Hery Nomenjanahary

PRESIDENT :



Docteur RAKOTONDRATSIMBA Herivololona Mbola

Docteur en Biologie et Ecologie végétale

Enseignant Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure

JUGE :



Docteur ANDRIAMAMONJY Solofomampily Alfred

Spécialiste en Pétrologie et Géologie Appliquée

Maître de Conférences

Enseignant Chercheur à la Faculté des Sciences

Université d'Antananarivo

RAPPORTEUR :



Docteur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné

Spécialiste en Métallogénie et Pédologie

Maître de Conférences

Enseignant Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure

Université d'Antananarivo

REMERCIEMENTS

A l'issue de ce travail nous tenons ici à adresser nos remerciements :

En premier lieu, à DIEU TOUT Puissant qui me conduit dans la bonté de son amour durant toute ma vie, son aide dans la réalisation de ces cinq années d'étude à l'Ecole Normale Supérieure et en particulier pour l'accomplissement de ce présent mémoire.

Je tiens à adresser mes vifs remerciements au Président du jury, le Docteur RAKOTONDRATSIMBA Herivololona Mbola, Enseignant Vacataire à l'Ecole Normale Supérieure qui a accepté d'honorer et de présider la soutenance de ce mémoire.

A Monsieur ANDRIAMAMONJY Solofomampily Alfred, Spécialiste en Pétrologie et Géologie Appliquée, Maître de Conférences, Enseignant Chercheur à la Faculté des Sciences Université d'Antananarivo qui a aimablement accepté de juger notre travail malgré ses innombrables occupations. Permettez-moi de vous présenter l'expression de mes profonds respects et mes sincères remerciements.

A Monsieur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné, Spécialiste en Métallogénie et Pédologie, Maître de Conférences Enseignant Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure Université d'Antananarivo. Je tiens à exprimer ma vive reconnaissance pour votre attention en encadrant mon travail et en apportant des critiques constructives pour son amélioration. Je vous adresse ma profonde gratitude.

J'exprime aussi ma reconnaissance à tous les enseignants à l'ENS, particulièrement à ceux du C.E.R Sciences Naturelles, ainsi que les personnels administratifs pour leurs contributions à notre formation.

Je profite vivement ce moment pour présenter mes sincères remerciements à mon père RAKOTOARIMANANA André et ma mère RAZAFINDRAKOTO Vololona Marie Laure de m'avoir soutenu jusqu'à présent.

Je tiens à adresser mes vifs remerciements à mes frères et sœurs et à tous les membres de ma famille de m'avoir soutenu moralement et financièrement tout au long de la réalisation de ce travail.

Je tiens aussi à remercier cordialement mes collègues de la promotion NATIORA, les UASCO et mes ami(e)s dont l'amitié et la solidarité m'ont toujours encouragé et soutenue pendant ces cinq dernières années ; que vous trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude.

Toutes et tous qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail de mémoire retrouvent ici mes remerciements les plus distingués.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte routière de Madagascar	12
Figure 2 : Carte géologique simplifié de Madagascar (P.G.R.M, 2012 à l'échelle 1/1.000.000)	16
Figure 3 : Répartition des professeurs selon leurs préférences	28
Figure 4 : Répartitions des professeurs selon leurs maîtrises de la matière	29
Figure 5 : Points de vue des professeurs sur la matière	29
Figure 6 : Graphe montrant les réponses des professeurs à propos d'idée des élèves	30
Figure 7 : Les raisons de comportement des élèves sur la discipline de la géologie	30
Figure 8 : Type d'illustration des cours des professeurs.....	31
Figure 9 : Pratique de sortie géologique.....	32
Figure 10 : La nécessité de sortie	32
Figure 11 : Les différents chapitres géologiques par ordre de priorité dans la classe de seconde	33
Figure 12 : Les différents chapitres géologiques par ordre de priorité dans la classe de Première	33
Figure 13 : Les différents chapitres géologiques par ordre de priorité dans la classe de Terminale	34
Figure 14 : Les principaux problèmes des professeurs pour une sortie géologique.....	34
Figure 15 : Proposition de sortie pour la prochaine année scolaire.....	35
Figure 16 : Carte routière Antananarivo -Mahajanga	36
Figure 17 : Gneiss d'Ankadimainty	37
Figure 18 : Gneiss migmatitique d'Ankadimainty.....	38
Figure 19 : Quartzite d'Ankadimainty	38
Figure 20 : Quartzite à sillimanite d'Ankadimainty	39
Figure 21 : Migmatite d'Ambohitraivo.....	40
Figure 22 : Carrière de Granite à Fihaonana	41
Figure 23 : Granite d'anatexie à Orthite de Fihaonana.....	42
Figure 24 : A- Plateaux de Tampoketsa; B- Carapace Bauxitique	43
Figure 25 : Vue à l'échelle de paysage sur le Massif de Vohimbohitra.....	44
Figure 26 : Granite stratoïde d'Andriba.....	45
Figure 27 : Vue à l'échelle de paysage du pic d'Andriba (photo prise à Tsarahonenena Pk 220)	45

Figure 28 : Filon de Quartz aurifère	46
Figure 29 : A-Gneiss à Hornblende et Biotite ; B- Pegmatite.....	47
Figure 30 : Migmatite œillé avant Antanimbary Pk279.....	47
Figure 31 : Migmatite œillé de feldspath	48
Figure 32 : Carrière Dioritique de Beanana	49
Figure 33 : Granodiorite ou Diorite quartzique.....	50
Figure 34 : Carrière de Morarano.....	51
Figure 35 : A-Gneiss à 2 micas de Morarano ; B- une partie granitique	52
Figure 36 : Talus de route Ambalarano Maevatanàna	52
Figure 37 : Intercalation des roches métamorphiques.....	53
Figure 38 : A- carrière d'orpillage au bord de la route; B- Or incrusté dans un bloc de quartzite	54
Figure 39 : Ortho Gneiss œillé de Betsiboka	55
Figure 40 : Marmite de Géant de Betsiboka	55
Figure 41 : Basalte tholeiitique de Vohitrosy ou Sakalavite	56
Figure 42 : Contact socle-Isalo I	57
Figure 43 : A- Grès Arkosique avec argile rouge à la base; B-Nodule d'argile et cuirasse ferrugineux	58
Figure 44 : Formation sédimentaire Isalo III	59
Figure 45 : Vue général des stratifications de la formation de Maevarano.....	60
Figure 46 : Les deux faciès de la couche Anembalemba	61
Figure 47 : Grès argileux avec des fossiles : A - Fémur de Dinsaure ; B - Carapaces de tortue	61
Figure 48 : Contact entre Maevarano et la formation Maestrichtien de Berivotra.....	62
Figure 49 : Roche calcaire très riches en microfossiles	63
Figure 50 : Formation stalactiforme dans la grotte n°3.....	64
Figure 51 : Formation calcaire en voie d'altération.....	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Objectifs spécifiques du chapitre minéralogie	5
Tableau 2 : Objectifs spécifiques du chapitre pétrographie	6
Tableau 3 : Objectifs spécifiques du chapitre sur les principaux minerais malagasy	7
Tableau 4 : Objectifs spécifiques du chapitre sur la stratigraphie.....	7
Tableau 5 : Objectifs spécifiques du chapitre sur la déformation des strates	8
Tableau 6 : Objectifs spécifiques du chapitre sur les formations du socle cristallin de Madagascar.....	8
Tableau 7 : Objectifs spécifiques du chapitre sur les couvertures sédimentaires Malagasy.....	9
Tableau 8 : Présentation comparative des quatre établissements étudiés	10

LISTE DES ABREVIATIONS

An : Anorthite

BIF : Band Iron Ferric

CAPEN : Certificat d’Aptitude Pédagogique de l’Ecole Normale

CDI : Centre de Documentation et d’Information

CIDST : Centre d’Information de Documentation Scientifique et Technologique

DERP : Direction de l’Education et des Recherches Pédagogiques

ENS : Ecole Normale Supérieure

GPS : Global Positioning System

LMM : Lycée Moderne de Mahitsy

LRA : Lycée Rambolamasoandro Ambohidratrimo

MEN : Ministère de l’Education Nationale

MINESEB : Ministère de l’Enseignement Secondaire et de l’Education de Base

MORB : Mid-Ocean Ridge Basalts

OMNIS : Office des Mines Nationales et des Industries Stratégiques

PIE : Plan Intérimaire de l’Education

Pk : Point Kilométrique

PSE : Plan Sectoriel de l’Education

RN4 : Route Nationale 4

SVT : Sciences de la Vie et de la Terre

TP : Travaux Pratiques

GLOSSAIRE

Affleurement : partie d'une couche géologique qui apparaît à la surface.

Anatexie : phénomène de fusion partielle des roches métamorphiques profondes conduisant à la formation du magma granitique à l'origine de granite d'anatexie.

Carapace : concrétion épaisse et dure située à la surface du sol.

Concordante : qui repose parallèlement, sans discordance.

Conglomérat : roche formée de fragments agglomérés par un ciment.

Cuirasse : produit d'accumulation d'oxyde de fer dans l'horizon B par suite d'un lessivage intense.

Diagenèse : ensemble des phénomènes qui assurent la transformation d'un sédiment meuble en une roche cohérente.

Discordante : c'est une stratification irrégulière.

Granitoïdes : terme désignant l'ensemble des roches magmatiques plutoniques saturées et des feldspaths alcalins.

Fossile : restes d'êtres vivants ou traces de leur activité qui se sont conservées en milieu marin, et parfois terrestre au cours des périodes géologiques.

Lessivage : entrainement mécanique des fines particules d'argile et d'hydroxyde de fer par les eaux de gravité vers les horizons profonds d'un sol, avec dissolution des fractions solubles situées près de la surface.

Lithologie : nature des roches qui constituent une formation géologique.

Mylonite : roche d'un grain très fin produite par un broyage tectonique intense.

Orpailage : extraction de paillettes d'or par lavage des sables aurifères.

Patine : coloration et aspect que prennent certains objets, certaines surfaces avec le temps.

Pegmatite : roche magmatique silicatée dont les cristaux sont de grande taille pouvant contenir des éléments rares, certains autonomes souvent voisins de granitoïdes ou migmatites.

Placers : concentrations métallifères par accumulation dans les sables et les graviers des minéraux métalliques sous l'action conjuguée de l'eau et du vent.

Stalactite : concrétions de carbonate de calcium en pendentif, renfermant diverses impuretés, qui se forment au plafond des grottes et de toute autre cavité karstique. Elles sont produites par le suintement d'eaux chargées en bicarbonate de calcium qui précipite en calcite par suite du refroidissement de l'eau et de son évaporation.

Stalagmite : concrétions homologues des stalactites mais en pilier qui se forment à partir du plancher des grottes par dépôt de calcite contenue dans les gouttes d'eau tombant au sol après avoir suinté au plafond de cavités naturelles karstiques.

Stromatolithes : concrétion calcaire apparue au précambrien due à l'activité de cyanobactéries.

Substratum : roche recouverte au moins partiellement par des sédiments.

Suite magmatique : formations magmatiques résultantes du magmatisme qui traverse les roches métamorphiques du socle cristallin.

SOMMAIRE

MEMBRES DE JURY	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES FIGURES	iii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
GLOSSAIRE	vii
SOMMAIRE	ix
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE	2
Chapitre 1. PRESENTATION GENERALE DU PROGRAMME DE SVT AU LYCEE	3
1.1 Bref historique de l'éducation à Madagascar	3
1.2 Le programme scolaire malagasy	3
Chapitre 2. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDES	10
2.1. Présentation des zones d'enquêtes	10
2.2 Contexte géologique du milieu d'étude.....	17
DEUXIEME PARTIE	22
Chapitre 3 : MATERIELS.....	23
3.1. Matériels d'échantillonnage	23
3.2. Matériels de mesure et de repérage	23
3.3. Matériels numériques	24
Chapitre 4 : METHODOLOGIE	24
4.1. Recherche bibliographique et webographies.....	24
4.2. Travaux de terrain	24
4.3. Méthodes utilisées sur terrain.....	25
4.4. Enquêtes auprès des enseignants aux lycées	27
4.5. Traitement de résultats	27
TROISIEME PARTIE.....	27
Chapitre 5. RESULTATS DES ENQUETES	28
5.1 Enquête sur l'enseignement de la géologie	28
5.2. Enquête sur la sortie géologique	31
Chapitre 6 : PROPOSITION DES ARRETS GEOLOGIQUES ET LEURS INTERETS PEDAGOGIQUES	36
6.1. Le Socle Cristallin	37

6.2 .La Couverture Sédimentaire : Ambalabongo –Majunga :.....	56
Chapitre 7. DISCUSSION.....	66
7.1. Sur la Minéralogie	66
7.2. Sur la Pétrographie	66
7.3. Sur la Géologie structurale	67
7.4. Sur la Stratigraphie.....	68
Chapitre 8. INTERETS DU TRAVAIL.....	69
8.1. Pour les étudiants de l'Ecole Normale Supérieure.....	69
8.2. Pour les enseignants au Lycée.....	69
8.3. Pour l'enseignement de la Géologie aux lycées.....	69
CONCLUSION	70
REFERENCE Bibliographique et webographies.....	72
ANNEXES	xi

INTRODUCTION



INTRODUCTION

En vue de transmettre aux enfants un enrichissement sur le monde et de leur permettre de faire des expériences nouvelles et innovantes, certains directeurs d'établissements scolaires prévoient des sorties et voyages scolaires dans le cadre d'une action éducative et pédagogique. Les sorties scolaires peuvent avoir lieu dans des musées, des sites historiques ou officiels, mais également dans des industries ou en plein air. Le premier objectif est la découverte. Les sorties scolaires doivent être en adéquation avec le programme scolaire, et veiller à ce que les enfants retiennent les notions découvertes et puissent les mettre en relation avec les connaissances apprises en cours, ou en complément. En terme d'objectif pédagogique, les sorties et voyages scolaires représentent une diversité dans l'enseignement apporté aux enfants, c'est-à-dire varier les manières d'enseignement par la forme et le fond. Elles participent fortement au développement des connaissances d'un enfant et à son enrichissement personnel, et représentent une diversité de moyens pédagogiques mis en place pour l'enseignement en général. L'enseignement des sciences de la Terre montrent et confirment l'importance des travaux pratiques et les sorties géologiques pour son amélioration et sa promotion.

Avec le lancement du Plan Sectoriel de l'Education ou PSE, conclu à partir des résultats des diagnostics effectués depuis 2004 par le Rapport d'Etat du Système Educatif National jusqu'à 2016 par Plan Intérimaire de l'Education (PIE), un changement radical du système éducatif malagasy est maintenant en route. Il est estimé à être en place d'ici à 2022 (MEN, 2016). Son objectif se rattache étroitement à l'amélioration de la qualité de l'éducation à Madagascar, depuis l'éducation de base, dans la formation technique et professionnelle jusqu'à l'enseignement supérieur, en contextualisant les contenus d'enseignement selon les besoins et les ressources locales (DERP, 2016)

L'objectif de ce plan est résumé dans sa devise : «pour une éducation de qualité pour tous, garantie du développement durable». Il vise à impliquer l'éducation, d'une manière significative, dans le développement socio-économique et culturel du pays, en se focalisant sur l'amélioration des ressources matérielles (Infrastructure, manuels, matériels didactiques,...) et humaines.

De plus, le curriculum scolaire actuel régit par la loi n° 94/033 du 13 mars 1995 portant sur l'orientation générale du système d'éducation et de formation, l'arrêté n° 103-95/MEN du 07 juin 1995 fixant les programmes scolaire des lycées, des collèges d'Enseignement Général et des Ecoles Primaires de Madagascar (MinESEB, 1997) et le journal officiel de 1974 nous renseignent sur la nécessité de la sortie pédagogique lors de l'enseignement des Sciences

Naturelles vue son praticabilité et son efficacité (Rakotobe, 1987). Pour faire aimer la géologie aux élèves, il ne s'agit pas de former des géologues dans le secondaire mais de susciter chez certains la vocation pour un métier dans le domaine de la géologie et surtout de faire connaître à nous, cette terre sur laquelle nous vivons de façon à l'aimer et à la respecter (Rakotobe, 1987). Mais le problème fondamental est l'insuffisance des moyens et de matériels pour sa réalisation (Rakotoarisoa, 2015).

En général, la plupart des enseignants au Lycée ne maîtrisent pas parfaitement les disciplines de la géologie. Des enquêtes effectuées ont montré que l'origine de cette défaillance est l'insuffisance d'illustration de la leçon et de l'observation sur terrain, car l'enseignement semble plus théorique que pratique. La problématique générale est quel sont les problèmes rencontrés par les enseignants au lycée pour la réalisation d'une sortie géologique? Notre hypothèse est qu'il est difficile de choisir un gisement géologique sur terrain, le manque d'étude préliminaire sur le gisement et le non maîtrise des techniques ou la démarche méthodologique sur terrain pour les professeurs aux lycées.

Pour mieux cerner ce problème, l'objectif principal de cette présente étude est axé sur une proposition et inventaire des différents arrêts géologiques importants, relatifs aux concepts enseignés et mentionnés dans le curriculum scolaire. La RN4 occupe une place non négligeable dans notre étude. Elle repose sur sa situation géographique, menant vers Mahajanga, sur son accessibilité à toute voiture de transport et sur ses nombreux arrêts offrant de nombreuses variétés de faciès pétrographique intéressant le programme de SVT dans les classes de secondaire.

Pour ce faire, ce mémoire comporte trois parties. La première partie présente quelques informations sur le curriculum et la sortie géologique tandis que la deuxième partie inventorie la méthodologie et les matériels utilisés. La troisième partie donne les résultats, analyses et interprétations ainsi que la proposition des arrêts géologiques suivant l'axe Antananarivo-Mahajanga, la discussion et les intérêts pédagogiques du mémoire.

Enfin, la conclusion générale tente de faire le point sur la synthèse et la perspective de cette étude.

PREMIERE PARTIE
GENERALITES

Chapitre 1. PRESENTATION GENERALE DU PROGRAMME DE SVT AU LYCEE

1.1 Bref historique de l'éducation à Madagascar

La politique nationale de l'éducation à Madagascar est fixée par des lois d'orientation déterminant les grandes lignes de la politique générale de l'Etat. Le pays a connu beaucoup de changement en deux cent ans d'histoire de l'éducation formelle. En effet, de la scolarisation protestante sous Radama premier, Madagascar est passé à une politique d'éducation élitiste sous la colonisation, qui a été maintenue sous la première république ; Cependant, elle perpétua le système éducatif hérité de la colonisation, ne servant qu'une oligarchie française et nationale. A savoir la pratique du programme français, enseignants formés à la française, sélection élitiste des élèves... et, toute la politique de l'éducation était calquée sur celle de l'ancienne métropole. Sous l'impulsion de la révolution de 1972 qui porta le nationalisme malgache, l'éducation à Madagascar passa à la malgachisation, à la décentralisation, à la mise en place d'un système éducatif et à l'idéologie socialiste de la république démocratique de la deuxième république. La scolarisation universelle dicta la politique de l'enseignement depuis la transition de 1991 jusqu'au régime de Ravalomanana. Ce dernier initia à partir de 2007 une réforme de l'enseignement pour un retour à la malgachisation de l'éducation de base (Rakotoarimanana *et al*, 2012). Et c'est en 2016 que le ministère de l'éducation nationale a décidé d'orienter l'enseignement vers un nouveau curriculum et avec du nouveau politique : qui est le PSE ou Plan Sectoriel de l'Education.

1.2 Le programme scolaire malagasy

1.2.1. Origine et orientation

Le ministère de l'éducation nationale applique pour chaque niveau le même programme scolaire pour toutes les écoles, les établissements d'enseignement et de formation malagasy pour atteindre la même finalité générale de l'enseignement. Cette finalité de l'éducation est élaborée à partir du projet de la société, qui est devenu une loi exercée par le Ministère de l'Enseignement Secondaire et l'Enseignement de Base. Le rôle de l'éducation est évidemment d'accomplir le projet de la société (DE Landsheere, 1989).

Les programmes scolaires sont fixés et appliqués suivant les arrêtés ministériels suivants :

- l'arrêté n° 103-95/MEN du 7 juin 1995 fixant les programmes scolaires des Lycées et des Collèges d'Enseignement Général de Madagascar.
- l'arrêté N° 1617/96-MEN du 02-avril-96 fixant les programmes scolaires des classes de seconde

- l'arrêté n° 5238/97 /MinESEB du 10 Juin 1997 fixant les programmes scolaires des Classes de Premières A-C-D.

- l'arrêté n° 2532/98-MinESEB du 07 Avril 1998 fixant les programmes scolaires des classes de Terminales A- C-D

La formulation des différents thèmes a été pensée dans le triple souci d'harmoniser l'enseignement dans toutes les écoles, de faciliter l'acquisition par l'apprenant des compétences minimales correspondant à chaque niveau, et de rechercher une plus grande rigueur pédagogique. Le professeur trouvera outre les finalités et les objectifs généraux de l'éducation, les objectifs de la matière pour chaque classe ainsi que la liste des contenus à enseigner.

Par ailleurs, pour la plupart des matières, l'ordre des thèmes n'est ni impératif ni contraignant : le professeur est libre de le modifier en fonction des réalités de sa classe, l'essentiel étant qu'il réussisse à atteindre les objectifs.

1.2.2. Les objectifs

Les objectifs ont été formulés dans le but de baliser son parcours. Car la préparation d'une leçon ressemble à la préparation d'un voyage : on ne peut choisir ce que l'on va mettre dans la valise que si on connaît d'avance la destination et ses réalités. Les objectifs serviront par la suite lors des évaluations mensuelles, trimestrielles et annuelles, l'évaluation se faisant toujours en fonction des objectifs.

A chaque objectif correspond des intitulés résumant l'ensemble des connaissances à transmettre. Le professeur doit veiller à ce que les savoirs, savoir-être et savoir-faire qu'il enseigne correspondent aux objectifs visés. Il doit en tout temps observer la cohérence entre Objectifs, Processus d'Apprentissage et Évaluation.

Ceci étant, l'enseignant peut dès lors procéder à la préparation de ses leçons compte-tenu des réalités de sa classe et de la région où il sert.

1.2.3. Curriculum et sorties géologiques

L'enseignement doit être en grande partie concret et centré sur la vie elle-même. Il faut éviter un type d'enseignement trop verbal et trop livresque (Leif, 1973). Pour bien appuyer et illustrer les cours théoriques faites en classe en matière géologique, il est nécessaire de faire une sortie pédagogique. Les travaux pratiques correspondent à la phase d'étude qui consiste à la concrétisation ou l'application de ce qu'on apprend en cours théoriques. Ils sont souvent préférés d'être mis à la succession de la théorie, mais ils peuvent être également réalisés au préalable. Pourtant, une séance de TP se présente sous diverses formes (Pierre, 2006). L'interprétation conduit à un meilleur ancrage de connaissance ; il s'agit d'établir une suite d'idées explicatives faisant relier une cause à effet. Les TP constituent un complément

indispensable de l'enseignement théorique pour les sciences naturelles, surtout pour la géologie, sciences axées principalement sur l'observation.

