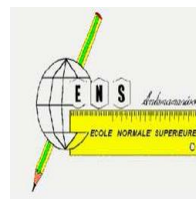




UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE NORMALE SUPERIEURE



DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE SCIENTIFIQUE (D.F.I.S)

CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHE (C.E.R)

SCIENCES NATURELLES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU CERTIFICAT

D'APTITUDE PEDAGOGIQUE DE L'ECOLE NORMALE

(C.A.P.E.N)



**« ETUDE DES SUITES MAGMATIQUES GRANITIQUES
SUR L'AXE ANTANANARIVO-
AMBATOFINANDRAHANA-
ISALO »**

Présenté par :

RAKOTONJANAHARY Mampionona Joseph

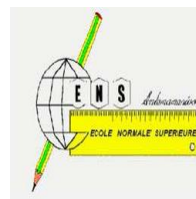
Promotion TONIA

14 Juin 2016



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE NORMALE SUPERIEURE



DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE SCIENTIFIQUE (D.F.I.S)

CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHE (C.E.R)

SCIENCES NATURELLES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU CERTIFICAT

D'APTITUDE PEDAGOGIQUE DE L'ECOLE NORMALE

(C.A.P.E.N)



**« ETUDE DES SUITES MAGMATIQUES GRANITIQUES
SUR L'AXE ANTANANARIVO-
AMBATOFINANDRAHANA-
ISALO »**

Présenté par :

RAKOTONJANAHARY Mampionona Joseph

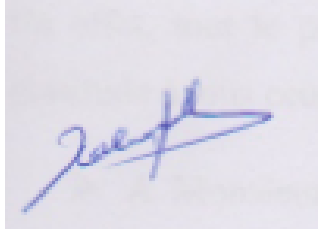
Promotion TONIA

14 Juin 2016

MEMBRES DE JURY DE

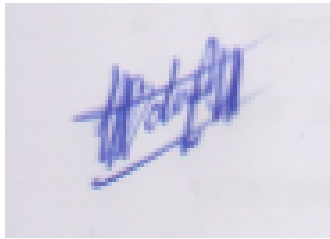
Monsieur RAKOTONJANAHARY Mampionona Joseph

❖ PRESIDENT DU JURY :



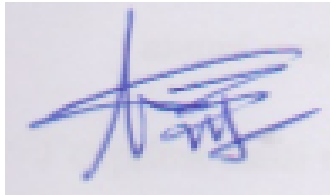
Professeur RAKOTONDRA DONA Rémi
Spécialiste en Microbiologie et Physiologie Végétales
Professeur d'Enseignement Supérieur
Enseignant Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure
Université d'Antananarivo

❖ JUGE :



Docteur RAZAFIMAHATRA TRA Dieudonné
Spécialiste en Métallogénie et Pédologie
Maître de Conférences
Enseignant Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure
Université d'Antananarivo

❖ RAPPORTEUR :



Docteur ANDRIAMAMONJY Solofomampily Alfred
Spécialiste en Pétrologie et Géologie Appliquée
Maître de Conférences
Enseignant Chercheur à la Faculté des Sciences
Université d'Antananarivo

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous tenons compte à glorifier DIEU Tout Puissant, qui m'a soutenu par sa Force et sa Bienveillance pour la réalisation de ce mémoire.

Grâce à la collaboration de nombreuses personnes nous avons pu réaliser ce mémoire de fin d'étude.

En effet, tout le plaisir est pour nous à cette occasion de pouvoir exprimer notre sincère gratitude à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce travail. Tout particulièrement :

- A Monsieur RAKOTONDRADONA Rémi, Professeur, qui malgré ses nombreuses obligations nous a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire. Veuillez agréer ma profonde reconnaissance.
- A Monsieur RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné, Maître de Conférence, qui a aimablement accepté de juger notre travail malgré vos innombrables occupations. Permettez-moi de vous présenter l'expression de mes profonds respects et mes sincères remerciements.
- A Monsieur ANDRIAMAMONJY Solofomampily Alfred, Maître de Conférence, Directeur du Mémoire, qui a fait d'amour, d'une grande disponibilité, de patience pour m'aider, me soutenir, me donner des conseils judicieux et de suivre la progression de ce travail jusqu'à l'aboutissement de ce présent mémoire, malgré ses lourdes responsabilités. Soyez assuré mes chaleureux remerciements et ma gratitude profonde.