« Il ne faut pas fournir une connaissance plaquée qui sera vite oubliée » (André, 1987). Sortir de l'école pour mieux la retrouver, pour mieux s'y retrouver et sous l'énoncé « l'école hors les murs » se niche l'affirmation que dans le processus à l'œuvre, même « extramuros », l'école hors les murs, c'est encore l'école, mais dans une modification du temps et de l'espace. Souvent, ce franchissement de frontières se raisonne essentiellement en termes de changement d'espace, de déplacement d'un lieu à un autre. Ce déplacement physique est bien entendu fondamental, en tant qu'il génère aussi des déplacements dans les habitudes de comportement ou de posture vis-à-vis des apprentissages, les interroge et peut permettre de les renouveler. Toutefois, emmener la classe hors des murs de l'école produit aussi une transformation du temps, selon le bulletin officiel de l'éducation nationale N°7 du 23 septembre 1999 (web 1, 1999).

L'enseignement de la géologie au lycée est scindé en trois niveaux : seconde, première et terminale. Il existe une continuité et une interdépendance des contenus de géologie enseignés dans chaque niveau, c'est ce qu'on appelle « cohérence verticale » (Ranjaniaina, 2015).

Les sous-chapitres ci-après présenteront les différentes disciplines de la géologie qui ont besoin de sortie géologique ou une séance de TP pour chaque niveau : seconde, premières et terminales.

1.2.4 Les disciplines de la géologie au lycée

1.2.4.1. Classe de seconde

Pour démarrer le PSE, c'est dans le programme de classe de seconde que le MEN a débuté l'enseignement du nouveau curriculum.

➤ Minéralogie

Objectif général : l'élève doit être capable de déterminer les minéraux à l'œil nu et leur identification dans les roches par l'étude de leurs propriétés physico-chimiques.

Tableau 1 : Objectifs spécifiques du chapitre minéralogie

OBJECTIFS SPECIFIQUES	OBSERVATIONS
- Distinguer un minéral d'une roche	- Utiliser des échantillons pour mieux distinguer un minéral à une roche.
- Déterminer l'état d'un minéral	- Expliquer soit à partir d'un schéma soit à partir des échantillons en prenant des exemples précis.

- Caractériser les propriétés physiques des minéraux - Déterminer les propriétés chimiques des minéraux	- Montrer à partir des photos ou des échantillons ces différentes propriétés physiques.
--	---

Source : Programme scolaire classe de seconde

➤ Pétrographie

Objectif général : L'élève doit être capable de maîtriser l'origine, la composition, la classification et l'utilisation des différentes catégories des roches.

Tableau 2 : Objectifs spécifiques du chapitre pétrographie

Roches	OBJECTIFS SPECIFIQUES	OBSERVATIONS
Magmatiques	- Définir le mot « magma » et « roche magmatique » - Expliquer l'origine des roches magmatiques et leurs caractéristiques	- Utilisation d'un kraft pour schématiser le processus du magmatisme. - Utilisation des échantillons
	- Déterminer les différentes structures des roches magmatiques	- Etude comparative des échantillons des roches.
	- Déterminer la composition minéralogique des roches magmatiques	- Observation et reconnaissance des minéraux dans une roche.
Sédimentaires	- Caractériser les roches sédimentaires	- Utilisation des photos des roches fossilifères et stratifiées.
	- Reconnaître sur le terrain quelques échantillons répondant à ses origines	- Se référer aux résultats d'observation sur terrain pendant la sortie nature
Métamorphiques	- Caractériser les différentes structures et les minéraux de métamorphisme - Reconnaître sur le terrain une roche métamorphique	- Faire reconnaître les minéraux essentiels et la texture - Collecte de roches locales - Orienter l'enseignement sur le côté expérimental et pratique

Source : Programme scolaire classe de seconde

➤ Les principaux minerais malagasy

Objectif général : l'élève doit être capable de reconnaître les minerais comme étant des richesses qui jouent un rôle important dans l'économie malagasy

Tableau 3 : Objectifs spécifiques du chapitre sur les principaux minerais malagasy

OBJECTIFS SPECIFIQUES	OBSERVATIONS
- Caractériser le minerai	- Faire manipuler des échantillons de minerai
- Faire correspondre la formation et la localisation - Connaître l'utilisation du minerai - Connaître les méthodes d'extraction et de traitement	- Visiter un chantier d'extraction et de traitement de minerai

Source : Programme scolaire classe de seconde

1.2.4.2 Classe de premières

➤ Etudes des strates

Objectif général : l'élève doit être capable de retracer l'histoire géologique d'une région en étudiant les strates représentatives de cette région

Tableau 4 : Objectifs spécifiques du chapitre sur la stratigraphie

OBJECTIFS SPECIFIQUES	OBSERVATIONS
- Identifier une strate sur le terrain - Décrire et caractériser un plan de stratification - Identifier des fossiles stratigraphiques - Appliquer les principes de la chronologie relative	- Observer et étudier un talus stratifié - Faire des exercices d'analyse et d'interprétation de plan de stratification - Faire manipuler et schématiser des fossiles stratigraphiques - Faire des exercices d'utilisation des échelles stratigraphiques

Source : Programme scolaire classe de première

➤ Déformations des strates

Objectif général : l'élève doit être capable de décrire correctement les déformations et d'en expliquer le mécanisme.

Tableau 5 : Objectifs spécifiques du chapitre sur la déformation des strates

OBJECTIFS SPECIFIQUES	OBSERVATIONS
- Identifier les éléments d'une faille	- Faire des exercices permettant de définir les éléments d'une faille, les types de faille et le système de faille.
- Identifier les éléments d'un pli	- Faire des exercices permettant de définir les éléments d'un pli, les causes d'un pli, les champs de plis et les plis- faille.
- Définir une micro tectonique et en expliquer l'utilité	- Faire des observations de quelques schistosités facilement observables.
- Définir quelques styles tectoniques très connus.	- Faire des exercices de détermination de style tectonique

Source : Programme scolaire classe de première

1.2.4.3 Classe de terminales

- Les formations du socle cristallin de Madagascar

Objectif général : l'élève doit être capable de nommer, de situer et de dater les anciennes formations géologiques malgaches pour esquisser l'histoire géologique d'une région de Madagascar

Le contenu de la géologie de Madagascar enseigné en classe de terminale D est dépassé, surtout celui du socle précambrien. Donc, les nouvelles données du PGRM seront les sources documentaires de son actualisation (Ranjaniaina, 2015). Pourtant, on va présenter ci-dessous les objectifs spécifiques de ce chapitre ayant besoin de sortie.

Tableau 6 : Objectifs spécifiques du chapitre sur les formations du socle cristallin de Madagascar

Objectifs spécifiques	Observations
- Définir le faciès pétrographique, la répartition géographique et l'échelle stratigraphique du système Antongilien - Définir le faciès pétrographique, la répartition géographique et l'échelle stratigraphique du système Andriamena- Manampotsy	- Insister sur le faciès pétrographique, la répartition géographique et l'échelle stratigraphique de l'entité géologique étudiée
- Caractériser la série SQC	- Commenter la formation de la série SQC

<ul style="list-style-type: none"> - Caractériser la série Amborompotsy-Ikalamavony - Caractériser la série de Vohimena - Caractériser le système Androyen - Caractériser la série d'Ampanihy - Caractériser la série Vohibory 	<ul style="list-style-type: none"> - Commenter la mise en place de la série Amborompotsy-Ikalamavony - Une étude particulière de zone géographique d'Androy aide à la compréhension des phénomènes géologiques affectant cette région - Commenter le faciès particulier d'Ampanihy - Commenter la mise en place de cette série
<ul style="list-style-type: none"> - Situer les intrusions dans le socle - Caractériser le massif de Bevato - Caractériser le massif d'Antampombato - Caractériser le massif de Manama - Expliquer la présence des filons créacés dans les séries cristallines - Expliquer l'existence de filon au Nord de Manama 	<p>Insister sur le caractère volcanique de ces intrusions</p>

Source : programmes scolaires classe de terminale

➤ Les couvertures sédimentaires à Madagascar

Objectif général : l'élève doit être capable de nommer, de situer et dater les formations sédimentaires malgaches pour esquisser l'histoire géologique d'une région de Madagascar

Tableau 7 : Objectifs spécifiques du chapitre sur les couvertures sédimentaires Malagasy

Objectifs spécifiques	Observations
<ul style="list-style-type: none"> - Caractériser le groupe de la Sakoa - Caractériser le groupe de la Sakamena - Caractériser le groupe de l'Isalo 	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en évidence le caractère marin ou terrestre des formations et les relier à l'ouverture du Canal de Mozambique
<ul style="list-style-type: none"> - Caractériser les formations créacées - Expliquer la mise en place des formations tertiaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Montrer la phase finale de l'ouverture du Canal de Mozambique - Montrer que les formations tertiaires et quaternaires résultent des transgressions, de

- Expliquer la mise en place des formations quaternaires	régressions et de volcanismes, les relier à la tectonique des plaques
--	---

Source : Programme scolaire classe de terminales

Chapitre 2. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDES

2.1. Présentation des zones d'enquêtes

2.1.1 Choix des établissements

Notre zone d'enquête se trouve dans le district d'Ambohidratrimo. L'enquête est menée auprès des professeurs de la Science de la Vie et de la Terre dans les lycées. Pour avoir une meilleure fiabilité des résultats, l'enquête doit être menée auprès de tous les professeurs de SVT dans tous les établissements de la zone d'étude. Nous avons choisis quatre lycées, à savoir le lycée Rambolamasoandro Ambohidratrimo, le lycée Talatamaty, le lycée Mahitsy et le lycée privé LMM ou Lycée Moderne de Mahitsy. Les raisons de choix de ces établissements sont la qualité des enseignants (diplôme), leur localisation par rapport à l'axe Antananarivo-Mahajanga, puis leur statut en tant que lycées ruraux qui facilite l'organisation d'une sortie pédagogique.

2.1.2 Caractéristiques des établissements

Dans les lycées visités, la caractérisation des établissements se base sur la qualité des infrastructures pédagogiques comme le centre de documentation, la salle de laboratoire et les matériels didactiques.

Tableau 8 : Présentation comparative des quatre établissements étudiés

Etablissement	Lycée Talatamaty	Lycée Rambolamasoandro Ambohidratrimo	Lycée Mahitsy	LMM
Infrastructure				
Centre de Documentation et d'Information (CDI)	Ouvrage insuffisant	Ouvrage insuffisant	Ouvrage insuffisant	Plus ou moins complet
Laboratoire	Aucun	Aucun	Aucun	Laboratoire équipé de microscopes et quelques échantillons
Matériels didactiques de SVT	Aucun	Insuffisant	Insuffisant	Peu suffisant
Particularités	Ecran télévisé et tablette non utilisés	Médiathèque avec connexion	Aucun	Médiathèques avec connexion haut débit

Source : Enquête effectuées auprès de chaque établissement

Ce Tableau 8 nous renseigne sur les infrastructures que possèdent les lycées visités. On constate une grande insuffisance en matériel didactique pour tous ces établissements. Les ouvrages dans les CDI sont insuffisants pour certains, voire inexistante pour d'autre. Il n'y a qu'un seul établissement qui ajoute souvent les ouvrages dans son bibliothèque. Pour la consolidation de connaissance, les étudiants du Lycée Ambohidratrimo et ceux du LMM qui ont un accès à la médiathèque. Tandis que, dans le lycée Talatamaty, les enseignants ne profitent pas suffisamment l'écran télévisé et les tablettes en tant que matériel didactique à cause des conditions difficiles imposées par le proviseur sur leur utilisation.

2.1.3. Présentation générale de l'axe géologique

L'axe Antananarivo-Mahajanga traverse les deux différentes formations géologiques de Madagascar (Figure 1), il s'agit du socle cristallin malagasy depuis Antananarivo jusqu'à Ambalabongo, Nord de Maevatanàna et le bassin sédimentaire de Mahajanga à partir d'Ambalabongo jusqu'à Mahajanga.

Pour le socle cristallin, cet axe se localise dans le domaine d'Antananarivo d'âge néoarchéen qui est composée généralement de granitoïde, de quartzites intercalés de schiste, de gneiss micacé et de migmatite avec la Suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano, et à Maevatanàna l'affleurement du Complexe de Tsaratanana. Tandis que, la partie sédimentaire est représentée par la formation KARROO et Post- KARROO.



Figure 1 : Carte routière de Madagascar

Source : web 2

2.1.4 Généralités sur la géologie de Madagascar

Madagascar est formée par du Socle cristallin et des formations sédimentaires Phanérozoïques de la côte Ouest couvrant les tiers restants. Le socle est formé par des Roches métamorphiques et éruptives, ayant subi successivement des métamorphismes accompagnés d'orogènes différentes, très plissé et très complexe. Il couvre la partie centrale et presque toute la partie orientale et affleure sur une surface de 400000 km² (environ 2/3 orientaux de l'île) (Allard, 1970). Ces formations cristallines ne renferment pas de fossiles à part les Stromatolithes que l'on rencontre dans les Marbres d'Ambatofinandrahana. Ce socle date du Précambrien et constitue le substratum (Battistini, 1996). La Couverture sédimentaire est formée de couches non plissées plongeant doucement avec une pente d'environ 10° vers le canal de Mozambique. Cette couverture sédimentaire se trouve dans la côte Ouest sur une bande large de 250km, soit 1/3 de l'île. On peut rencontrer sous forme d'une petite frange très étroite, le long de la côte Est (Allard, 1970). Les fossiles qu'elle renferme indiquent son âge, allant du Carbonifère au Quaternaire (Battistini, 1996).

2.1.4.1. Le socle cristallin malgache

Depuis des années, ce vieux socle a attiré l'attention des chercheurs et des géologues par la complexité de sa formation. Sa classification a connue beaucoup de modification au cours du temps suivant l'évolution des technologies. On peut citer quelques chercheurs et géologues qui contribuent à l'étude du socle cristallin malgache :

- LACROIX (1920), avec l'orientation de BESAIRIE et d'autres Géologues et prospecteurs du Service de la géologie et de BRGM, ont conçu une carte pour les minéraux et les roches exceptionnels. Aux années cinquante, le service Géologique National a présenté une couverture cartographique à l'échelle de 1/2 000 000, suivi par une couverture systématique à 1/100 000 (1951). Avec ces bases cartographiques, BESAIRIE a établi des synthèses à 1/100 000 en 1951, à 1/200 000 et à 1/500 000 en publiant huit (8) coupures en 1965 et 1971.

- Synthèse cartographique de HOTTIN (1976)

Le travail de BESAIRIE en 1951, 1965 et en 1971 s'agit d'une cartographie excellente du point de vue lithologique. Pourtant, ces cartes, présentant ses limitations très importantes, ont été discutées par HOTTIN en 1976, par sa vision très stratigraphique d'un ensemble igné et métamorphique et l'absence d'interprétation tectono-métamorphique (et ces implications métallogéniques) lié à la tectonique des plaques encore non introduit pendant la réalisation de la carte suite à une limitation technologique. Par conséquent, en 1976, HOTTIN a présenté une synthèse à Echelle de 1/2 000 000 en divisant le précambrien en deux domaines bien distincts

par leur âge suivant la ligne de dislocation orientée Nord-Ouest/Sud-Est (NO-SE) de Bongolava-Ranotsara.

- Travaux universitaire récents depuis 1980

Des progrès importants ont été réalisés grâce à des études universitaires en Géologie structurale, Pétrographie, Géochronologie et Métallogénie. Ces études ont contribué à la modernisation et l'avancé de la connaissance du socle précambrien de Madagascar. Elles ont fait participer des universités de différents pays : France, Afrique du Sud, Suisse en collaboration avec l'université d'Antananarivo, université de Tuléar et Organisme Géologique et minier (Service Géologique et OMNIS).

- Travaux de COLLINS et WINDLEY en 2002

Une compilation des données bibliographiques et inspiration sur les publications de COLLINS et ses collaborateurs en 2002 ont permis de proposer des synthèses de l'architecture du précambrien de Madagascar (Collins *et al*, 2002). Il s'agit d'un schéma tectono-métamorphique de l'ensemble du socle de Madagascar qui serait constitué par cinq blocs tectoniques stables, trois nappes de charriage et une zone de suture ; soit neuf (9) unités tectoniques :

- ✚ Le bloc d'Antongil ;
- ✚ Le bloc d'Antananarivo ;
- ✚ La nappe de charriage du Bemarivo ;
- ✚ La nappe de charriage de Tsaratanana ;
- ✚ La nappe d'Itremo ;
- ✚ Bloc d'Ikalamavony ;
- ✚ La suture de Betsimisaraka ;
- ✚ Bloc de Taolagnaro-Ampanihy ;
- ✚ Bloc de Vohibory

- Travaux de mise à jour par le PGRM

Le PGRM ou Projet de Gouvernance des Ressources Minières a effectué une révision, une réinterprétation tectonique et une réévaluation du potentiel minier pour 114 feuilles à l'échelle 1/100.000ème (160.000 km) et 200.000 km² à l'échelle 1/500.000ème, afin de compléter la révision du socle.

Aujourd'hui, d'après la dernière mise à jour apportée par le PGRM le 28 et 29 juin 2012, le socle est subdivisé en 6 grands domaines bien distincts (Roig *et al*, 2012).

- ✚ Domaine d'ANTONGIL/MASORA,

- ✚ Domaine d'ANTANANARIVO,
- ✚ Domaine d'IKALAMAVONY et Sous- Domaine ITREMO,
- ✚ Domaine ANDROYEN-ANOSYEN,
- ✚ Domaine de BEMARIVO,
- ✚ Domaine de VOHIBORY

Ces domaines sont traversés par trois Suites magmatiques, tels que :

- ✚ Suite de DABOLAVA (1Ga),
- ✚ Suite d'IMORONA – ITSINDRO (820-760 Ma),
- ✚ Suite d'AMBALAVAO-KIANGARA-MAEVARANO (570-520 Ma) (Roig *et al*, 2012).

2.1.4.2. La couverture sédimentaire

Elle occupe le tiers restant de la surface totale de l'île et forme une large bande continue tout au long de la côte occidentale et affleure en mince bande discontinue sur la côte Est et sur la partie centrale. Cette formation s'étageant du Carbonifère Supérieure à l'ère actuelle, caractérisée par son inclinaison faible vers le canal de Mozambique (pendage 10°) et sa structure n'est jamais plissée (Raunet, 1997).

De plus, elle est constituée par 5 grands bassins dont les quatre sont adossés au socle :

- ✓ Le bassin de Diégo, dans l'extrême Nord, délimité par l'Océan Indien à l'Est et le bassin du Majunga (à la presque île d'Ampasindava) à l'Ouest.
- ✓ Le bassin du Majunga : se trouve entre la presque île d'Ampasindava au Nord et l'anticlinal cristallin du Cap Saint André au Sud.
- ✓ Le bassin de Morondava : c'est le plus vaste bassin environ 6000km, qui s'étale depuis le Cap Saint André au Nord jusqu'au Cap Sainte Marie (cap de Vohimena) au Sud.
- ✓ Les bassins lacustres sur les Hauts plateaux, qui sont le bassin lacustre d'Antsirabe (Antanifotsy-Sambaina-Antsirabe) et le bassin lacustre d'Alaotra (Mangoro-Alaotra-Moramanga).

Il y a aussi le bassin côtier oriental qui se localise entre Vohémar-cap Masoala et Mahanoro-Mananjary (Besairie, 1972).

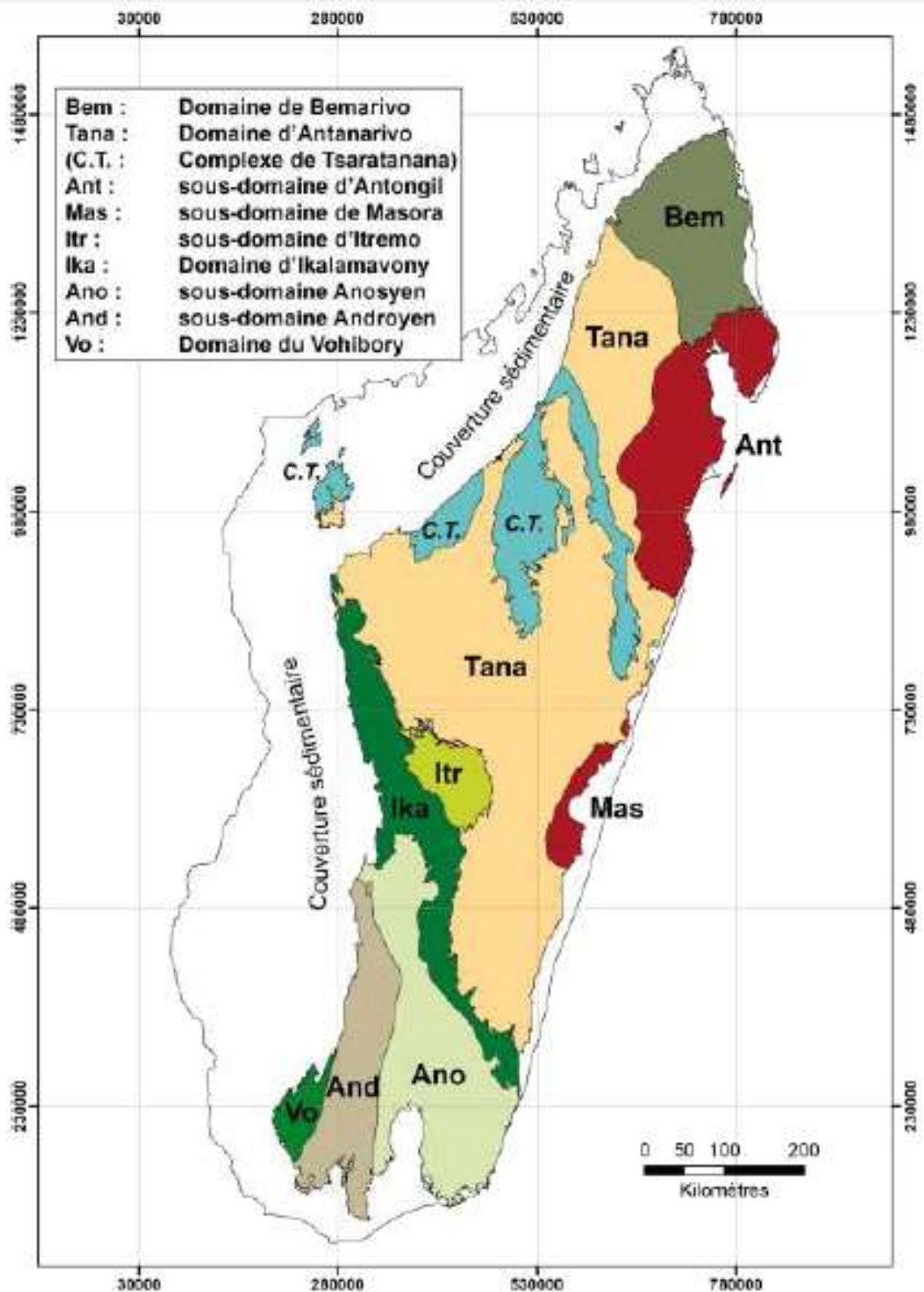


Figure 2 : Carte géologique simplifiée de Madagascar (P.G.R.M, 2012 à l'échelle 1/1.000.000)

2.2 Contexte géologique du milieu d'étude

L'intérêt pédagogique de la RN4 occupe une place non négligeable dans notre étude. Elle repose sur sa situation géographique, menant vers Mahajanga, sur son accessibilité à toute voiture de transport et sur ses nombreux arrêts offrant de nombreuses variétés de faciès pétrographique intéressant le programme de SVT dans les classes de secondaire.

2.2.1. Le socle cristallin

2.2.1.1. Histoire géologique

L'architecture et la nature lithologique des blocs de l'archéen de Madagascar sont très similaires à ceux de l'Inde, à l'échelle de Gondwana. Pourtant le domaine néoarchéen d'Antananarivo (incluant le complexe de Tsaratanana) est très similaire à la partie orientale du craton de Dharwar oriental. Le domaine d'Antananarivo forme le substratum de 2 bassins sédimentaires formés au cours d'une période d'extension intracontinentale (Roig *et al*, 2012).

A Madagascar, les roches archéennes des domaines d'Antongil-Masora et d'Antananarivo se sont accrétées à la fin de l'Archéen antérieurement ou de manière synchrone à un métamorphisme régional associé à des injections plutoniques. Il est possible de supposer que ces évènements ont juxtaposé les gneiss basiques du Complexe de Tsaratanana avec les gneiss acides du Domaine d'Antananarivo, et « soudé » l'ensemble à la croûte mésoarchéenne du Domaine d'Antongil-Masora. Cet évènement majeur du Néoarchéen est responsable de la création du Craton du « Greater Dharwar ».

2.2.1.2. Caractères pétrographiques

Le Domaine d'Antananarivo, qui correspond aux hauts plateaux du centre de Madagascar, est une vaste étendue composée d'ortho-gneiss et de paragneiss d'âge Néoarchéen à Paléoproterozoïque.

Le domaine d'Antananarivo est recoupé par deux générations de roches plutoniques. La plus ancienne est d'âge Cryogénien (820-740 Ma) et la plus jeune est datée l'Ediacarien (540-520 Ma). Les roches intrusives du Cryogénien, regroupées dans la Suite d'Imorona-Itsindro, consistent en un assemblage bimodal de gabbros et de syéno-granites qui forment des masses ou de petits massifs intrusifs de plutons superposés ou emboîtés. La plus jeune suite plutonique de l'Ediacarien est composée de la Suite d'Ambalavao-Kiangara-Maeravano. Elle comprend des granitoïdes syn- à tardi-tectoniques (gabbro-diorites puis syénogranites) mis en place sous la forme de large batholithes, de petits plutons emboîtés ou de niveaux superposés de type « stratoïdes » (Roig *et al*, 2012).

2.2.1.3. Subdivision et Minéralisations

❖ Les formations d'âge Néoarchéen

Ils comportent plusieurs formations à savoir :

- Le groupe de SOFIA et de VONDROZO
- Les complexes de TSARATANANA
- La suite de BETSIBOKA

a- Groupe de SOFIA

Les roches du Groupe de Sofia ont été subdivisées en trois ensembles de : Marbre et paragneiss à silicates calciques, de « paragneiss et schistes » et de « quartzites et paragneiss quartzique. Les roches sont toutes très fortement foliées à sub-mylonitiques et définissent ainsi, au sens large, l'extension nord de la zone de cisaillement d'Angavo qui est une structuration N-S majeure de la zone centrale du Domaine d'Antananarivo.

✓ Minéralisation :

- Graphite : présent dans certains micaschistes
- Or : disséminé dans le micaschiste à biotite et disthène ou dans des filons nets de pegmatite et veine quartzo-feldspathique.

b- Complexes de TSARATANANA

Les Complexes de Tsaratanana sont formés par des schistes et des gneiss à biotite-hornblende, de composition tonalitique à granodioritique. Il comprend aussi de gneiss amphibolitiques, de paragneiss riches en feldspath ainsi que des quartzites à magnétite. Ce complexe, d'âge Néoarchéen (2,7-2,5 Ga), affleure au sein de trois larges synformes subparallèles et est situé géométrique au-dessus du Domaine d'Antananarivo. On reconnaît trois unités lithologiques au sein du Complexe de Tsaratanana : les orthogneiss basiques, les paragneiss basiques et les quartzites à magnétite (Ces roches sont interprétées comme issues du métamorphisme de BIF).

✓ Minéralisation :

- Chrome : les soapstones constitués de l'ensemble de trémolite et talcschiste sont souvent chromifères ;
- Or : c'est une série très aurifère ;
- Fer : dans des bancs épais de quartzite à magnétite ;
- Terre rare : Niobium, Berynium, Tantalium dans la pegmatite potassique ;
- Béryl : dans la pegmatite de Befanana riche en Befanamite ;

c- La suite de BETSIBOKA

Trois unités peuvent être distinguées au sein de la Suite de Betsiboka avec l'Orthogneiss migmatitique dioritique à tonalitique (ou orthogneiss de Moramanga), l'orthogneiss migmatitique granitique à granodioritique (ou orthogneiss de Betsiboka), et l'ensemble à Harzburgite, pyroxénite pyroxénolites ± chromite. Les orthogneiss de la Suite de Betsiboka sont répartis sur l'ensemble du nord du Domaine d'Antananarivo même s'ils apparaissent plus abondants dans les parties centre Ouest et Est de Madagascar.

✓ Minéralisation :

- La minéralisation chromifère est plus développée dans les ultrabasiques de la formation d'Ambodirano.

❖ **Les formations Néoproterozoïques** : Groupe d'AMBATOLAMPY :

Antérieurement reconnu comme « Série d'Ambatolampy », il représente une séquence de roches supracrustales, inégalement préservées, fortement plissées et avec une extension de plus de 400 km depuis Antananarivo jusqu'à Fianarantsoa au sud. Ce groupe tient sa dénomination de la ville d'Ambatolampy qui est située à environ 70 km au sud d'Antananarivo. Ce groupe est caractérisé par des schistes et des paragneiss alumineux, certains riches en graphite, et avec d'abondants niveaux de quartzite.

❖ **Les suites magmatiques**

La Suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano recoupe tous les domaines tectoniques du sud et du centre de Madagascar, à l'exception du Domaine du Vohibory, bien que des pegmatites y soient décrites. Les intrusions qui ont été regroupées dans cette suite sont des complexes de granitoïdes qui sont, soit des orthogneiss pré à syn-tectoniques, soit des plutons intrusifs, parfois emboîtés, tardi à post-tectoniques, (type Ambalavao) soit des massifs « stratoïdes » également tardi à post-tectoniques, généralement à faible pendage et pouvant alors couvrir des superficies très importantes (type Kiangara). Le type Ambalavao se retrouve dans toute la moitié sud de Madagascar. Dans la moitié nord de Madagascar, l'équivalent du type Ambalavao porte le nom de Maevarano. Deux phases d'intrusions sont connues. La première phase s'est déroulée vers 580-570 Ma avec la mise en place d'intrusions pré- à syn-tectoniques. Ces roches sont essentiellement représentées dans le Domaine Anosyen-Androyen et plus rares voire absentes dans les autres domaines. La seconde phase intrusive, plus fréquente et répartie sur la plupart des domaines malgaches, s'est déroulée entre 550 et 510 Ma avec la mise en place de plutons tardi- à posttectoniques d'allure générale semi-circulaire ou stratoïde. La majorité de ces corps plutoniques sont porphyroblastiques, d'autres sont gneissiques parfois oeillés à feldspath-K, ou pegmatitiques. Cette Suite va des syénites aux granites. Des granodiorites, des anorthosites et

des gabbros existent également. Certaines variétés présentent de l'orthopyroxène et définissent donc des charnockites.

2.2.2- Formations sédimentaires

2.2.2.1. Généralités

Cette couverture est constituée par un empilement de couches monoclinales, régulièrement inclinées vers l'ouest avec des pendages qui, de 30 à 20° au contact du socle, diminuent progressivement vers l'ouest pour atteindre de 1 à 3° dans la zone côtière. Les formations sédimentaires comprennent :

- Le Karroo du Carbonifère supérieur au Jurassique moyen.
- Le post-Karroo, du Jurassique supérieur au Quaternaire.

2.2.2.2. Le Système KARROO

Ce nom provient de formation similaire de l'Afrique du Sud. Ces formations se rattachent au grand système du Gondwana qui joue un rôle très important dans l'hémisphère Sud. Le Karroo malgache est constitué par des dépôts continentaux, terrestres ou lacustres. Il comprend trois groupes séparés : Sakoa, Sakamena, Isalo qui, outre leurs faciès propres sont séparés par de légères discordances angulaires.

Le groupe d'ISALO se place à la base de l'Ere secondaire (Trias) et monte plus au moins haut dans le système jurassique. Le groupe de l'Isalo est une formation continentale essentiellement gréseuse mais comportant des bancs d'argiles rouges ou bariolées (vert, jaune, rouge). On distingue, dans le groupe, diverses formations dont les coupures sont définies par leur corrélation avec des formations marines :

- Isalo III correspondant au jurassique moyen : Lias, assez analogue à l'Isalo II et est aussi constitué de grès et d'argile.
- Isalo II correspondant au Lias : keuper, il est constitué de grès et d'argile
- Isalo I correspondant au Trias : Buntsandstein-Muschelkalk, il est formé surtout des grès grossiers, conglomératiques, peu cimentés et par suite tendres

2.2.2.3. Le Post-KARROO

a. Jurassique supérieur

Le système Karroo se termine définitivement à la fin du Jurassique moyen. Au Jurassique supérieur, une transgression marine généralisée s'étend sur toute la côte Ouest de Madagascar. Il se dépose alors des calcaires marneux, des marnes et des argiles renferment en abondance des fossiles très bien conservés et en particulier des Ammonites et des Bélemnites.

Le Jurassique supérieur forme, sur la côte Ouest une bande médiane d'assez faible largeur (10 à 20 kilomètres) dont les sols sont riches et, avec irrigation, supportent des belles

cultures. Le Jurassique supérieur est riche en glauconie, minéral potassique. Du point de vue de la géologie appliquée, ces couches peuvent former des couvertures imperméables protégeant des nappes de pétrole ou maintenant en place des nappes aquifères. Par contre, ils présentent des inconvénients pour le tracé des routes et les assises d'ouvrages d'art. Les argiles renferment souvent des cristaux de gypse qui font parfois l'objet d'une exploitation par cueillette (Tsaramandroso).

b. Le Crétacé ante-basaltique

La présence généralisée de grandes coulées basaltiques dans le Crétacé nous permet de distinguer les formations anté- et post-basaltiques. En gros, le Crétacé anté-basaltique correspond au Crétacé inférieur et moyen, le Crétacé post-basaltique au Crétacé supérieur.

D'une manière générale, le Crétacé anté-basaltique est gréseux et, suivant les régions, présente un faciès marin de marnes ou un faciès continental. La base du Crétacé présente souvent un faciès marin de marnes à glauconie, analogue à celles du Jurassique supérieur. Le reste de l'étage est gréseux avec surtout des grès rouges. Les couches marines sont très fossilifères.

c. Les coulées basaltiques et les intrusions crétacées

Les coulées ne sont pas les seules manifestations de l'activité plutonique. Des roches éruptives diverses se sont mises en place à cette époque sous forme de massifs et de filons. Dans l'extrême Nord, de petits massifs intrusifs avec rhyolites, trachytes, syénites néphéliniques sont en liaison probable avec les filons aurifères quartzo-barytiques de l'Andavakoera. Sur la côte Ouest, deux centres éruptifs importants se trouvent dans la presqu'île d'Ampasindava et dans la région Morafenobe-Bekodoka. Le premier renferme des types extrêmement variés de roches alcalines, granites et syénites, roches néphéliniques acides et basiques tant en filons qu'en massifs. Le second présente surtout de gros massifs de gabbros avec quelques granites. Cette activité plutonique crétacée a donné naissance, tant dans les terrains sédimentaires que dans le socle, à de multiples cassures qui ont été remplies par une variété de microgabbros constituant ainsi d'innombrables filons de dolérites.

d. Le crétacé post-basaltique

Le crétacé post-basaltique comprend une partie inférieure principalement formée de grès continentaux à grands Reptiles Dinosauriens, présentant un faciès entrecroisé assez comparable à celui de l'Isalo, avec aussi des argiles et une partie supérieure entièrement marine de calcaires et de marnes. Dans le Menabe, la base est à faciès marin et toute la série est

extrêmement riche en Ammonites. Madagascar est le pays du monde le plus riche en Ammonites du Crétacé supérieur.

Nous avons jusqu'ici rencontré les formations sédimentaires uniquement sur la côte Ouest. Au Crétacé supérieur, une transgression marine très importante s'avance sur la côte Est et y dépose des marnes et calcaires fossilifères. Cette transgression est liée à une nouvelle fracture du continent de Gondwana et c'est à ce moment que Madagascar devient une île dans l'Océan Indien. Ce Crétacé supérieur marin recouvre les coulées basaltiques.

e. Le Tertiaire : Formations sédimentaires

L'Ere tertiaire à Madagascar, se divise en deux parties. La partie inférieure, Eocène, Oligocène et Miocène est marine. L'Eocène est très développé forant de grands plateaux calcaires dans toute la moitié du Sud de la côte Ouest, des bandes discontinues au Nord et se développent à nouveau dans l'extrême Nord. Les calcaires éocènes renferment des fossiles particuliers : alvéolines abondantes, Nummulites plus rares. Oligocène et Miocène ne correspondent qu'à des dépôts de faible importance au bord de mer. La partie terminale du Tertiaire correspond à une régression marine généralisée et il ne se dépose plus que des formations continentales dont la plus importante est la carapace sableuse qui recouvre une grande partie des terrains plus anciens. Cette carapace résulte de l'altération superficielle des roches, du dépôt sur les pentes par ruissellement et aussi du transport éolien.

DEUXIEME PARTIE

MATERIELS ET MÉTHODOLOGIES

Chapitre 3 : MATERIELS

3.1. Matériels d'échantillonnage

3.1.1. Marteau

Un géologue doit se munir d'un marteau. Le marteau est un matériel de base sur terrain. Il est utilisé pour casser, briser, piquer et attirer les blocs de roche dans le but d'obtenir des échantillons de bonnes qualités et frais. Il s'agit non seulement d'un matériel d'échantillonnage mais à la fois servant d'échelle pour les prises de photos.

3.1.2. Emballages

Les emballages sont utiles pour couvrir les échantillons meubles et/ou friables et même les autres échantillons avant d'être mis dans les sacs.

3.1.3 Acide chlorhydrique (HCl)

L'acide chlorhydrique est utilisé pour vérifier si la roche contient du calcaire. En présence de l'HCl, le calcaire fait l'effervescence et dégage gaz carbonique (BALLAND, *et al*, 1979).

3.2. Matériels de mesure et de repérage

3.2.1. Boussoles de géologue

La boussole de géologue sert pour préciser l'orientation et la mesure des éléments géométriques d'une couche de terrain comme la direction, le sens de l'inclinaison et l'intensité de l'angle de pendage. On l'utilise souvent si l'affleurement présente des déformations tectoniques particulières : failles, décrochements, cisaillements, plis et boudinages.

3.2.2. GPS ou Global Positioning System

Le GPS sert à déterminer toute localisation à la surface de la Terre en trois dimensions : Latitude, Longitude, Altitude. Cet appareil nous a permis lors de notre travail sur terrain de bien préciser tous les arrêts géologiques afin de tracer l'itinéraire. On a utilisé deux types de GPS pendant les descentes sur terrain.

3.2.3. Cartes géologiques et topographiques

- Carte topographique qui représente d'une façon exacte le relief du milieu étudié en comportant des signes conventionnels comme la route, les cours d'eau et les massifs. Elle peut aussi aider à s'orienter quand on fait les études sur terrain.

- Carte géologique, très important pour pouvoir connaître les variétés lithologiques et stratigraphiques ainsi que les différentes signes tectoniques de terrains.

La consultation des cartes comme la carte géologique d'Andriba N°43 à l'échelle 1/100 000 (Rantoanina, *et al*, 1968), Maevatanàna N°42 à l'échelle 1/100 000 (Rantoanina, *et al*,

1969), la carte géologique de Madagascar de 1969 à l'échelle de 1/500 000 nous aide dans l'étude préliminaire avant la descente sur terrain.

3.2.4. Carnet de géologue et marqueur

Ils sont utilisés pour la prise des notes des informations sur les gisements géologique et la roche ; et les marqueurs indélébiles pour distinguer les échantillons à l'aide des numérotations et signes particuliers (codes des échantillons) pour pouvoir les arranger.

3.3. Matériels numériques

3.3.1. Appareil photos numérique

Il est utilisé pour capturer des images d'éléments géologiques observés et mesurés.

3.3.2. Ordinateur portable

L'ordinateur est utilisé lors de traitement de données et de texte, c'est une machine automatique permettant d'enregistrer toutes les données collectées sur terrain.

Chapitre 4 : METHODOLOGIE

4.1. Recherche bibliographique et webographies

Cette partie concerne la recherche bibliographique. La visite s'effectue dans divers centres de documentations, à savoir :

- La bibliothèque nationale à Anosy
- La bibliothèque au service géologique et des mines à Ampandrianomby
- Le centre d'information de documentation scientifique et technologique (CIDST) Tsimbazaza
- La bibliothèque de l'ENS
- La bibliothèque de l'université d'Ankatso

L'étude bibliographique et webographies font partie des documentations pour le mémoire. Ce sont les sources des informations et de connaissances utilisées pour la réalisation du travail.

4.2. Travaux de terrain

Les descentes sur terrain ont été effectuées en trois temps :

- La première descente a été effectuée en 2015 lors du voyage d'étude du L3 du parcours SVT et accompagnée par les enseignants de l'ENS pour faire des études géologiques sur cet itinéraire afin de renforcer la capacité de ces futurs enseignants.
- La deuxième a été réalisée pendant 5 jours avec nos encadreurs du 02 au 06 mai 2018. Elle permet d'effectuer une étude descriptive détaillée des différents arrêts géologiques sur cet axe.

- Une troisième descente a été faite en juin 2018, dont l'objectif est la prise de photo sur les différents sites pour l'illustration des analyses et des données.

4.3. Méthodes utilisées sur terrain

Le principe d'étude sur terrain consiste à décrire les faciès pétrographiques et la disposition structurale des différentes formations géologiques rencontrées sur la zone d'étude. Il est primordial de localiser chaque arrêt étudié à l'aide d'un GPS qui permet de préciser les coordonnées (latitude, longitude, altitude) du lieu. Après la localisation du gisement, on procède à l'étude macroscopique de l'affleurement.

L'observation se fait en plusieurs étapes :

- A l'échelle d'affleurement, elle permet de voir l'aspect général du terrain à étudier, à savoir :
 - La nature de l'affleurement et ses dimensions (exemple talus de route d'environ 25x150m)
 - L'état et fraîcheur de l'affleurement (une nouvelle excavation ou ancienne mine)
 - Le débit ou formes des roches (en banc ou en bloc ou encore massif)
 - Le type et forme des structures géologiques (stratification ou plis ou cisaillement)
 - La couleur générale de chaque formation
- A l'échelle de l'échantillon, elle consiste à faire :
 - La description pétrographique

Elle suit le plan de déterminations des roches que ce soit des roches magmatiques, roches sédimentaires ou des roches métamorphiques :

➤ Plan de détermination des roches magmatiques :

- Texture : massive ou équant
- Structure : grenue, microgrenue, microlitique ou vitreuse
- Gisement : plutonique, filonienne ou volcanique
- Composition minéralogique : minéraux cardinaux, essentiels et accessoires
- Couleur : hololeucocrate ; leucocrate ; mésocrate ; mélanocrate ; holomélanocrate.
- Classification (ou famille) : granite, syénite, diorite, gabbro,...
- Nom de la roche

➤ Plan de détermination des roches sédimentaires

- Etat d'agrégation : meuble ou friable, consolidé ou cohérente
 - Nature du ciment des roches consolidées : siliceuses, ferrifères, argileux
 - Fragilité et malléabilité
 - Dureté : non, peu ou traçant à l'ongle
 - Couleur : rouge, jaune, ...
 - Solubilité à l'eau : très soluble, soluble ou non soluble
 - Propriété chimique : effervescence avec l'acide
 - Genèse : résiduelle, détritique, chimique, biologique
 - Nom de la roche
- Plan de détermination des roches métamorphiques
- Texture : schisteuse ou foliée (orienté ou non orienté)
 - Granulométrie : à grain grossier, moyen ou fin
 - Composition minéralogique : minéraux index et autres minéraux
 - Zone d'intensité métamorphique : épizone, mésozone, catazone, et ultrazone
 - Séquence : para-dérivée et orthodérivée
 - Séquence-para et roche initiale : pélitique (argile), arénacée (grès), marneuse (marne), carbonatée (calcaire), carboné (biologique)
 - Type de métamorphisme : contact, général, enfouissement et impact météorite
 - Nom de la roche
- La description structurale
- Elle consiste à identifier les éléments structuraux présent sur le terrain et leurs caractéristiques ainsi que la formation géologique du terrain à l'aide des différentes mesures (direction, pendage, sens de pendage, droite).
- Plan de détermination des structures géologiques
- Formes de déformation : ductile ou fragile
 - Déformation fragile : fracture (cassure, fentes, veines et failles, décrochement senestre ou dextre)
 - Déformation ductile : types de pli (droit, incliné ou renversé, ...) ou cisaillement
 - Mesure : direction, pendage et sens de pendage

- Types de plan : schistosité ou foliation, cassure ou diaclase, faille ou plan axial
- Type de droite : linéation (minérale, crénulation, ...), axe de pli, stries sur terrain.

4.4. Enquêtes auprès des enseignants aux lycées

Cette partie comporte les méthodologies depuis l'élaboration des questionnaires jusqu'au traitement des résultats.

Pour une amélioration de l'enseignement de la géologie au lycée à Madagascar, il est évident de savoir les problèmes qui y existent actuellement. En effet, les enquêtes auprès des enseignants de Sciences Naturelles dans les lycées cités ci-dessus sont fondamentales.

L'enquête se fait avec des questionnaires présentant des questions à choix multiple ou QCM, mais il y a aussi des questions ouvertes accompagnées des réponses explicatives. Il est anonyme et a pour but de demander l'opinion de chaque professeur sur l'enseignement de la géologie en général et sur la sortie géologique.

Le questionnaire se subdivise en trois grands points. Tout d'abord, la connaissance de l'identité professionnelle de chaque professeur de la SVT ainsi que l'établissement et leur classe tenue. Ensuite, il faut savoir leur appréciation sur la matière SVT, plus particulièrement à la matière Géologie, l'apprentissage et les problèmes dans l'enseignement de la géologie. Enfin, l'indispensabilité de connaître leur maîtrise face à une étude sur terrain surtout à une sortie géologique et les problèmes qui leur empêchent d'organiser une sortie géologique et leurs suggestions pour surmonter les blocages.

4.5. Traitement de résultats

Cette partie consiste au traitement des résultats en utilisant des logiciels; Ainsi, lors de traitement de texte et de donnée on a utilisé les logiciels de Microsoft office 2013 (Word, Excel) et le logiciel Illustrator pour l'amélioration de certaines photos.

TROISIEME PARTIE

RESULTATS ET ANALYSES

Chapitre 5. RESULTATS DES ENQUETES

Ce chapitre porte sur les résultats des enquêtes auprès des professeurs du lycée sur leurs avis envers l'enseignement et la sortie géologique. Ils permettent aussi de détecter les contraintes et les solutions proposées par les professeurs sur l'organisation d'une sortie géologique.

5.1 Enquête sur l'enseignement de la géologie

5.1.1 Préférence et maîtrise de la matière des professeurs

Les professeurs de SVT au lycée enseignent à la fois la biologie et la géologie, pourtant il y a ceux qui préfèrent l'un par rapport à l'autre. La Figure 3 présente la répartition des professeurs selon leurs préférences entre ces deux disciplines.

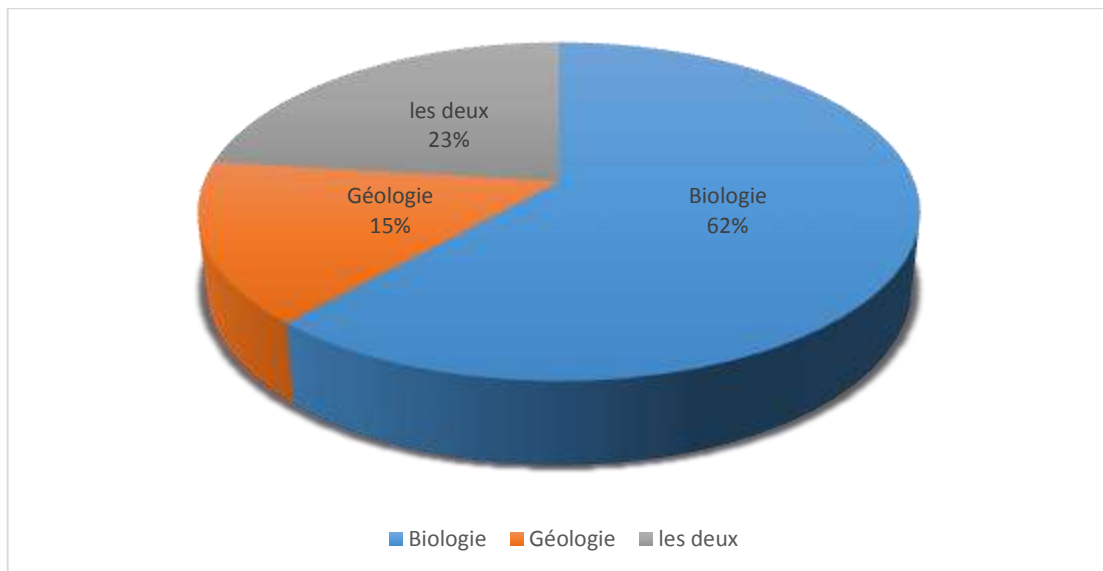


Figure 3 : Répartition des professeurs selon leurs préférences

La Figure 3 montre que 62% des professeurs enquêtés préfèrent enseigner la biologie, 23% préfèrent les deux à la fois et seulement 15% qui ont une préférence sur l'enseignement de la géologie. Le graphe de la Figure 4 affirme ces résultats par les enquêtes sur la maîtrise de ces matières enseignées. En effet, 77% des enseignants enquêtés affirme la maîtrise de la biologie tandis que 15% seulement pour la géologie. Il ne reste que 8% d'entre eux qui maîtrisent les deux disciplines à la fois.

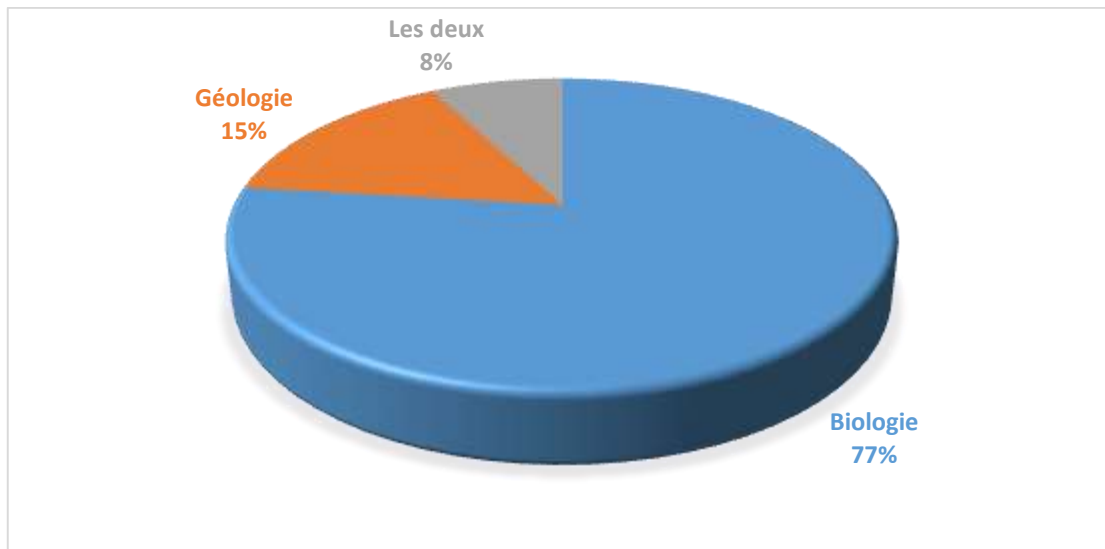


Figure 4 : Répartitions des professeurs selon leurs maitrises de la matière

Malgré ce faible résultat de préférence et de la non maîtrise de la géologie, les enquêtes effectuées sur les professeurs (Figure 5) montrent leur affinité sur l'enseignement de la géologie. De ce fait, 53,85% trouve que la géologie est une matière très intéressante, tandis que 30,16% disent qu'elle est intéressante et seulement 15,39% la trouvent peu intéressante.

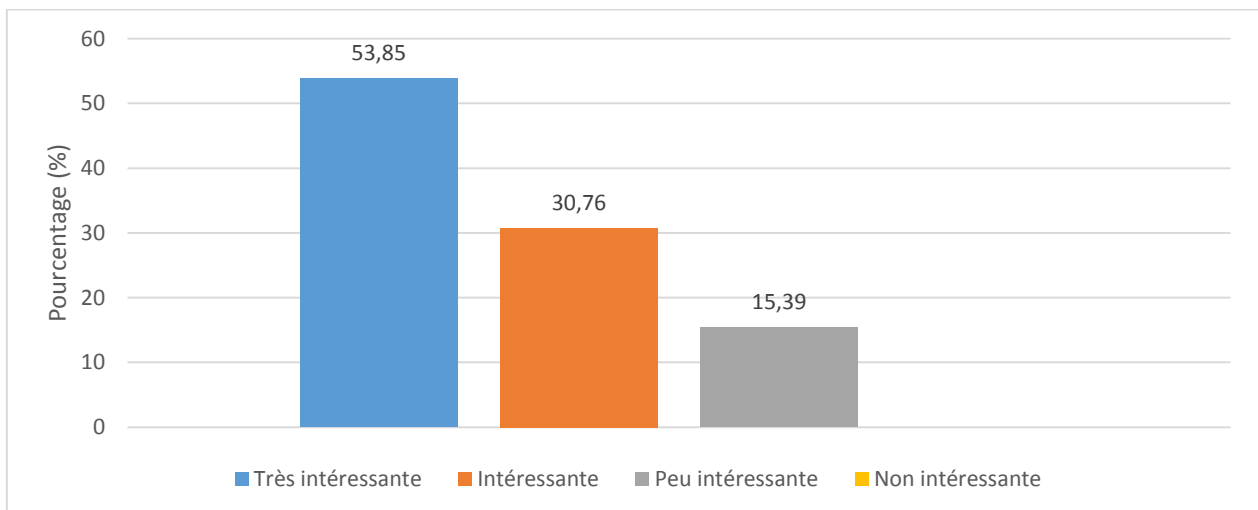


Figure 5 : Points de vue des professeurs sur la matière

5.1. 2 Affinité des élèves sur la géologie

Pour mieux confirmer ces enquêtes effectuées au sein des professeurs, il est nécessaire d'effectuer les enquêtes sur les affinités des élèves vis-à-vis de l'enseignement de la géologie. La Figure 6 suivante représente les réponses des enseignants aux lycées sur leur point de vue à propos du comportement des élèves vis-à-vis de la géologie.

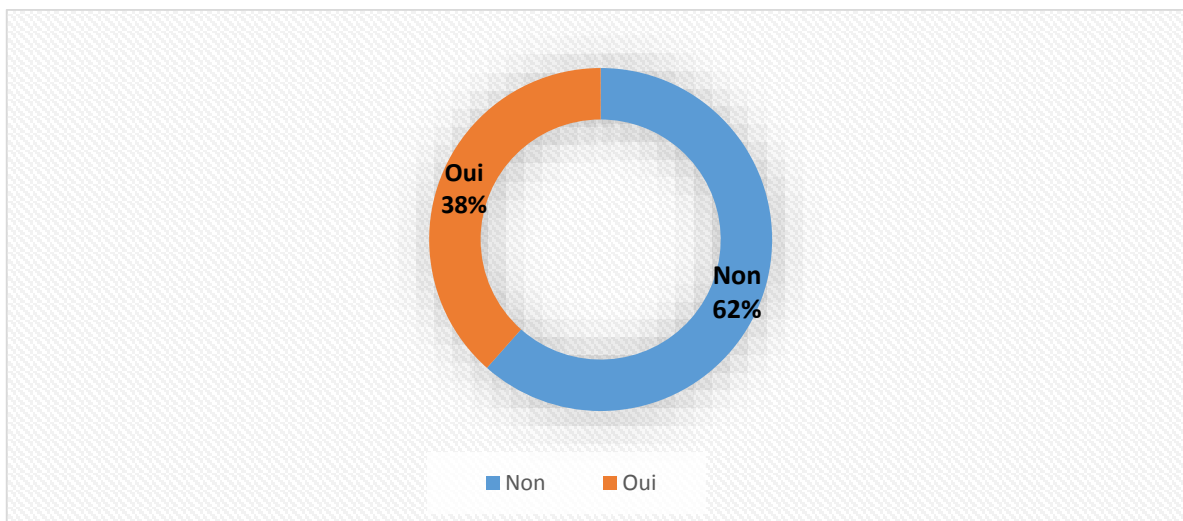


Figure 6 : Graphe montrant les réponses des professeurs à propos d'idée des élèves

La Figure 6 montre que la majorité des élèves, soit 62% ne s'intéressent pas à la géologie et 38% trouvent que les élèves s'y intéressent.

Ces résultats des affinités des élèves sur la matière géologie découlent de plusieurs raisons. La Figure 7 représente les raisons de ces comportements des élèves vis-à-vis des contenus enseignés par les professeurs.

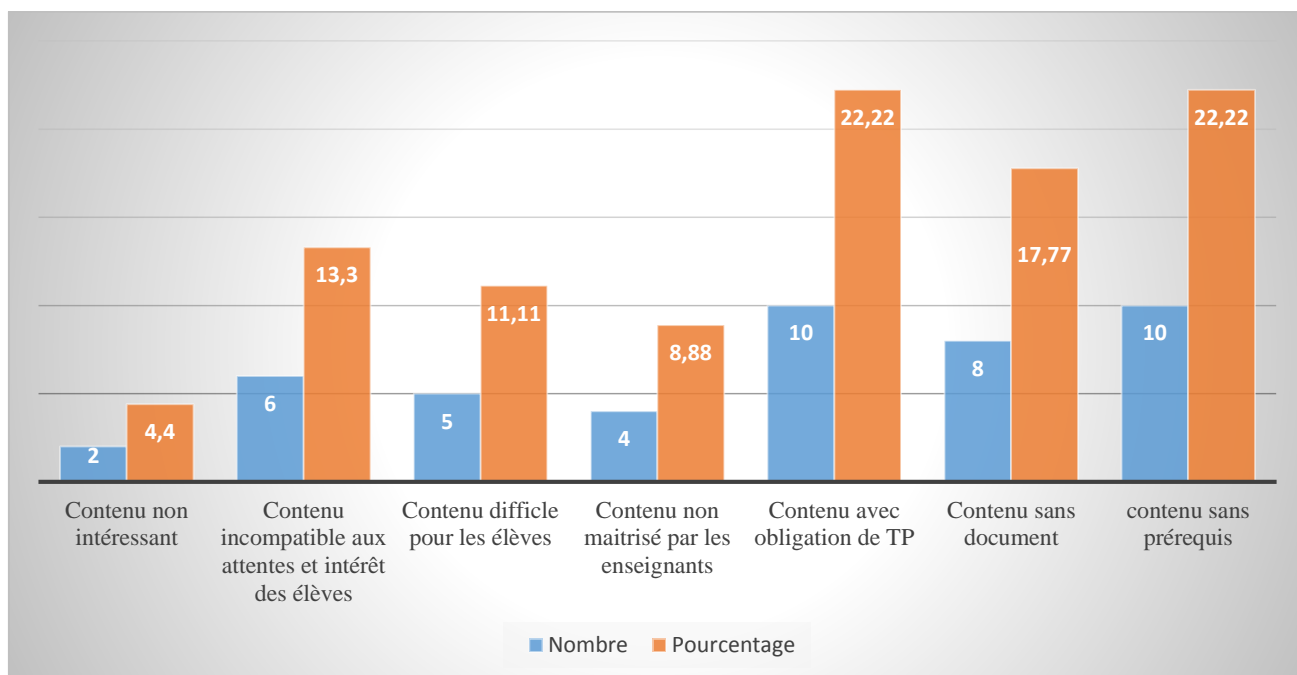


Figure 7 : Les raisons de comportement des élèves sur la discipline de la géologie

D'après ce diagramme (Figure 7), les problèmes des élèves pour dominer les concepts en géologie sont principalement : la négligence de la géologie dans les classes précédentes qui se manifeste par le manque de prérequis ainsi que la nécessité des travaux pratiques et des sorties géologiques avec 22,22% de réponse ; ensuite l'absence de livre et des documents

géologique, soit 17,7% et enfin l'incompatibilité des contenus du cours aux attentes et intérêts des élèves, soit 13,3%.

Parmi des enquêtes menées sur les professeurs, il y a des questions sur les types d'illustrations utilisées au cours de l'enseignement de la géologie. La Figure 8 montre les outils didactiques ainsi que la méthode utilisée pour cette illustration. Les résultats montrent que 52,4%, utilisent les photos et/ou schéma pour illustrer leurs cours, 28,5% utilisent les échantillons et 4,8% les vidéos. Seul 14,3% pratiquent la descente et l'observation sur terrain. Ceci montre la négligence de la sortie géologique qui est considérée comme base de la compréhension des sciences de la terre.

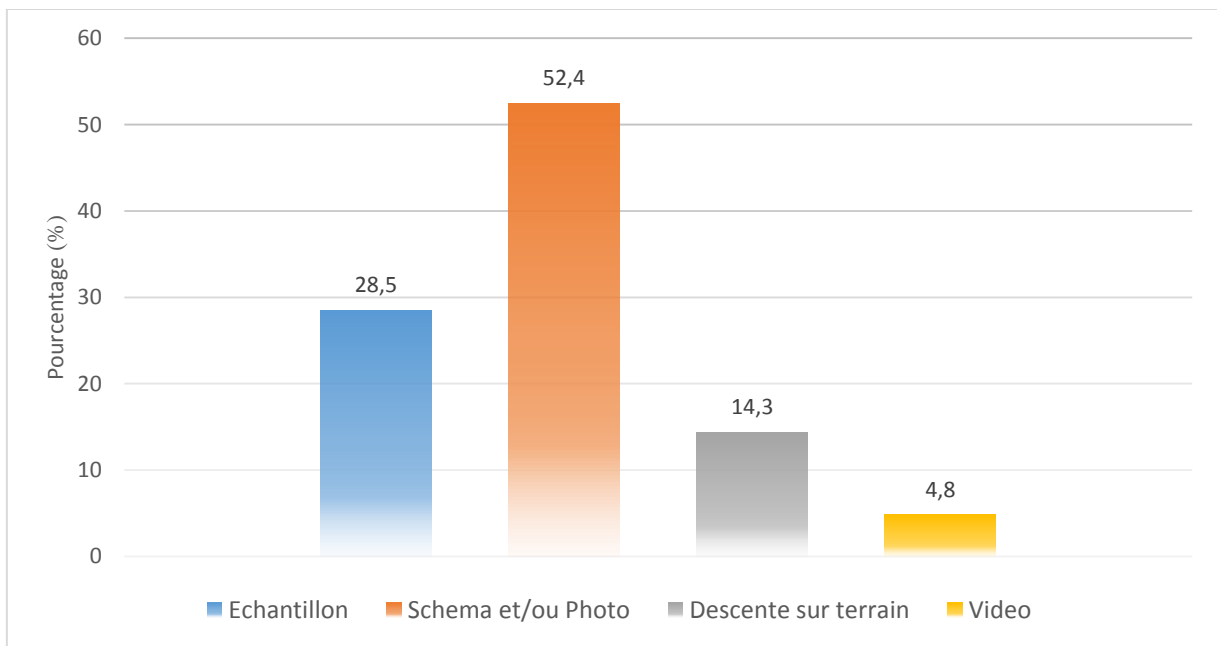


Figure 8 : Type d'illustration des cours des professeurs

5.2. Enquête sur la sortie géologique

5.2.1 Nécessité de la sortie géologique

Puisque la sortie géologique joue un rôle fondamental dans la concrétisation du cours de géologie, la Figure 9, montre la répartition des professeurs qui ont déjà organisé ou pas une sortie géologique.

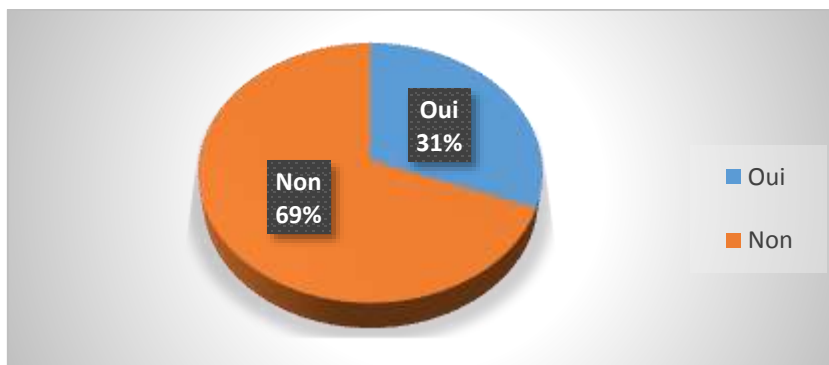


Figure 9 : Pratique de sortie géologique

Les résultats montrent que 69%, des enseignants au lycée n'ont pas encore organisé une sortie géologique et seulement 31% ont répondu oui (Figure 9).

Pour obtenir d'amples informations sur la nécessité ou non de la sortie géologique, la Figure 10 montrent les réponses des enseignants sur le rôle de la sortie géologique dans l'enseignement de cette discipline.

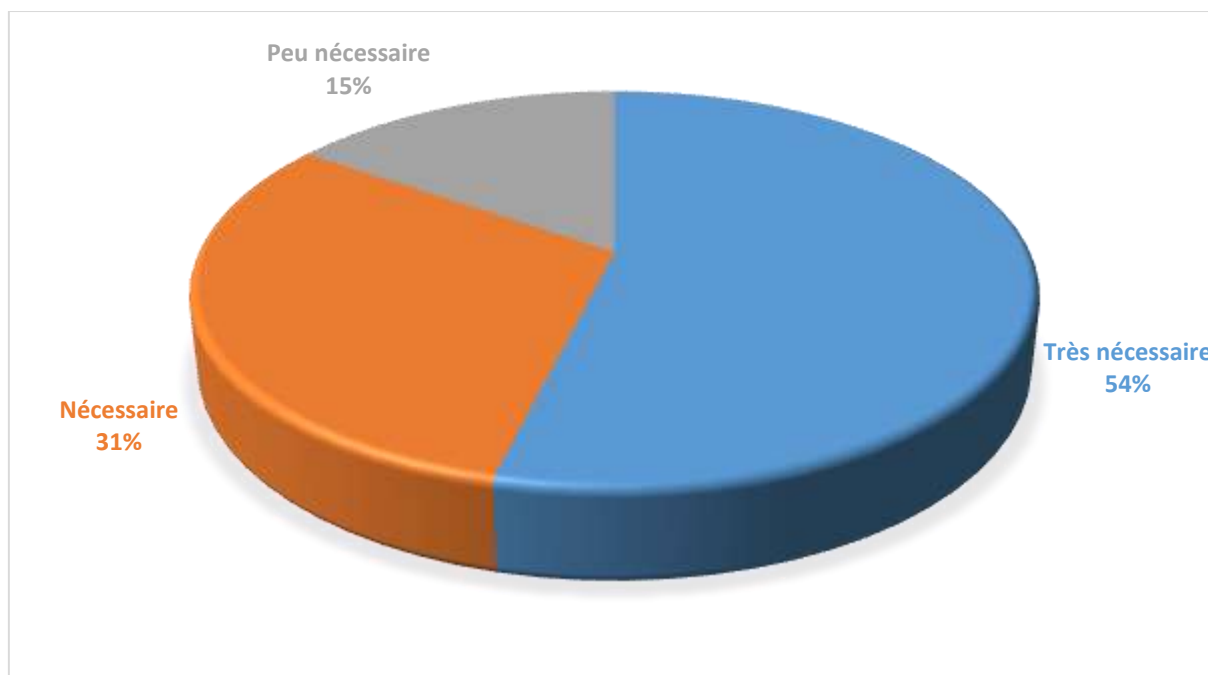


Figure 10 : La nécessité de sortie

Les résultats montrent que 54% des professeurs affirment que la sortie géologique est très nécessaire pour la concrétisation et l'amélioration de l'enseignement géologique, 31% répondent qu'elle est nécessaire tandis que 15% trouvent qu'elle est peu nécessaire.

En se référant sur les différents chapitres enseignés par niveau, des enquêtes ont été menées au niveau des professeurs. Les objectifs sont de détecter les chapitres prioritaires qui obligent une descente sur terrain.

Les trois figures (Figure 11, Figure 12 et Figure 13) ci-après présentent les réponses des professeurs sur les différents chapitres géologiques par niveau et par ordre de priorité.

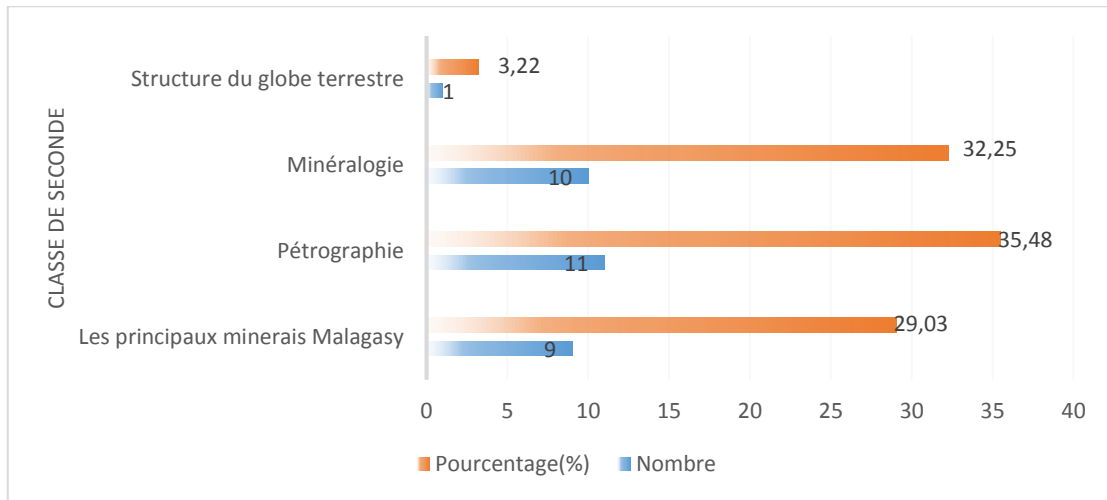


Figure 11 : Les différents chapitres géologiques par ordre de priorité dans la classe de Seconde

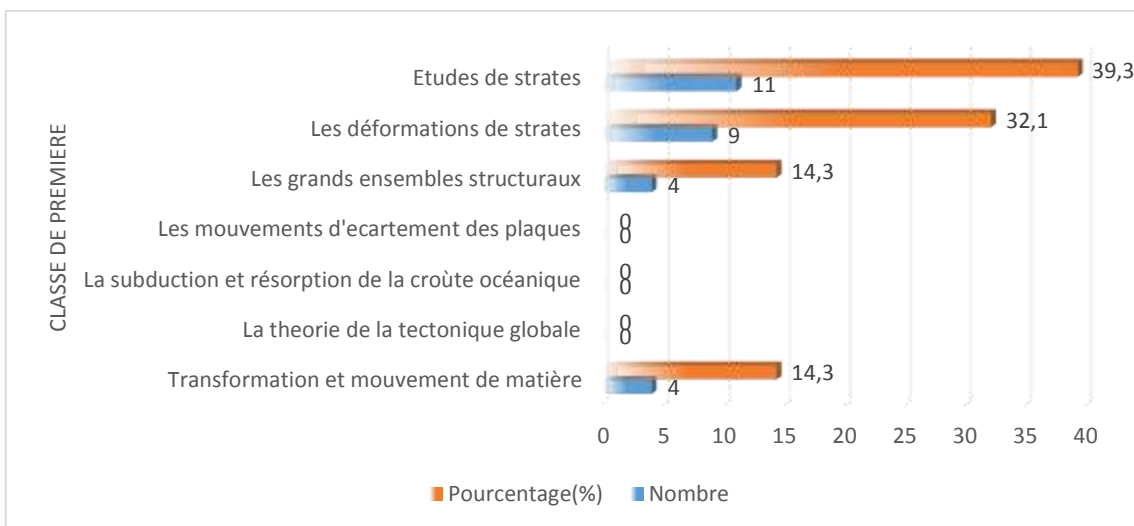


Figure 12 : Les différents chapitres géologiques par ordre de priorité dans la classe de Première

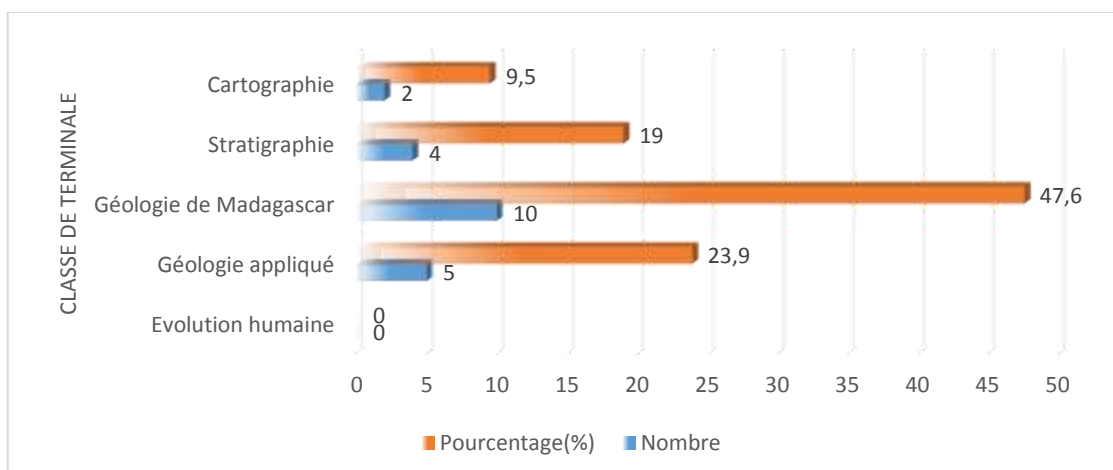


Figure 13 : Les différents chapitres géologiques par ordre de priorité dans la classe de Terminale

Les résultats montrent que la sortie géologique est nécessaire pour tous les niveaux pour l'illustration des cours. Pour la classe de seconde (Figure 11), les trois principaux chapitres tels que la pétrographie, minéralogie et les principaux minerais Malagasy présentent respectivement des pourcentages de 35,48%, 32,25 et 29,3% selon leur ordre de priorité. Dans les classes de première, le concept sur la stratigraphie présente 39,3% des réponses des professeurs pour la nécessité de la sortie géologique. Dans les classes de terminale (Figure 13), 47,6% placent la géologie de Madagascar comme primordiale pour une sortie géologique, tandis que 23,9% pour la géologie appliqués et 19% pour la stratigraphie.

5.2.2 Les problèmes pour les sorties géologiques

A part le problème financier, les choix de terrain, gisement et itinéraire géologique font partie des problèmes cruciaux pour les enseignants. En outre, la non maîtrise des démarches méthodologiques pour un travail sur terrain est l'un des blocages pour les enseignants.

La Figure 14 représente le nombre et les pourcentages des problèmes rencontrés par les enseignants au cours de l'organisation d'une sortie géologique.

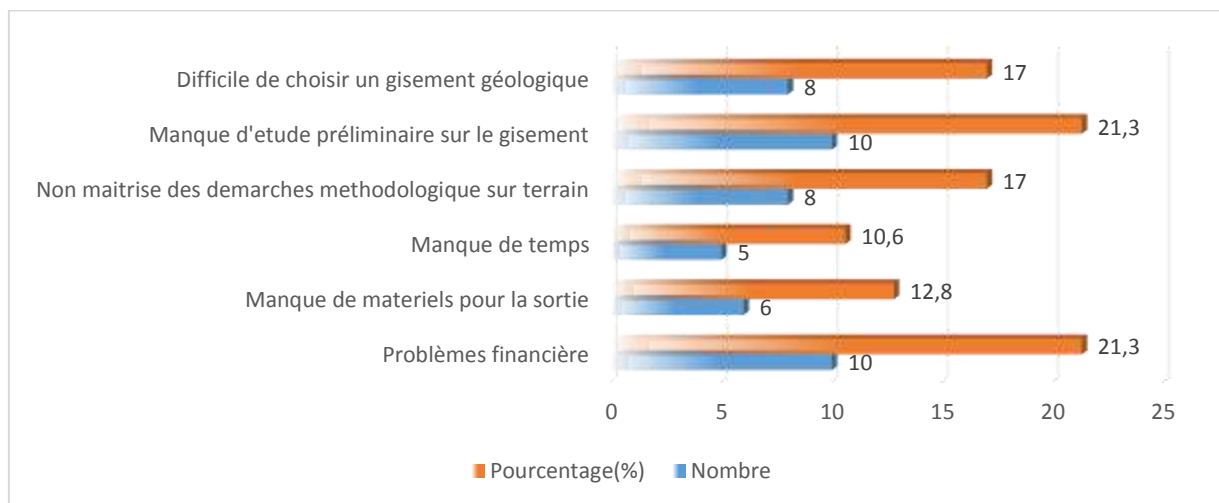


Figure 14 : Les principaux problèmes des professeurs pour une sortie géologique

Les résultats montrent que le problème financier est la première contrainte de l'organisation d'une sortie géologique ; il présente un pourcentage de 21,3% de réponse. L'inexistence de reconnaissance préliminaire sur terrain soit 21,3% font partie des blocages des enseignants. Et enfin l'incapacité des enseignants pour la méthodologie des travaux sur terrain est l'un des problèmes fondamentales (17% de réponses).

5.2.3 Proposition de sortie pour la prochaine année scolaire

A cause de ces différents problèmes, des enquêtes ont été effectués sur les enseignants quand ils ont envie de préparer une sortie géologique pour la prochaine année scolaire. Les réponses sont montrées par la Figure 15.

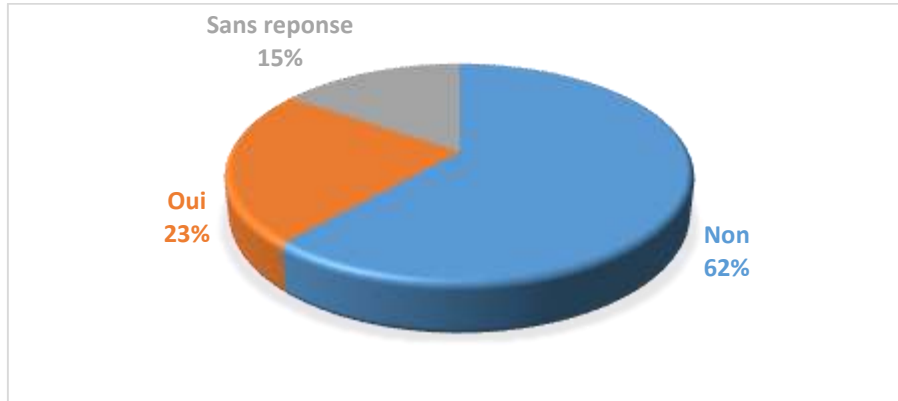


Figure 15 : Proposition de sortie pour la prochaine année scolaire

La majorité des enseignants soit 62% ont répondu non pour l'organisation d'une sortie géologique pour l'année prochaine. Tandis que 23% ont répondu oui et le reste soit 15% n'ont pas de réponse.

Chapitre 6 : PROPOSITION DES ARRETS GEOLOGIQUES ET LEURS INTERETS PEDAGOGIQUES

Cette partie présente les itinéraires géologiques fondamentaux qui répondent les exigences des professeurs du lycée pour l'illustration et la concrétisation des différents chapitres de l'enseignement de la géologie au lycée. Le choix de cet axe géologique ne s'effectue pas au hasard mais il est conforme aux ordres de priorisation des chapitres de géologie enseignés par niveau et montrant aussi la synthèse des différentes formations géologiques de Madagascar. Cet axe traverse les différents faciès géologiques Malagasy, à savoir la formation de socle Précambrien ou socle cristallin Malagasy qui commence à Antananarivo jusqu'au nord de Maevatanàna. Puis les formations sédimentaires représentés par le bassin de Mahajanga, depuis Ambalabongo jusqu'à Mahajanga. Donc, cet axe se subdivise en deux : il y a le socle cristallin qui se localise dans le domaine d'Antananarivo et les formations sédimentaires du bassin de Mahajanga.

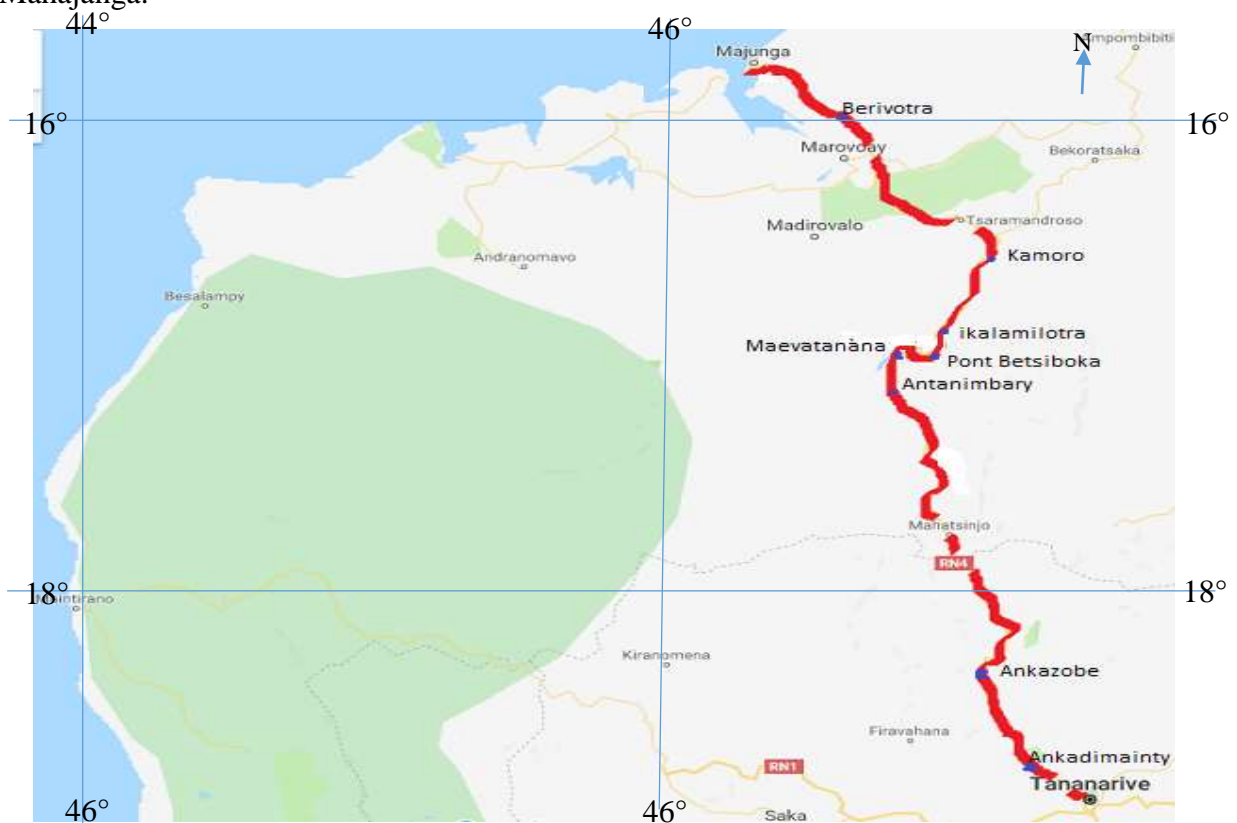


Figure 16 : Carte routière Antananarivo -Mahajanga

Ces différentes formations présentent plusieurs « arrêts géologiques ». Chaque arrêt géologique est une représentation de la formation géologique importante de cet axe. Il est caractérisé par sa localisation précise (latitude, altitude et le nom du lieu), ses caractères pétrographiques, sa texture géologique, ses faciès caractéristiques et ses intérêts économiques ou pédagogiques.

6.1. Le Socle Cristallin

6.1.1 Axe Antananarivo – Maevatanana

Cet axe comporte plusieurs arrêts géologiques dont la plupart se trouvent au bord de la route RN4.

1^{ère} arrêt : **Ankadimainty** (Figure 17, Figure 18, Figure 19, Figure 20)

Cet arrêt se localise à Ankadimainty (Pk26.700) au Sud de la commune rurale de Mahitsy. Le premier site d'étude présente des coordonnées de latitude 18°45'46.3'' Sud et de longitude 47°22'16.7'' Est. Il s'agit d'une formation gneissique qui fait partie du groupe d'Ambatolampy du domaine d'Antananarivo. C'est une roche métamorphique. L'étude pétrographique montre qu'elle présente une texture foliée plus ou moins estompée montrée par l'orientation des minéraux de quartz et des minéraux sombres comme le biotite et grenat. Avec une granulométrie moyenne, cette roche est composée de quartz, de biotite avec plus ou moins de muscovite et des grenats. L'apparition des grenats indique une zone d'intensité de métamorphisme moyenne à forte donc Mesozone à Catazone dans un faciès à Amphibolite. Elle se présente en couleur un peu sombre avec intercalation des bandes claires et bandes sombres. C'est un Gneiss migmatitique.



Figure 17 : Gneiss d'Ankadimainty

L'orientation de la foliation du gneiss varie de N 090 – 40° NNW et N 080 – 45° NNW. Une déformation continue avec des plissements et des boudinages observés dans les roches témoigne les différentes contraintes géologiques affectants la région.



Figure 18 : Gneiss migmatitique d'Ankadimainty

Ce site se localise encore à Ankadimainty (Pk27). Il présente des coordonnées de latitude X= 498.332 m et de longitude Y=815.196 m. Il s'agit d'un affleurement de quartzite qui fait partie du groupe d'Ambatolampy du domaine d'Antananarivo. C'est une roche métamorphique. L'étude pétrographique montre qu'elle présente une texture foliée montrée par l'orientation des minéraux de quartz. Cette roche est de couleur claire à gros grain. Elle est composée en généralement par des quartzs avec des sillimanites, des minéraux indicateurs d'une zone d'intensité de métamorphisme moyenne à forte, et magnétites. Cette roche est donc un quartzite à sillimanites qui présente un trait fracturé et orienté



Figure 19 : Quartzite d'Ankadimainty



Figure 20 : Quartzite à sillimanite d'Ankadimainty

Auparavant, une roche magmatique a affleuré et sous l'action des différents agents d'altération, elle est détruite en des particules riches en quartz, ces dernières ont été transportées par l'eau puis déposées dans un bassin sédimentaire. Après avoir été affectées par la sédimentation et la diagenèse, elles se sont transformées en grès quartzeux. Et les grès quartzeux ont à son tour subi un métamorphisme conduisant à la formation des Quartzites.

En observant la roche de plus près, l'orientation des minéraux ne sont pas claire car le quartzite est une roche monominérale (constitué uniquement par de quartz) mais cette roche est intercalée avec d'autres roches dont la foliation est parallèle à ce plan.

On a une déformation ductile car les mesures de plan de foliation correspondent au plan axial du pli. Les mesures de stries sont orientées de 26° -N 31 et la foliation est de N 065 – 34° NNW et N 064 – 60° NNW.

2^{ème} arrêt : **Ambohitraivo** (Figure 21)

Cet arrêt se localise à Ambohitraivo (Pk 52,500) et le gisement se trouve à droite de la route avec des coordonnées de latitude $18^\circ 35' 59,6''$ Sud et longitude $047^\circ 15' 068''$ Est. C'est une roche métamorphique en bloc de couleur clair. Il s'agit d'une migmatite avec des niveaux gneissiques, des leucosomes granitiques avec des filons de pegmatites plissés qui présente une texture foliée plus ou moins estompé. La roche présente des grains grossiers composés de quartz, de feldspath alcalin très abondants et des biotites.

Cette roche présente des déformations ductiles avec des marqueurs de cisaillement Dextre. La carrière a été affectée par une déformation très intense en donnant des plis anarchiques sur l'affleurement qui sont marqués par la présence des foliations difficile à orienter. Ce qui veut dire que la zone, dans laquelle la roche a été formée, rapproche la fusion partielle. D'où la présence des pegmatites puis des parties granitiques.



Figure 21 : Migmatite d'Ambohitraivo

3^{ème} arrêt : **Fihaonana** (Figure 22, Figure 23)

Le gisement se trouve à une bifurcation de 300m à gauche de la route nationale. Il se trouve à des coordonnées de latitude 18°35'10,0'' Sud et 047°14'22,9'' Est de longitude avec une altitude de 1364m.

A l'échelle du paysage, c'est un front de carrière à ciel ouvert d'orientation SE-NW large de 200 x 150m. Il s'agit d'une excavation de plus de quinzaine d'année présentant un débit en bouille.



Figure 22 : Carrière de Granite à Fihaonana

Du point de vue général, elle est constituée de plusieurs faciès géologiques, mais la formation présente tant de roche métamorphique que de roche magmatique. La roche sédimentaire n'est présente que sur la partie superficielle de la carrière en grande épaisseur. La partie centrale est marquée par la présence de faciès granitique telle que les restes par des roches migmatites.

L'étude pétrographique montre un granite d'anatexie à orthite. Une roche composée principalement par des minéraux de quartz, d'orthose plus ou moins altéré à la surface et renfermant une faible quantité des minéraux ferromagnésiens de biotite et d'amphibole, mais composé accessoirement des orthites qui sont répartis dans toute la roche avec de zonation riche en orthite. C'est une roche leucocrate, homogène, à texture équant et structure grenue et accompagnée par une zonation avec structure à tendance pegmatitique. Dans le dernier cas, le granite est riche en orthose et composé des magnétites groupé en masse grenue de couleur noire, à éclat submétallique dans la roche.



Figure 23 : Granite d'anatexie à Orthite de Fihaonana

4^{ème} arrêt : **Tampoketsa** (Figure 24)

Cet arrêt se localise à Tampoketsa au Nord d'Ankazobe (Pk 114) avec des coordonnées de latitude 18°14'58.6'' Sud et de longitude 047°11'34.1'' Est. L'altitude est à 1623m. L'affleurement se présente directement aux fossés de la route sur un plateau de quelque dizaine de kilomètre au long de la RN4, avec quelque végétation envahi parfois par des feux de brousse. L'étude pétrographique montre une altération homogène, il s'agit d'un phénomène de pénéplanation qui donne un relief en forme de plateau. Ce sont des roches sédimentaires résiduelles.

A l'origine, dans cette région, des granites stratoides se sont formés par l'entrée des magmas dans la stratification des roches métamorphiques préexistantes. Et des processus de sédimentation à altération sur place conduisaient à la formation des roches sédimentaires comme la carapace bauxitique : en amas, plus compact coloré en jaune et la cuirasse en forme de plaque, plus fragile et friable. Sous certaines conditions, la silice peut être libérée et il reste alors des hydrates d'alumine constituant la famille des bauxites. Ce sont des altérations chimiques par lessivage et érosion du socle Migmatitique.



Figure 24 : A- Plateaux de Tampoketsa; B- Carapace Bauxitique

5^{ème} arrêt : **Pk 157,500** **Vue à l'échelle de paysage sur le Massif de Vohimbohitra** (Figure 25)

Au Pk 157,500m, il s'agit d'un arrêt pour une vue à l'échelle de paysage sur le massif de Vohimbohitra. C'est un massif circulaire/annulaire constitué d'un granite monzonitique leucocrate sans orientation visible, à texture équant avec de grands cristaux de microcline, de l'oligoclase bien séparé (automorphe), biotite, magnétite et orthite. C'est un batholite intrusif circonscrit comportant au sommet une grosse enclave de schiste cristallin (pendentif au toit du batholite ou reef pendant). Ce sont des formations intrusives plus récentes que les migmatites encaissantes.



Figure 25 : Vue à l'échelle de paysage sur le Massif de Vohimbohitra

6^{ème} arrêt : Pont Mamokomita (Figure 26)

Cet arrêt, sous le pont Mamokomita Pk 202, se trouve à gauche de la route. Les coordonnées de ce lieu sont : Latitude 17°39'18.8'' Sud et longitude 46°58'33.8'' Est. A l'échelle du paysage, une large zone granitique se développe entre Ankazobe et Andriba dans les plateaux du tampoketsa. La formation est dans l'ensemble horizontale sauf sur les bordures où les couches s'inclinent et où les granites passent à des migmatites rubanées lit par lit avec embréchites et épibolites.

Le granite stratoïde leucocrate présente une texture planaire, bien folié. Il est composé de quartz, très riche en Feldspath potassique, pauvre en Amphibole et mica, souvent riche en orthite auréolé de rouge. Ces minéraux sont grenues, parfois légèrement porphyroïdes. Ces caractéristiques donnent sa classification dans la famille des granites.



Figure 26 : Granite stratoïde d'Andriba

Ces granites sont hétérogènes avec de forme grenue parfois légèrement porphyroïdes, d'autre à texture nébulitique passant à des migmatites granitoïdes ; dans leurs partie centrale, ils renferment des enclaves plus ou moins stratoïdes et souvent puissantes de charnockites granitique et granodioritiques. Au-dessus des migmatites viennent des ectinites gneissique. Migmatite et Ectinites renferment de la sillimanite, de l'amphibole, de la biotite, du grenat, du diopside et cette association indique le faciès amphibolite du métamorphisme général.

En bordure des Tampoketsa, les granites stratoïdes sont bien développés dans la région d'Andriba et d'Antsiafabositra (Figure 27). Ils forment une série de lames inter stratifiées dans la schistosité des migmatites dont l'épaisseur varie de 1m à plus de 500m. Ces lames épaisses à plongement modéré déterminent de longues cuestas avec des plateaux de granite stratoïde.



Figure 27 : Vue à l'échelle de paysage du pic d'Andriba (photo prise à Tsarahonenena Pk 220)

- ❖ Depuis le Pk 243, les veines de quartz s’observent en abondance dans les talus de route (Figure 28)

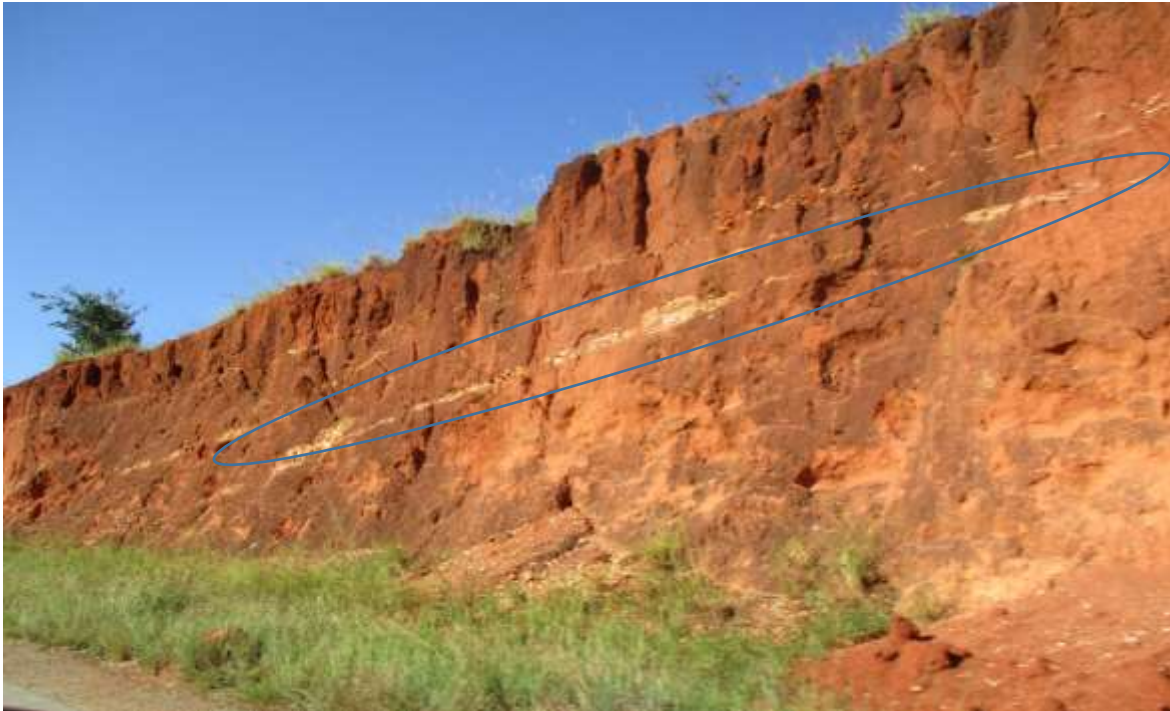


Figure 28 : Filon de Quartz aurifère

Le filon de quartz est la dernière phase de la cristallisation du magma granitique. Les fluides magmatiques circulent dans les fractures des roches et s’y cristallisent.

7^{ème} arrêt : **Lit de la rivière Andriatoany** (Figure 29)

Cet arrêt se localise dans la rivière Andriatoany (Pk 269.900) avec des coordonnées de latitude 17°14’21.3’’ Sud et longitude 46°55’28.4’’ Est. C’est une roche métamorphique avec une texture foliée. L’étude pétrographique montre une roche composée de quartz, et des minéraux sombres comme le mica noir et amphibole (hornblende) avec une granulométrie moyen à grossier. Avec sa texture et sa composition minéralogique, cette roche est dans la zone d’intensité de métamorphisme moyen, le catazone. C’est un gneiss à hornblende et biotite. Par endroit, il y a des pegmatites concordante et discordante ainsi qu’une intercalation des bancs Amphibolite, concordant à la foliation des gneiss (Figure 29 B).



Figure 29 : A-Gneiss à Hornblende et Biotite ; B- Pegmatite

Les mesures prises montrent un plan de foliation Nord 075° avec un sens de pendage vers 30° Nord-Ouest et une linéation 35° Nord 300 . On a ici des déformations ductiles.

8^{ème} arrêt : **Talus de route Avant Antanimbary** (Figure 30, Figure 31)

Cet arrêt est au Pk 279 avant d'arriver dans le village d'Antanimbary. Ses coordonnées sont : latitude $17^{\circ}12'34.1''$ Sud et longitude $46^{\circ}52'43.1''$ Est. A l'échelle du paysage, c'est un talus de route, large de $100 \times 7\text{m}$, plus ou moins recouvert de patine noir avec des gros cristaux clair.



Figure 30 : Migmatite œillé avant Antanimbary Pk279

A l'échelle de l'échantillon, la roche est une roche à texture œillée ou foliée œillée plus ou moins estompée. Il s'agit d'une roche métamorphique composée de quartz, de feldspaths et

des micas qui présentent des grains grossiers avec parfois des gros cristaux d'environ 2cm. C'est une migmatite oieillé de feldspath avec des surcroissances minérales asymétriques, plus précisément des biotites mylonitisés ou broyé. Cette roche est de la séquence ortho-dérivé dans un zone d'intensité de métamorphisme moyen à fort, catazone.

Les déformations structurales se présentent sous forme de déformations **ductiles : cisaillement en figure sigmoïde**. On entre ici dans la zone de contact Andriba et Maevatanana car juste après 150m, il y a un gisement des schistes verts, caractéristiques du complexe de Tsaratanàna, en affleurement sur le talus de route.



Figure 31 : Migmatite oieillé de feldspath

6.1.2. Maevatanana - Ambalabongo

Après le village d'Antanimbary, plusieurs carrière d'orpaillage de type placers se trouvent au bord de la rivière d'ikopa.

9^{ème} arrêt : **Carrière Beanana** (Figure 32, Figure 33)

Ce gisement se trouve à gauche de la route suivant une bifurcation de 300m au Pk 306 de la route nationale. Il a des coordonnées de latitude 19°01'011'' Sud et 046°48'176'' Est de longitude, à une altitude de 120m.



Figure 32 : Carrière Dioritique de Beanana

A l'échelle de l'affleurement, les roches de cette carrière fraiche dans un massif de couleur sombre se débitent en boule. Il s'agit d'une diorite quartzique ou granodiorite à granulométrie variable. A l'échelle de l'échantillon, l'étude pétrographique montre une texture équant. La roche est de couleur mésocrate. C'est une roche grenue et rarement microgrenue. L'observation fait apparaître de nombreux cristaux de feldspaths blanc ou des plagioclases relativement proches du pôle albite ($10 < An < 50$) et des cristaux de quartz transparents, à allure de gros sel. Les minéraux sombres sont de couleur noire à vert foncé. Ce sont le plus fréquemment des amphiboles en prismes trapus et des biotites, en lamelles brillantes, avec des pyroxènes. La richesse de cette roche en quartz (jusqu'à 20 à 30 %) ne permet pas de les distinguer des granites.



Figure 33 : Granodiorite ou Diorite quartzique

Quelquefois, on a une déformation fragile dans la carrière avec des diaclases. Les mesures de plan de failles normales sont différentes : $N074^{\circ} - 67^{\circ}NNW$, $N027 - 78^{\circ}WNW$. Avec ces différentes mesures, on peut dire que ce terrain a été beaucoup affecté par des déformations.

On observe un filon pegmatitique dans le plan de faille $N045 - 56^{\circ}SE$ où minéralisent les béryls bleu clair. La spécificité de ces filons du groupe de Maevatanana est qu'ils sont aurifères.

10^{ème} arrêt : **Carrière Morarano** (Figure 34, Figure 35)

Ce gisement se trouve à 300m à droite de la route. Cet arrêt se localise à des coordonnées de latitude $16^{\circ}58'715''$ Sud et de longitude $046^{\circ}49'065''$ Est, à une altitude de 72m.



Figure 34 : Carrière de Morarano

A l'échelle de l'affleurement, c'est un gisement de roche généralement sombre dans une carrière très étendue qui occupe environ une longueur de 150 m et 10m de hauteur.

A l'échelle de l'échantillon, il s'agit d'une roche métamorphique à grain grossier composée de quartz, de feldspath potassique, de biotite et de muscovite abondants ainsi que des amphiboles en enclaves. Une roche para-dérivée séquence pélitique. Cette roche présente une texture foliée avec une zone avec des gneiss à 2 micas se développe avec possibilité de recristallisation des biotites en amphibole. En effet, il y a des gneiss à amphibole avec des enclaves d'amphibolite.

Par endroit, il y a des déformations ductiles avec des marqueurs de cisaillement Dextre. La carrière a été affectée par une déformation très intense en donnant des plis anarchiques qui sont marqués par la présence des foliations très plissées. Ce qui veut dire que la zone, dans laquelle la roche a été formée, rapproche la fusion partielle. D'où la présence des pegmatites puis des parties granitiques. On a ici une zone migmatitique caractéristique du complexe de Tsaratanàna.



Figure 35 : A-Gneiss à 2 micas de Morarano ; B- une partie granitique

11^{ème} arrêt : **Ambalarano** (Figure 36)

Cet arrêt se localise à Ambalarano (Pk 317) juste à la sortie de la ville de Maevatanàna. Il s'agit d'un affleurement de chlorito-schiste qui fait partie de la ceinture de roche verte de Maevatanàna.

La formation se trouve à gauche de la route avec des coordonnées de latitude Sud $16^{\circ}56'59''$ et de longitude Est $046^{\circ}50'40.6''$ à 93 m d'altitude. A l'échelle de l'affleurement, c'est une nouvelle excavation au bord de la route, de couleur variée à dominance rouillée avec une foliation inclinée vers l'Ouest.



Figure 36 : Talus de route Ambalarano Maevatanàna

Il s'agit d'une intercalation de roche avec différentes textures et de compositions minéralogiques différentes. La texture est schisteuse avec des granulométries moyennes à grossières.

La présence des chlorites dans sa composition minéralogique indique que la zone d'intensité de métamorphisme est faible ou épizone. Il s'agit d'une intercalation de roche métamorphique : des chlorito-schiste, meta bif qui s'altère et donne une coloration rouille à cet affleurement ainsi que des gneiss de couleur clair appelé leucogneiss ou encore leptynite issue du métamorphisme des grès feldspathiques (roche sédimentaire par altération partiel des feldspaths en argile), des quartzites à muscovite issu du métamorphisme des grès pures. En effet, les feldspaths des roches initiales sont complètement transformés en argile et sont transportés plus loin. Les quartzs restant donnent du grès pur. Des veines de quartz sont concordantes ou discordants à la formation.



Figure 37 : Intercalation des roches métamorphiques

Cet affleurement présente une forme de déformation ductile avec un plan de foliation incliné vers N170-45°W et des plis synschisteux de metabif.

Dans cette zone, les veines de quartz sont très aurifères (Figure 38). En effet, la présence de BIF est un indice d'or et c'est pourquoi beaucoup de carrière d'orpaillage s'observent à proximité de ces formations.



Figure 38 : A- carrière d'orpaillage au bord de la route; B- Or incrusté dans un bloc de quartzite

12^{ème} arrêt : **Pont Betsiboka** (Figure 39)

Cet arrêt se trouve au bord du pont Betsiboka (Pk 338). Avec des coordonnées de latitude 16°56'16.9'' Sud et longitude 046°56'56'' Est à 101m d'altitude. Il s'agit de la formation dans la suite de Betsiboka, dans le Domaine d'Antananarivo.

A l'échelle du paysage, on observe une grande étendue de Rocher avec une forte courant d'eau et qui s'inonde pendant la saison de pluie. C'est pendant la saison de basse précipitation qu'on peut observer les rochers.

A l'échelle de l'échantillon, c'est un ortho-Gneiss, ou encore ortho-gneiss migmatitique granitique à granodioritique. Cette roche présente une texture orientée et oeuillé parfois. Elle est composée de Quartz, Feldspath alcalin, plagioclase Acide et d'Amphibole avec une granulométrie moyen à grossier. C'est une roche dérivée d'une séquence Acide dans une séquence ortho-dérivé dans une zone à haute intensité de métamorphisme. Il y a de gros bancs de Migmatite oeuillés avec des bancs d'Amphibole quelquefois.



Figure 39 : Ortho Gneiss oeilé de Betsiboka

Dans cette zone, on a des formes de déformation ductile avec deux mesures différentes : foliation N0135 – 50°E et foliation N135- 40°SW. C'est-à-dire qu'il y a un changement brusque de plan de foliation. On observe aussi des structures pegmatitiques avec cisaillement Dextre. Une particularité du rivièrè Betsiboka est la formation des marmites de géant sur la rive Est qui peut atteindre 4m de diamètre à cause de la forte courant d'eau (Figure 40). C'est déjà le début de la formation de placer d'or de Maevatanàna.



Figure 40 : Marmite de Géant de Betsiboka

13^{ème} arrêt : **Vohitrosy** (Figure 41)

Cet arrêt à Vohitrosy (Pk 355) a des coordonnées de latitude 16°50'03.8'' Sud et de longitude 046°59'19.4'' Est, à une altitude de 82m. A l'échelle de l'affleurement, les roches se présentent avec un débit en boule recouvert de patine noire. Il s'agit d'un basalte tholeiitique spécifique de cette région, appelé aussi « Sakalavite » et qui est mis en place pendant le premier volcanisme continentale après la formation sédimentaire d'âge Turonien (crétacé supérieur).

A l'échelle de l'affleurement : des roches avec un débit en boule recouvert de patine noire.

A l'échelle de l'échantillon, une roche massive avec structure microgrenue à microlitique et composée essentiellement par des plagioclases basiques, clinopyroxène et orthopyroxène en petits cristaux. Le basalte est de couleur mélanocrate à mésocrate et dans la famille des gabbros. Les sakalavites contiennent généralement une teneur en excès de silice que les basaltes alcalins (50 % contre 45-47 % de SiO₂).



Figure 41 : Basalte tholeiitique de Vohitrosy ou Sakalavite

6.2 .La Couverture Sédimentaire : Ambalabongo –Majunga :

14^{ème} arrêt : **Ambalabongo** (Figure 42)

Cet arrêt se localise à Ambalabongo (Pk357) avec des coordonnées de latitude 16°48'45.3'' Sud et de longitude 046°59'58.6'' Est, à une altitude de 94m.

A l'échelle du paysage, c'est un flanc de colline avec des débris épars et des roches métamorphiques altérées discordant avec des roches sédimentaires. Cet affleurement montre le contact du socle avec la formation sédimentaire.

A l'échelle de l'échantillon, il s'agit d'une roche sédimentaire de couleur rouge ou lie de vin appelé Isalo I. Ce sont des arénites consolidé à grain moyen donc Grès quartzeux. C'est une roche d'origine détritique ; consolidée par un ciment siliceux. Elle est fragile et non soluble dans l'eau. L'isalo I a une épaisseur pouvant atteindre 300m et recouvre la sakamena avec une discordance de quelques degrés ou bien transgressif sur le socle ou un conglomérat de base : N175-68°W. C'est la fin du socle et entré dans la couverture sédimentaire. Il est constitué de grès blanc grossiers, souvent conglomératiques, mal cimentées, à feldspath kaolinisé avec de spectaculaires stratification entrecroisées indiquant un régime climatique à fortes pluies inondant les fleuves et cours d'eaux torrentueux érodant le socle cristallin.



Figure 42 : Contact socle-Isalo I

15^{ème} arrêt : **Pk 372** (Figure 43)

A l'échelle du paysage, c'est un plateau recouvert de végétation spécifique comme le satrana et les Jujube. Cet arrêt se trouve au Pk 372, la formation est à gauche de la route de coordonnées métrique X = 467 036m et Y = 040 654m, se situe à une altitude de 78m.

A l'échelle de l'affleurement, c'est sous forme d'une surface érodée avec une variation de couleur de blanc à rose où on observe différentes types de stratification.

A l'échelle de l'échantillon, il s'agit d'une roche sédimentaire consolidée qui happe la langue et ne fait pas d'effervescence avec l'acide. Elle est friable car elle se casse très facilement. C'est un grès arkosique grossiers avec des bancs d'argiles rouges à la base. Il y a une succession de couche d'Argile et de grès de couleurs différentes dont les compositions

chimiques et minéralogiques ne sont pas semblables ; des nodules d'argiles (galets) dans des couches gréseux ; des cuirasses ferrugineux par suite des lessivages qui laissent des plaques dur de fer (Figure 43 B).



Figure 43 : A- Grès Arkosique avec argile rouge à la base; B-Nodule d'argile et cuirasse ferrugineux

Ici, le mélange d'Isalo I et Isalo II est effectif. L'Isalo II est essentiellement constitué d'une alternance de grès plus ou moins grossiers à stratification entrecroisée, jaunâtres ou rougeâtres et d'argiles rouges, parfois bariolées. Par suite de l'abondance de couches argileuses intercalées dans des grès tendres, l'Isalo II a un relief très adouci. La caractéristique essentielle des formations de l'Isalo est leurs constituants prédominants de grès tendres, très perméables, mal cimentés qui se désagrègent facilement en surface en donnant d'épais recouvrement de sables siliceux (carapace sableuse).

16^{ème} arrêt : **Pk 376 pont Manambatromby**

Cet arrêt se localise au pont Manambatromby (Pk 376), des coordonnées 16°42'16.5'' Sud de latitude et 047°04'31.5'' Est de longitude, à 49m d'altitude. Il s'agit des lignites dans le grès à grains fins avec un terrain présentant des stratifications entrecroisées prédominantes.

17^{ème} arrêt : **pont Kamoro** (Figure 44)

Cet arrêt est juste à la sortie du pont Kamoro avec des coordonnées métriques de latitude X = 478 0370m et de longitude Y = 070 054m se situant à 55m. Il s'agit d'une formation de roche sédimentaire dans le bassin sédimentaire de Mahajanga. L'étude géologique montre une roche friable avec une granulométrie moyenne à fin qui fait effervescence à l'acide à froid par partie.



Figure 44 : Formation sédimentaire Isalo III

La formation est constituée par des marnes et aussi des grès. Il s'agit d'une formation sédimentaire à faciès mixte marine et continentale. Le dépôt est témoigné par la présence de stratification entrecroisée. C'est la formation Isalo III.

L'Isalo III correspondant au jurassique moyen est constitué d'une alternance de grès à stratification entrecroisée et d'argiles. Le faciès est identique à celui de l'isalo II et donne aussi des reliefs très adouci. Les intercalations marines y sont plus abondantes avec par endroits, une alternance de faciès mixtes, continentaux, lagunaires et marins, soit un envahissement marin général qui est le cas pour les grands plateaux calcaires dans le sud du bassin de Mahajanga.

Le bassin de Mahajanga est dominé par de nombreuses réactivations des failles jusqu'au Tertiaire. Sur le littoral actuel, des failles lustriques en extension affectent le Tertiaire. D'après les données du puits Ankara-I, il existe une faille majeure à l'Ouest du craton. Plus à l'Ouest le rift avorté s'étend jusque dans les profondeurs marines.

18^{ème} arrêt : **Berivotra**

A l'échelle du paysage, c'est une cuesta avec un relief aplati très étendue. Il s'agit d'une étendue de roche sédimentaire avec différents faciès. Cet arrêt se localise à Berivotra (Pk 516) avec des coordonnées de latitude 15°54'26.1'' Sud et de longitude 046°36'27.7'' Est ; à 166m d'altitude.

A l'échelle de l'échantillon, l'étude géologique se fait dans quelques sites.

- ❖ Le premier se situe sur la latitude $X = 0671703m$ et longitude $Y = 8240720m$ avec une altitude de 187m. Ce site est pour une vue général des stratifications de la formation de Maevarano où on peut retracer de loin une coupe lithologique des différentes couches de cette formation : Miadana, Anembalemba, Masorobe (Figure 45). On peut observer les limites de chaque couche. Eventuellement, de haut en bas, les couches gris claire à blanc verdâtre est la couche ANEMBALEMBA et la couche rouge est MASOROBE.



Figure 45 : Vue générale des stratifications de la formation de Maevarano

- ❖ Le second se localise à une latitude $X = 0671590m$ et de longitude $Y = 241371m$, à 194m d'altitude. Il s'agit d'un site des dinosaures. Cette zone est très riche en fossile, les plus abondants sont des fossiles de dinosaures. Les carapaces de tortues de mer témoignent le régime climatique de cette région. Dans cette formation, il y a une discordance observé, ainsi que des stratifications entrecroisées. Nous sommes dans la formation Anembalemba (Figure 46) où l'on observe deux types de faciès :
 - ✓ Faciès I : couleur blanche avec des granulométries moyen. C'est une couche gréseuse qui contient très peu ou pas de fossile. Ces couches gréseuses présentent des stratifications entrecroisées.
 - ✓ Faciès II : couleur gris sombre avec granulométrie moyen à fin, donc c'est un grès argileux avec des décharges d'argiles et qui contient beaucoup de fossile (Figure 47).

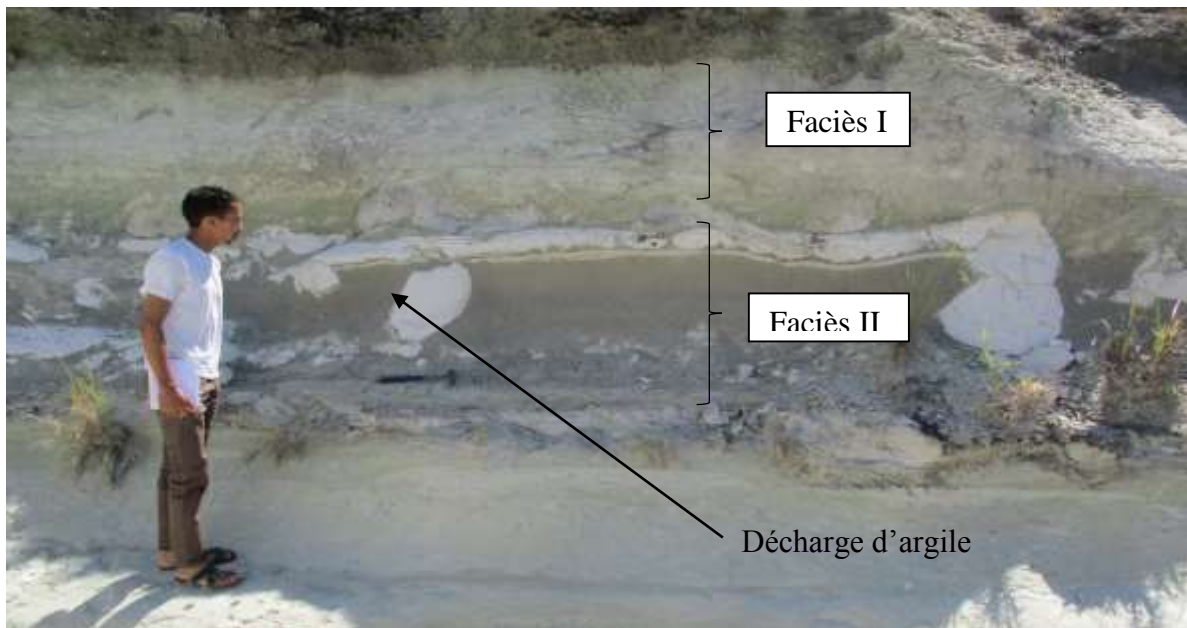


Figure 46 : Les deux faciès de la couche Anembalemba



Figure 47 : Grès argileux avec des fossiles : A - Fémur de Dinosaur ; B - Carapaces de tortue

- ❖ Le troisième se trouve à des coordonnées de latitude $15^{\circ}54'66.6''$ Sud et de longitude $046^{\circ}36'35.5''$ Est à une altitude de 221m. Il s'agit d'une zone de contact progressive entre la formation de Maevarano et la formation maestrichtien de Berivotra, Il y a une intercalation des couches sédimentaires à faciès marines et continentales avec quelques stratifications entrecroisées. La granulométrie varie de fine à moyenne. Il y a effervescence à l'acide dans quelques couches. On passe progressivement de la formation de Maevarano à la formation de Berivotra marqué par des couches qui font effervescence à l'acide et d'autre qui ne le font pas. La succession des couches est comme suit, de haut en bas :

- Marne ou calcaire argileuse
- Argile
- Grès argileux
- Argile blanc (grain fin)
- Grès argileux verdâtre
- Couche Marneuse très riche en microfossiles (Pycnodonta, Vesicularis, Bacularis, Gasteropodes, Dent de requin) et des Gypses (Figure 48)

Les limites des couches qui marquent l'arrêt de sédimentation sont évidentes. le dépôt des couches suit le principe de superposition. Il y a des couches avec des stratifications entrecroisées. De telles stratifications traduisent des changements fréquents du régime hydraulique ; selon les cas, ceux-ci peuvent se produire dans des environnements fluviaux par suite de crues, périodes d'érosion et d'installation de nouveaux chenaux, et de décrues, périodes de comblement des derniers chenaux formés. Ces stratifications se développent aussi dans les milieux marins littoraux où les changements de pendage des lamination indiquent des courants de marée changeant de chenaux, avec des inversions périodiques des sens de courant.



Figure 48 : Contact entre Maevarano et la formation Maestrichtien de Berivotra

- ❖ Le sommet de Berivotra, le plateau de Berivotra qui est une formation calcaire dure avec beaucoup de microfossile se localise à une latitude X = 672 125m, longitude Y =

824 211m et une altitude : 249m. C'est une roche consolidée par un ciment calcique de dureté moyenne (elles ne rayent pas le verre) et font effervescence à l'acide chlorhydrique dilué à froid. Ce sont des roches calcaires très riches en microfossiles (Lamellibranches, Globigérines, dents de requin, oursins et chapeau chinois) d'âge Danien.



Figure 49 : Roche calcaire très riches en microfossiles

19^{ème} arrêt : **Marovato**

Cet arrêt à Marovato (Pk 559) est pour une visite des grottes de Belobaka. Une bifurcation secondaire à droite menant vers les grottes de Belobaka.

A l'échelle du paysage, il s'agit d'un plateau recouvert de végétation en brousse. Les grottes de Belobaka se trouvent dans une plaque dure de calcaire d'âge Paléocène.

Nous avons visité 5 parmi les 6 grottes avec ses coordonnées respectives. On observe des formations stalactiformes : Concrétions calcaires formées dans les grottes, ayant l'aspect de colonnes posées sur le sol ou pendues à la voute. Ces concrétions, d'origine purement chimique, sont des dépôts secrétés par des eaux suintant goutte à goutte. Par suite de l'élévation de la température ou de l'évaporation, le dioxyde de carbone se trouvant en liaison avec le calcaire se libère et le calcaire précipite. Les stalactites et les stalagmites sont généralement formées de calcite. Ces dépôts se forment sur des saillies, le long d'arêtes ou en tout autre endroit où l'eau peut suinter. Suivant la direction de croissance, on distingue les stalactites, pendant aux voutes des grottes, et les stalagmites, s'élevant depuis le sol. Ces concrétions stalactiformes peuvent prendre les formes les plus fantaisistes par suite d'irrégularités dans le dépôt, de la croissance groupée de formes de petite taille, ou de changements dans l'arrivée d'eau. Les coordonnées de chaque grotte, suivants ses numéros, sont :

- 5- X : 0650700 ; Y : 8264022 ; altitude : 26m
 4- X : 0650691 ; Y : 8264009 ; altitude : 33m
 3- X : 0650539 ; Y : 8263947 ; altitude : 25m
 2- X : 0650494 ; Y : 8263951 ; altitude : 17m
 1- X : 0650456 ; Y : 8264004 ; altitude : 19m

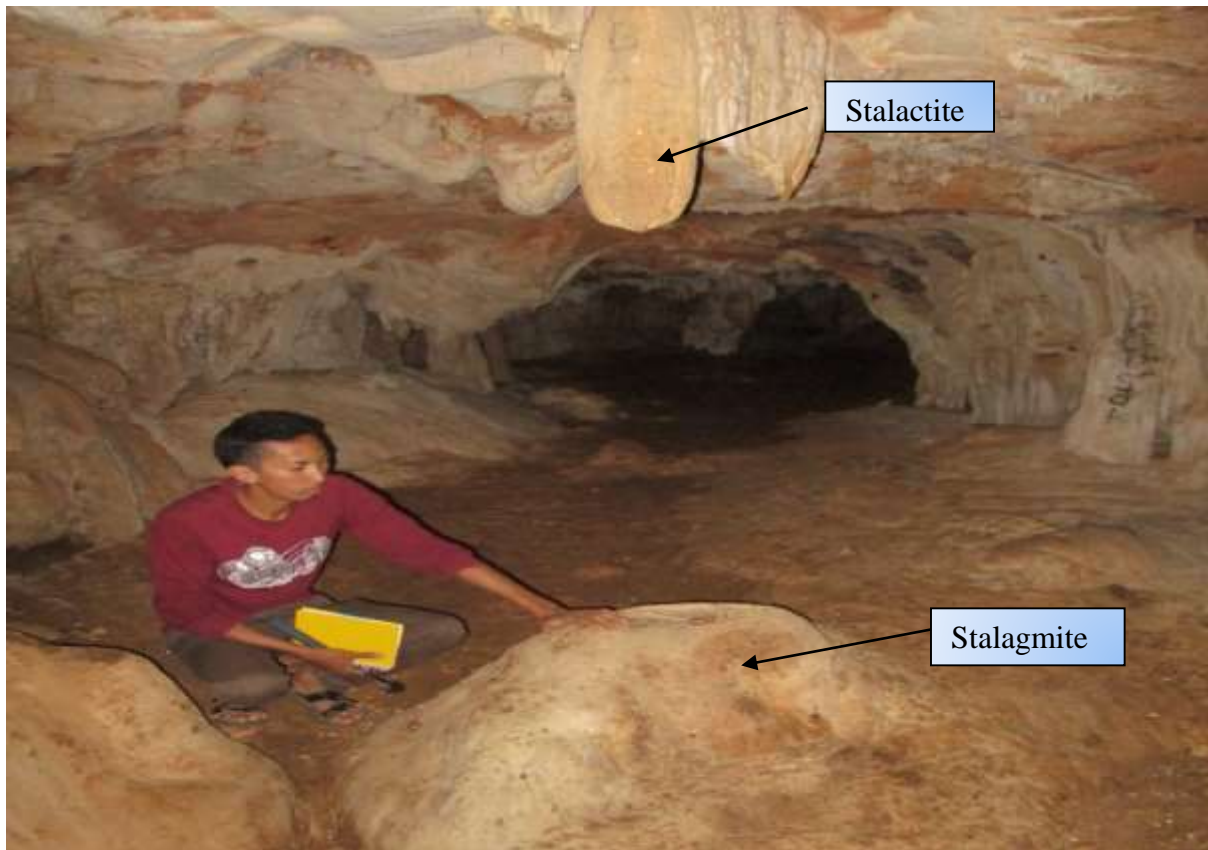


Figure 50 : Formation stalactiforme dans la grotte n°3

20^{ème} arrêt : **Pk 5 vers Amborovy** (Figure 51)

Cet arrêt est au Pk 5 suivant la route vers Amborovy. Avec des coordonnées de latitude X = 0642 992m et de longitude Y = 8265704 m, à une altitude de 5m. L'étude géologique montre une roche calcaire.

A l'échelle de l'affleurement, c'est un talus avec deux couleurs différentes, il y a une partie rouge à la surface avec quelque couverture végétale et à la base de couleur blanc gris.

A l'échelle de l'échantillon, il s'agit d'une roche consolidée de dureté moyenne et qui font effervescence à l'acide chlorhydrique dilué à froid. C'est une roche d'origine chimique. C'est une formation calcaire en voie d'altération avec : à la base une couche encore très dure, ensuite une couche de 1,5m semi-altéré, une couche de calcaire altéré (1m) et au sommet une

couche de calcaire latéritique (rouge). On observe dans ces couches de roche calcaire des microfossiles.



Figure 51 : Formation calcaire en voie d'altération

Chapitre 7. DISCUSSION

L'axe géologique que nous avons étudié présente diverses formations géologiques, qui permettent d'orienter l'enseignement de la géologie sur le côté expérimental et pratique. L'illustration du cours par l'observation sur terrain facilite l'explication du contenu à étudier pour les enseignants et la compréhension des élèves. La sortie géologique rend concrets les cours théoriques en classe. Elle permet aux élèves du secondaire d'illustrer la leçon par observation des faits géologiques sur terrain. Elle permet aussi l'étude pratique sur terrain par reconnaissance, classification et échantillonnage des différentes roches présentes sur cet axe. Ainsi que l'identification, la caractérisation et l'interprétation des structures observées.

7.1. Sur la Minéralogie

Sur cet axe, on peut illustrer le cours de minéralogie dans la classe de seconde. L'étude des minéraux permet d'observer macroscopiquement divers minéraux qui constituent une roche telle que le quartz qui est presque présent dans tous les arrêts le long de cet axe. La présence de quartz en débris épars dans des grès quartzeux à Ambalabongo (Figure 42) est particulière. Avec le quartz, les élèves seront capables de déterminer les minéraux à l'œil nu et leur identification dans les roches par l'étude de leurs propriétés physico-chimiques. En effet, l'étude à Ankadimainty (Figure 19) permet de distinguer un minéral à une roche comme le quartz du quartzite. La biotite, muscovites et grenat sont observées dans le gneiss de ce même arrêt tandis que la sillimanite est observable dans le quartzite d'Ankadimainty. On peut aussi étudier les minéraux qui présentent une propriété très caractéristique comme l'orthite (Figure 23) qui est un minéral accessoire dans la classification des roches magmatiques, le chlorite et l'or. La détermination de l'état des minéraux permet de différencier les minéraux de biotite et amphibole. Le Gypse qui est un minéral dans le groupe des sulfates est observé à Berivotra dans la couche marneuse de la formation de Berivotra ; il y a aussi la calcite dans les roches sédimentaires à ciment calcaire comme les stalactites et stalagmites.

7.2. Sur la Pétrographie

L'étude pétrographique dans cet axe se présente en trois catégories : les roches magmatiques, les roches métamorphiques et les roches sédimentaires.

7.2.1 Les roches magmatiques

Concernant l'étude des roches issues de la solidification des magmas, l'axe présente quelques sortes de roche magmatique telle que le granite d'anatexie à orthite de Fihaonana (Figure 23), le granite stratoïde d'Andriba (Figure 26), les veines de quartz dans les talus de route (Figure 28), la granodiorite de Beanana (Figure 33) et le sakalavite (Figure 41) de

Vohitrosy. Toutes les roches permettent aux élèves d'observer sur terrain : les différentes structures (pegmatitique, grenue, microgrenue), l'agencement des minéraux de la texture équate et massive, les intrusions magmatiques récentes avec ses structures et les différentes couleurs de la roche magmatique (leuocrate (clair), mésocrate et mélanocrate (sombre)). On peut reconnaître sur place les différentes roches en déterminant la composition minéralogique et les classer avec ses minéraux cardinaux, les minéraux essentiels et les minéraux accessoires comme l'orthite. Elles donnent l'occasion de voir le mode d'altération des roches magmatiques (granite filonien) qui se débite en boule par écaillage sous forme de pelures d'oignon ou altération sur place suivi de lessivage qui donnent généralement des sols latéritiques.

7.2.2 Les roches métamorphiques

On peut observer et reconnaître des variétés de roches métamorphiques tels que le gneiss migmatitique et le quartzite d'Ankadimainty ; la migmatite d'Andriba, le gneiss à hornblende et à biotite d'Andriatoany (Figure 29), le gneiss à amphibole de Morarano, le chlorito-schiste d'Ambalarano et l'orthogneiss de Betsiboka. Cet axe permet aussi de reconnaître quelques structures métamorphiques telles que la texture foliée, foliée rubanée (lits sombres et clairs), texture schisteuse. Il permet de caractériser aussi le mode de disposition des minéraux essentiels ou les minéraux sombres (ferromagnésiens) qu'ils soient orientés ou non orientés. On peut déterminer leur composition minéralogique surtout les minéraux indicateurs de métamorphisme tels que le grenat, la sillimanite et les micas.

7.2.3 Pour les roches sédimentaires

L'étude des roches sédimentaires permet de reconnaître sur terrain quelques échantillons répondants à ses origines. On a les carapaces bauxitiques d'origine résiduelles de Tampoketsa (Figure 24), les grès quartzeux d'origine détritique d'Ambalabongo, le grès arkosique de la formation d'isalo, les marnes à Kamoro (Figure 44), les grès argileux, argile et calcaire de Berivotra (Figure 45), les roches calcaires d'origine chimique de Marovato et d'Amborovy. Cet axe permet d'observer l'altération sur place des roches préexistantes sur la partie superficielle en donnant de sol latéritique et des roches en altération. Et aussi le mode de transport de produit d'altération. On peut reconnaître une variation de granulométrie, de couleur et de composition chimique. Une diversité de faciès : marin, continental et mixte. Il y a des fossiles stratigraphiques et fossiles de faciès (Figure 47).

7.3. Sur la Géologie structurale

Cet axe présente une occasion d'illustrer la leçon concernant la déformation tectoniques en observant des microtectoniques tels que les microfailles et microplis, et de reconnaître les

différentes structures sur terrain tel que : les enclaves, filons, linéations, cisaillement et de relever les paramètres d'identifications d'une structure telles que la direction, le pendage et le sens de plongement des schistosités, avec les matériels de mesure. On peut observer des structures géologiques telles que la foliation (Figure 35), linéation minérale, plis anarchique ; identifier les éléments structuraux tels que le pendage, direction et sens de pendage et observer une intercalation des micaschistes altérés avec des quartzites et des leptynites (Figure 36).

7.4. Sur la Stratigraphie

Concernant la stratigraphie, on peut identifier une stratification entrecroisée sur terrain à Ambalabongo, une stratification normale et entrecroisée à Kamoro et Berivotra. Quelques fossiles stratigraphiques et fossiles de faciès sont identifiables dans la formation de Berivotra.

Chapitre 8. INTERETS DU TRAVAIL

Ce travail présente ses intérêts dans divers domaines.

8.1. Pour les étudiants de l'Ecole Normale Supérieure

Les étudiants universitaires en Sciences Naturelles de l'Ecole Normale Supérieure sont avantageux puisque les documents en Géologie comme la Minéralogie, la Pétrographie, l'Etudes des Strates et Géologie de Madagascar sont à leur disposition avec ce présent ouvrage. En plus, on peut avoir, des idées sur les formations géologiques sur cet axe, avec les principes et les méthodes qu'on devrait faire pendant une sortie sur terrain. En effet, c'est un document indispensable pour les étudiants, futurs enseignants, qui vont faire leurs études sur cet axe. C'est aussi une guide pour tous les étudiants pour les travaux sur terrain.

8.2. Pour les enseignants au Lycée

Cet ouvrage est une source de documentation pour les enseignants au lycée qui n'ont pas l'idée d'une sortie sur terrain pour illustrer son cours. En effet, ils peuvent choisir cet axe ou autre puisque c'est une référence pour une sortie géologique. Et puis, c'est une proposition pour ces enseignants du lycée pour résoudre les problèmes de choix de formation géologique sur terrain et l'étude préliminaire sur ces gisements. De plus, on peut prendre dans ce livre, des exemples des roches qui existent à Madagascar comme illustrations des cours sur les roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires.

8.3. Pour l'enseignement de la Géologie aux lycées

Les formations géologiques sur cet axe présentent une forte potentialité pour réorienter l'enseignement théorique vers un enseignement pratique de la géologie. L'enseignement doit être en grande partie concret et centré sur la vie elle-même. Il faut éviter un type d'enseignement trop verbal et trop livresque. Les travaux pratiques correspondent à la phase d'étude qui consiste à la concrétisation ou l'application de ce qu'on apprend en cours théoriques. Sur terrain, les élèves sont en contact direct avec les réalités en faisant des études avec l'observation, l'identification, la classification des roches, des minéraux, des strates et des différentes déformations tectoniques. De même, les élèves pourraient faire des interprétations et caractérisations du paysage géologique observé. On espère apporter notre part pour l'amélioration de l'enseignement apprentissage de la géologie au lycée.

CONCLUSION

CONCLUSION

Ce présent mémoire tente d'énumérer les problèmes rencontrés par les enseignants de la SVT au lycée pour la réalisation d'une sortie pédagogique afin de proposer un axe de terrain géologique à l'usage des enseignants aux lycées.

Le curriculum de géologie au lycée mentionne quelques chapitres nécessitant ou exigeant une observation sur terrain. Par contre, notre enquête menée dans quatre établissements scolaire (Lycée Rambolamasoandro Ambohidratrimo, lycée Talatamaty, lycée Mahitsy, Lycée Moderne de Mahitsy) montre que la majorité des enseignants ne pratiquent la sortie pédagogique ou sortie géologique que très rarement, voire inexistante. C'est l'un des facteurs de dysfonctionnement de l'enseignement de la géologie au lycée qui est dû à la difficulté de choisir un gisement géologique sur terrain et la manque d'études préliminaires sur les gisements ; mais surtout les enseignants aux lycées ne maîtrisent pas les techniques ou démarche méthodologique sur terrain.

Pourtant, la sortie géologique est un des meilleurs moyens pour une amélioration de l'enseignement-apprentissage de la géologie aux lycées afin d'offrir une meilleur perspective pour la construction de savoir aux élèves.

Nous avons choisi l'axe Antananarivo-Mahajanga par ses caractéristiques géologiques très diversifiées avec une vingtaine d'arrêt géologique. Cet axe traverse premièrement le socle cristallin, domaine d'Antananarivo avec huit (8) arrêts géologiques puis Maevatanàna dans le complexe de Tsaratanàna qui est caractérisé par la ceinture des roches vertes présentant cinq (5) arrêts et enfin par la formation sédimentaire avec sept (7) arrêts en passant par Berivotra qui est l'un des grands bassins fossilifères de Madagascar comportant des fossiles visibles de Dinosaur et encore plus. Ces différents arrêts permettent d'illustrer le cours de minéralogie dans la classe de seconde pour que les élèves puissent identifier et caractériser les minéraux. Ils permettent aussi de concrétiser les cours de pétrographie des roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaire, la géologie structurale et la stratigraphie ainsi que la géologie de Madagascar.

Ce travail offre un avantage pour les enseignants aux lycées pour résoudre leurs problèmes concernant l'organisation et la réalisation d'une sortie géologique. En effet, cet axe est très facilement accessible à tous car c'est une route nationale.

Pour conclure, ce mémoire est un document très important pour les professeurs et les futurs professeurs des Sciences de la Vie et de la Terre aux lycées pour une amélioration de la qualité de l'enseignement de la géologie et l'atteinte des objectifs mentionnés dans les curriculums ainsi que la finalité de l'éducation à Madagascar.

REFERENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE ET WEBOGRAPHIES

BIBLIOGRAPHIE :

1. Abramovicht, S. (2002). Age and paleoenvironment of the Maastrichtian to Paleocene. *Marine Micropaleontology* 47, p17-70.
2. Agard, P. (2011). Atlas de géologie. Paris. Dunod. 144p.
3. Allard M., Aubert J-M, Lacoste. (1970). Géologie de Madagascar. L'Ecole. Paris. 89p.
4. André, G. (1987). L'enseignement scientifique. comment faire pour que ça marche.Pp
5. Battistini, R. (1996). Paléogéographie et variété des milieux naturels à Madagascar et dans les îles voisines, Biogéographie de Madagascar. Paris: édition de l'ORSTOM.
6. Balland, R. Salving, A. (1979). Sciences Naturelles. Hachette. Pp
7. Besairie, H. (1973). les Ressources minérales de Madagascar. Annales Géologiques de Madagascar, fasc n°XXX. 437p.
8. Besairie H, Collignon M, 1972. Géologie de Madagascar. I. Les terrains sédimentaires. Annales Géologiques de Madagascar. Madagascar: Tananarive. Imprimerie national. 463p.
9. Besairie, H. (1973). précis de géologie Malgache. Annales géologique de Madagascar. fasc n°XXXVI.114p
10. Collins, A.S., Windley, B.F., 2002. The tectonic evolution of central and northern Madagascar and its place in the final assembly of Gondwana. *Journal of Geology*. 340p.
11. MEN, DERP, (2016). Atelier sur la réforme curriculaire au Lycée. Antananarivo. 46p.
12. Leif, J. (1973). Psychologie et education. L'adolescent. Tome II.Pp
13. MEN. (2016). PSE : Vers un changement radical du système éducatif. Antananarivo.
14. Ministère de l'Enseignement Secondaire et de l'éducation de Base. 1997 ; Programmes scolaires classes de premières à partir de l'année scolaire 1997-1998, CRESED-CNAPMAD-UERP, 282p.
15. Pièrre, F. (2006). Techniques d'education des Adultes dans les pays en voie de développement.
16. Rakotobe, A (1987). L'enseignement de la géologie dans le secondaire. Mémoire CAPEN. Antananarivo.
17. Rakotoarisoa, N. H, (2015). Intérêts pédagogiques des différentes carrières géologiques aux environs d'Antananarivo en vue d'élaborer des guides de terrain géologiques pour les enseignants du Lycée. Mémoire CAPEN, Filière Sciences Naturelles. Antananarivo, 77p.

18. Ranjaniaina, T. (2015). Evaluation et mis a jour de l'enseignement et du contenu de la géologie de Madagascar en classe de TD. Mémoire CAPEN, Filière Sciences Naturelles. Antananarivo. 144p.
19. Rantoanina, M., Ramarokoto, A. Rabe, M. (1968) service géologique de Madagascar, centre de l'institution géologique national. Antananarivo.
20. Rantoanina, M., Ramarokoto, A. Rabe, M. (1969) service géologique de Madagascar, centre de l'institution géologique national. Antananarivo.
21. Raunet, M. (1997). Les ensembles morphopédologique de Madagascar. Thèse Université d'Antananarivo. 106p.
22. Rogers, R. (2000). Stratigraphic Analysis of Upper Cretaceous Rocks in the Mahajanga. The Journal of Geology.
23. Roig, J. Y, Tucker, R.D, Peters S.G, Theveniaut, H., Delor C., Rabarimanana, M., Ralison, V, (2012). cartes géologiques et métallogéniques de Madagascar à l'échelle de millionième. Symposium International concernant le Précambrien malgache. PGRM. Antananarivo. 23p.

WEBOGRAPHIE

Web 1. (1999). Récupéré sur <http://vaguemestre@education.gouv.fr>

Web 2. (2017). Récupéré sur <http://www.ericguidemadagascar.e-monde>

ANNEXES

Annexe 1 : QUESTIONNAIRE DESTINE AUX PROFESSEURS DE S.V.T

Dans le cadre de la préparation de mémoire Master : « Guide pratique de sortie pédagogique suivant l'axe Antananarivo-Mahajanga pour l'amélioration de l'enseignement de Géologie aux lycées »

Je vous invite à répondre et à remplir sincèrement cette fiche de questionnaire (anonyme) et merci pour votre collaboration !!!

Remarque : veuillez cochez les cases ou les colonnes de votre choix de réponses.

1- Etablissement :

2- Sexe : - Féminin - Masculin

3- Grade : -Baccalauréat Licence Maitrise - CAPEN - D.E.A - Doctorat

4- Durée de service :

5- **Quelles sont les classes que vous avez déjà tenues ?** (Kilasy inona avy no efa notazominao?)

- Seconde - Première - Terminale

6- **La Science de la Vie et de la Terre se subdivise en deux grandes branches bien distinctes : Biologie et Géologie ?** (Ny « SVT » dia mizara ho sampana roa lehibe miavaka tsara dia ny "Biologie" sy "Géologie")

Que préféreriez-vous ? (inona no safidinao ?).....BIOLOGIE GEOLOGIE

Que maitrisez-vous le plus ? (inona no voafehinao kokoa ?) .BIOLOGIE GEOLOGIE

7- **D'une façon générale, comment trouvez-vous la matière Géologie ?** (Amin'ny ankapobeny, ahoana ny fahitanao ny taranja Géologie ?)

- Très intéressante (Tena mahaliana)

- Intéressante (Mahaliana ihany)

- Peu intéressante (tsy dia mahaliana loatra).....

- Non intéressante (tsy mahaliana mihitsy).....

8- **A votre avis, les élèves s'intéressent-ils à la Géologie ? Pourquoi ?** (araka ny hevitra, mahasarika mpianatra ve ny taranja « Géologie » ? nahoana ?)

- Oui (eny) :

- Non (tsia) , parce qu(e) : -manque document (livre, internet) (tsy ampy tahirikevitra)..

-ils préfèrent la Biologie (tiany kokoa ny biologie).....

9- **Maitrisez-vous les concepts géologiques suivantes ?** (voafehinao ve ireto « concepts géologiques » ireto ?)

Classe de Seconde	non	Peu	bien	parfaitement
Structure du globe terrestre				
Minéralogie				
Pétrographie				
Les principaux minerais malagasy				

Classe de Première	non	peu	bien	Parfaitement
Etudes de strates				
Les déformations de strates				
Les grands ensembles structuraux à la surface du Globe terrestre				
Les mouvements d'écartement des plaques				
La subduction et résorption de la croûte océanique				
La théorie de la tectonique de globale				
Transformation et mouvement de matières				

Classe de Terminale	non	peu	Bien	parfaitement
Cartographie				
Stratigraphie				
Géologie de Madagascar				
Géologie appliquée				
Evolution humaine				

10- **Parmi les concepts géologiques suivants, donnez ceux qui sont le plus dominé par les élèves :** (amin'ireto « conception géologique » ireto, iza no voafehin'ny mpianatra kokoa ? :)

Classe de Seconde	
Structure du globe terrestre	
Minéralogie	
Pétrographie	
Les principaux minerais malagasy	

Classe de Première	
Etudes de strates	
Les déformations de strates	
Les grands ensembles structuraux à la surface du Globe terrestre	
Les mouvements d'écartement des plaques	
La subduction et résorption de la croûte océanique	
La théorie de la tectonique de globale	
Transformation et mouvement de matière	
Classe de Terminale	

Cartographie	
Stratigraphie	
Géologie de Madagascar	
Géologie appliquée	
Evolution humaine	

11- A votre avis, qu'est ce qui bloque les élèves à ne pas dominer les autres conceptions ?
(Araka ny hevitrao, inona no misakana ny mpianatra tsy hahafehy tsara ny « conception géologique » hafa ?)

Réponses probables	Second	Première	Terminale
Contenue non intéressant			
Contenue incompatible aux attentes et aux intérêts de élèves			
Difficulté de contenue aux élèves			
Non maîtrise de contenue par les enseignants			
Nécessité de la sortie géologique, TP			
Absence de livre ou des documents			
Négligences de la géologie de la classe précédente			
Autres à préciser			

12- Pour l'illustration de cours de la géologie, quelles stratégies avez-vous déjà illustrés ?
(Ho fandravahana ny fampianaranao ny « Géologie », inona ireo paikady efa fampiasanao ?)

- Echantillon de roches ou minéraux.....
- Schéma et /ou photo
- Descente Sur Terrain
- Autres à préciser

13- D'après vous, qu'est-ce qu'une sortie géologique ? (Araka ny fahafantaranao azy, inona no atao oe « sortie géologique » ?)

- Concrétisation de cours intra-muros
- Application de cours théoriques
- Explication de la leçon
- Autres à préciser

14 -Avez-vous déjà fait une sortie géologique ?

A- OUI B- NON

Si oui veuillez remplir la fiche A

Si non, veuillez remplir la fiche B

FICHE A : Si oui

a- **Où êtes-vous allés ? Combien de fois dans une année scolaire ? Et combien de jours ?** (taiza izany ? impiry ao anatin'ny taompiaranana iray, ary firy andro ny fharetany ?)

	Lieu		Durée en jour	Activité géologique faites
Seconde				
Première				
Terminale				

Pour l'enseignement de la Géologie, est-elle nécessaire ? (Mahakasika ny taranja « géologie » manokana, ilaina ve izany ?)

- Très nécessaire (tena ilaina).....
- Nécessaire (ilaina)
- Peu nécessaire (tsy dia ilaina)
- Non nécessaire (tsy ilaina)

b - **A votre avis, quelles sont les concepts Géologique que vous devez vous organiser « une sortie géologique » ?** (Araky ny hevitrao, inona avy ireo « conceptions géologiques » izay tokony hikarakarana «sortie géologique » ?)

Classe de Seconde	
Structure du globe terrestre	
Minéralogie	
Pétrographie	
Les principaux minerais malagasy	

Classe de Première	
Etudes de strates	
Les déformations de strates	
Les grands ensembles structuraux à la surface du Globe terrestre	
Les mouvements d'écartement des plaques	
La subduction et résorption de la croute océanique	
La théorie de la tectonique de globale	
Transformation et mouvement de matière	

Classe de Terminale	
Cartographie	
stratigraphie	
Géologie de Madagascar	
Géologie appliquée	
Evolution humaine	

c- **Quelles sont les matériels que vous portez lors d'une sortie géologique ?**

- Loupe.....
- Mètre
- G.P.S
- Appareil photo

- Cartes géologique
- Boussole géologique
- Marteau géologique
- Autres à préciser

d- Avez-vous maîtrisé la manipulation de tous ces matériels ?

Oui exemple(s) :

Non exemple(s) :

e- Quels sont les problèmes que vous rencontrez pendant une sortie géologique ? (Inona avy ireo olana tojo anao teo ampanatanterahana izany?)

- Difficile de choisir un gisement géologique sur terrain
- Manque d'étude préliminaire sur le gisement
- Difficulté d'études ou l'explication de gisement sur le terrain
- Non maîtrise des techniques ou la démarche méthodologique sur terrain.....
- Pas de relation entre contenu de cours et la réalité sur terrain
- Difficulté d'utiliser le matériel géologique

.....

- Autres à préciser :

f- A une sortie géologique, quelles solutions désirez-vous prendre pour l'amélioration de l'observation sur terrain ?

Merci pour votre collaboration !

.....

FICHE B : Si non

a- **Quels sont les problèmes qui bloquent d'organiser une sortie géologique ?** (Inona avy ireo olana manakana anao tsy hanao « sortie géologique »?)

- Manque de temps pour la sortie
-
- Pas d'expérience pour une sortie
-
- Contenu de cours pas terminés
-
- Non maîtrise des techniques ou la démarche méthodologique sur terrain
- Manque de matériels pour la sortie
-
- Difficulté d'utiliser le matériel géologique
-
- Autres à préciser :

b- **Pour cette année scolaire, avez-vous une idée d'organiser « une sortie géologique » ?** (Amin'ity taom-pianarana ity, manana eritreritra ny hanomana « une sortie géologique » ve ianao ?)

Oui : Non

Si oui, pour la classe de

- Seconde où :
- Première où :
- Terminale où :

c- **Pour l'enseignement de la Géologie, une sortie géologique est-elle nécessaire ?** (Mahakasika ny fampianarana ny taranja « Géologie » manokana, ilaina ve izany ?)

- Très nécessaire (tena ilaina)
- Nécessaire (ilaina)
- Peu nécessaire (tsy dia ilaina)
- Non nécessaire (tsy ilaina)

d- **A votre avis, quelles sont les concepts Géologique que vous devez vous organiser « une sortie géologique » ?** (Araky ny hevitrao, inona avy ireo « conceptions géologiques » izay tokony hikarakarana « sortie géologique » ?)

Classe de Seconde	
Structure du globe terrestre	
Minéralogie	
Pétrographie	

Classe de Terminale	
Cartographie	
Stratigraphie	
Géologie de Madagascar	

Les principaux minerais malagasy	
----------------------------------	--

Géologie appliquée	
Evolution humaine	

Classe de Première	
Etudes de strates	
Les déformations de strates	
Les grands ensembles structuraux à la surface du Globe terrestre	
Les mouvements d'écartement des plaques	
La subduction et résorption de la croûte océanique	
La théorie de la tectonique de globale	
Transformation et mouvement de matière	

e- **Quelles sont les matériels que vous avez trouvés dans votre établissement ?**

- Loupe

- Mètre

- G.P.S

- Cartes géologique

- Boussole géologique

- Marteau géologique

- Appareil photo

Merci pour votre collaboration !

Annexe 2 : GUIDES METHODOLOGIQUES pour l'ETUDES DES ROCHES Magmatique

1. Les caractéristiques des roches magmatiques

Texture

La texture des roches magmatiques est texture « équante » ou « isotrope » dont les minéraux constitutifs d'une roche ne présentent aucune orientation préférentiel. La texture équante est un critère particulier caractéristique de toutes les roches magmatiques.

Structure, gisement et mode de gisement

La structure : c'est la disposition et dimension relatives des éléments constitutifs d'une roche à l'échelle de l'échantillon.

Le gisement et mode de gisement : Selon le lieu de solidification du magma, on distingue trois types de gisement : plutonique (batholites) ; semi-profondeur ou gisement filonien (filons), volcanique (roches éruptives).

Le gisement et le mode de gisement de la roche donnent les structures des roches magmatiques.

Macroscopiquement, on distingue quatre principaux types de structures :

- Structure grenue Exemple : granite, gabbro, syénite, ...
- Structure microgrenue sous forme de « filon ». Exemple : microgranite, microgabbro,
- Structure microlitique sous forme de « roches effusives ». Exemple : basalte, rhyolite
- Structure vitreuse comme un verre. Exemple : obsidienne, pouzzolane, ...

Composition minéralogique

La détermination de la composition minéralogique de chaque roche applique les méthodes de l'étude des minéraux qu'on a citée précédemment. Il est très important pour l'identification et classification d'une roche magmatique présentée sur terrain.

Les minéraux constitutifs des roches magmatiques sont : les minéraux cardinaux, les minéraux essentiels et des minéraux accessoires ou accidentels.

Les minéraux cardinaux

Ce sont des minéraux clairs qui constituent la majeure partie de la roche et déterminent la classification des roches magmatiques pour les classer. Macroscopiquement, dans une roche, les minéraux cardinaux se présentent quelques caractéristiques.

- **Le quartz** se présente sous forme de plage grisâtre à blanchâtre, à éclat gras, de cassure conchoïdale à irrégulier entourant les autres cristaux.
- **Les feldspaths** : potassiques (alcalins) se présente sous une forme aplatis ou allongé, masses lamellaire ou grenue. Il a une couleur généralement blanc (microcline) à rose ou rougeâtre (orthose), avec un éclat vitreux à terne, de cassure quelconque et de clivage nette.
- **Les plagioclases** sont moins abondants par rapport au feldspath potassique (FK). Ils se présentent sous forme de minéraux à clivage nette à éclat vitreux, de couleur grisâtre. Exemple : syénite (famille), syénite quartzifère (sous-famille)

Les minéraux essentiels

Ce sont généralement des minéraux ferromagnésiens qui sont lourds, sombres et moins abondants que les précédents. On distingue : les micas (biotite et muscovite), les amphiboles, les pyroxènes, ... Détermination de quelques minéraux essentiels dans une roche :

- **La biotite** se présente en lamelle noire, à éclat vitreux à soyeux, clivable à l'épingle. Il se présente en grande quantité dans les roches biotitiques (biotite).
- **L'amphibole** a une couleur noire ou gris foncé en général, à éclat généralement terne. Il est très répandu dans la famille de diorite.
- **Le Pyroxène** est de couleur vert à verdâtre, à éclat vitreux ou gras, à cassure conchoïdale et clivage net. Le pyroxène est très abondant dans la famille de gabbro surtout dans les charnockites (granite à pyroxène).

Les minéraux accessoires ou accidentels

Ils sont peu abondants mais donne une meilleure précision dans le nom de la roche. Exemple : orthite couleur rouge ou rougeâtre.

La classification

La classification naturelle des roches magmatique, qui est basée sur la présence ou absence de quartz et la nature du feldspath. A partir de la détermination des différentes caractéristiques, qu'on va essayer de classifier une roche magmatique étudiée sur terrain.

Annexe 3 : GUIDES METHODOLOGIQUES pour l'ETUDES DES ROCHES Sédimentaires

Elles présentent en général deux caractères importants :

- **Roches Stratifiées** : présence des stratifications (strates ou couches superposées)
- **Roches fossilifères** : présence des fossiles (trace ou reste des êtres vivants)

Les critères de détermination

Les roches sédimentaires possèdent des critères de détermination et de reconnaissance particuliers. Parmi ceux-ci, on peut citer :

L'état d'agrégation

- **Meuble ou friable**, dont les éléments constitutifs ne sont pas liés entre eux. Exemples : limons, sables, graviers, galets, blocs, ...
- **Consolidé ou cohérente**, dont les éléments sont liés par un « ciment » de nature quelconque. Les roches sont généralement massives. Ex : grès, brèche, poudingue, conglomérat

Nature de ciment

La nature du ciment permet de nommer et de classer pour le grès. On distingue trois principaux types de ciments :

- **Ciments siliceux** composés de quartz. (Ex : grès quartzeux)
- **Ciments ferrifère** composés de minéraux ferreux. (Ex : grès ferrugineux)
- **Ciments argileux** composés d'argile. (Ex : grès argileux)

Propriétés physiques

Aspect de la roche : c'est l'aspect externe de la surface d'une roche, qui peut être lisse (galet roulé), craquelé, criblé (ponce) ou anguleux (cailloux)

- **Fragilité** : c'est la friabilité des roches qui ont un aspect cohérent, mais elles se réduisent facilement en poussière. Certaines roches friables peuvent être tachées les doigts (ex : latérite) et modelées sous l'influence de l'eau (ex : argile est une roche friable élastique).
- **Dureté** c'est la résistance de la roche au rayage par l'ongle, qui peut être traçant à l'ongle (craie), peu (marne) ou non (galet).
- **Couleur** dépend de la nature du ciment de la roche, surtout les roches consolidées.
- **Solubilité** c'est une qualité d'une roche qui est soluble dans l'eau. Roches très soluble : sel gemme, gypse ; Roche soluble : calcaire ; Roche non soluble : sable

Propriétés chimiques

L'effet d'action de l'acide sur une roche peut évaluer la présence de calcaire dans sa composition minéralogique. On peut distinguer deux groupes :

- **Roches carbonatés**, qui présente une effervescence avec d'acide chlorhydrique dilué sur la surface d'une roche carbonaté (composé de calcaire).
- **Roches non carbonatés**, qui groupe les roches qui ne présentent de l'effervescence à l'acide, comme les roches silicieuses, salines et ferriques.

Genèse

D'après la genèse, les roches sédimentaires offrent quatre origines principales :

- **Résiduelle** : si l'altération des roches préexistantes n'est pas succédée d'une érosion.

- **Détritique** : si l'altération est succédée par l'érosion, le transport, dépôt dans les parties basses (bassins, fond marine). Les roches se présentent à l'état meuble ou à l'état consolidé. Les roches d'origine détritique peuvent classer selon la dimension des grains et l'état de désagrégation de la roche.

-**Chimique** : si une roche provient de la précipitation de substance en solution. Par exemple : calcaire sel gemme, gypse, ...

- **Organique et biogène** : si la roche provient de l'accumulation d'organisme mort (houille, lignite, pétrole) ou édification par organisme vivant (coraux, calcaire d'algue).

Annexe 4 : GUIDES METHODOLOGIQUES pour l'ETUDES DES ROCHES Metamorphique

Les caractéristiques des roches métamorphiques

Structure

Une classification simplifiée des roches métamorphiques est basée sur la structure de la roche : roche orientée ou non orientée.

- *Les roches non orientées* comme le marbre (calcaire), anthracite (charbon), ...
- *Les roches orientées* : qui regroupe la majorité des roches métamorphiques

Texture

C'est la disposition générale des minéraux due à la déformation structurale d'une roche préexistante. On distingue deux principales textures :

- *Schistosité* distingue quatre principaux types de schistosité de: fracture, crénulation, flux.
- *Foliation* présente deux principaux types : Texture folié rubanée, Texture folié oeuillée.

La composition minéralogique

La détermination de la composition minéralogique des roches métamorphiques est similaire aux roches magmatiques, mais la plus importante c'est d'identifier les « minéraux index » indicateurs de métamorphisme à savoir le talc, séricite, muscovite, biotite, andalousite, sillimanite, cordiérite, grenat, spinelle, orthose. Mais sur terrain les minéraux index plus faciles à identifier sont la biotite et l'orthose.

L'intensité de métamorphisme

C'est la valeur conjuguée de la pression et de la température. On peut distinguer quatre intensités de métamorphisme qui passe de faible à plus fort, qui sont : épizone, mésozone, catazone et ultrazone.

Séquences et origine des roches métamorphiques

- Les roches paradérivées ou paramétamorphiques (origine sédimentaire)
- Les roches orthodérivées ou orthométamorphiques (origine magmatique)

On peut classer les roches métamorphiques selon leur séquence et intensité de métamorphique.

ABSTRACT

This study tries to list the problems encountered by the teachers of the SVT in the high school for the realization of a pedagogical exit in order to propose a geological axis for the use of the teachers in the high school.

The axis Antananarivo – Maevatanàna - Mahajanga along the RN4 constitutes an interesting geological field class. With a better accessibility for any vehicles, this axis crosses the different geological formations of Madagascar. The axis Antananarivo to Ambalabongo, north of Maevatanàna, shows the formation of the Precambrian Malagasy basement with thirteen (13) geological stops. While Ambalabongo- Mahajanga is a study axis for the geology of sedimentary formations that includes seven (7) main stops. This axis is a concrete illustration of the course of mineralogy and petrography of metamorphic, magmatic rocks as well as sedimentary rocks. It presents interesting deposits for the teaching of stratigraphy and structural geology.

This dissertation is a geological and scientific guide for teachers of SVT in high school and the editor of the curricula for orientation and reorientation of the teaching of Geology.

Keys words: Geology, geological output, pedagogical output, RN4, Mahajanga, sedimentary cover, crystalline basement

Auteur : RAKOTOARIMANANA Fanantenana Hery Nomenjanahary

Adresse : FT II 017 Fitiamandroso Andakana Anosiala

Contact : 032 65 346 77 – 034 72 370 37

Courriel : sirfafah@gmail.com

Directeurs du mémoire : Dr. RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné

Nombre de pages : 73

Nombre de tableaux : 08

Nombre de figures : 51



GUIDE DE SORTIE GEOLOGIQUE SUIVANT L'AXE ANTANANARIVO-MAHAJANGA POUR L'AMELIORATION DE L'ENSEIGNEMENT PRATIQUE DES SCIENCES DE LA TERRE AU LYCEE

RESUME

Ce présent mémoire tente d'énumérer les problèmes rencontrés par les enseignants de la SVT au lycée pour la réalisation d'une sortie pédagogique afin de proposer un axe de terrain géologique à l'usage des enseignants aux lycées.

L'axe Antananarivo Maevatanàna Mahajanga suivant la RN4 constitue un axe de sortie géologique intéressante. La route présente une meilleure accessibilité pour tout véhicule, cet axe traverse les différentes formations géologiques de Madagascar. L'axe Antananarivo jusqu'à Ambalabongo, Nord de Maevatanàna, présente la formation du socle Précambrien Malagasy avec treize (13) arrêts géologiques. Tandis qu'Ambalabongo Mahajanga est un axe d'étude pour la géologie des formations sédimentaire qui comporte sept (7) arrêts principaux. Cet axe est une illustration concrète du cours de la minéralogie et la pétrographie des roches Métamorphiques, Magmatiques ainsi que les roches sédimentaire. Il présente des formations géologiques intéressantes pour l'enseignement de la stratigraphie et la géologie structurale.

Ce mémoire est un guide géologique, scientifique pour les enseignants de SVT aux Lycées et aux concepteurs de curricula pour l'orientation et la réorientation de l'enseignement de la Géologie.

Mots clés : Géologie, sortie géologique, sortie pédagogique, RN4, Mahajanga, couverture sédimentaire, socle cristallin