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

- Nous tenons compte à remercier le Laboratoire de Sciences de la Terre, Faculté de Sciences, Université d'Antananarivo de m'avoir accepté et accueilli lors de mon stage pratique.

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

- J'adresse mes remerciements à la promotion TONIA pour les cinq inoubliables années d'étude que nous avons passé ensemble.

- Je tiens à adresser également mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce mémoire.

LISTES DES TABLEAUX

<i>Tableau I : Tableau comparatif de deux types de magma</i>	<i>10</i>
<i>Tableau II : Proportion relative des minéraux présents dans le 9 échantillons de roche</i>	<i>53</i>
<i>Tableau III : Proportion moyenne de chaque minéral dans tous les 9 échantillons de roche.</i>	<i>54</i>
<i>Tableau IV : Tableau récapitulatif montrant les noms de 9 échantillons de roche étudiés.....</i>	<i>55</i>

LISTES DES FIGURES

<i>Figure 1 : Suite de Dabolava, d'après les résultats du P.G.R.M en 2012 à l'échelle 1/1.000.000.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2 : Suite d'Imorona-Itsindro, d'après les résultats du P.G.R.M en 2012 à l'échelle 1/1.000.000.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 3 : Suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano, d'après les résultats du P.G.R.M en 2012 à l'échelle 1/1.000.000.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 4: Cristallisation fractionnée des minéraux des roches magmatiques.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 5 : Mode de gisement des roches magmatiques</i>	<i>13</i>
<i>Figure 6 : Classification des principales roches magmatiques selon Streckeisen en 1976.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 7 : Classification modale des roches ultramafiques d'après I.U.G.S, Subcomission on the systematics of Igneous Rocks (Streckeisen 1976).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 8 : Classification des roches volcaniques (Diagramme de TAS, Le Bas et al. 1986) ..</i>	<i>19</i>
<i>Figure 9 : Les domaines du socle cristallin malgache et la couverture sédimentaire, d'après les résultats du P.G.R.M en 2012 à l'échelle 1/1.000.000</i>	<i>22</i>
<i>Figure 10 : Jumelle</i>	<i>25</i>
<i>Figure 11 : Boussole géologique</i>	<i>26</i>
<i>Figure 12 : Marteau géologique</i>	<i>26</i>
<i>Figure 13 : Microscope polarisant</i>	<i>27</i>
<i>Figure 14 : Représentation de l'axe d'étude Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 15: Position de la boussole tenue horizontale.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 16 : Position de boussole tenue verticale</i>	<i>31</i>
<i>Figure 17 : Echantillon de roche</i>	<i>33</i>
<i>Figure 18 : Neuf lames minces.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 19 : Observation d'une lame mince au microscope polarisant</i>	<i>34</i>
<i>Figure 20 : Granite d'Ambatomiranty à l'échelle du paysage</i>	<i>35</i>
<i>Figure 21 : Affleurement du granite d'Ambatomiranty.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure 22 : Granite d'Ambatomiranty (échantillon MP1)</i>	<i>36</i>
<i>Figure 23 : Microphotographie du granite d'Ambatomiranty (MP1) ; A en lumière naturelle, B en lumière polarisée.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 24 : Carrière de granite d'Ilaka, à l'échelle du paysage</i>	<i>38</i>
<i>Figure 25 : Granite d'Ilaka, à l'échelle de l'affleurement</i>	<i>38</i>
<i>Figure 26 : Granite d'Ilaka (échantillon MP2).....</i>	<i>39</i>

<i>Figure 27 : Microphotographie du granite d'Ilaka (MP2) ; A en lumière naturelle, B en lumière polarisée.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure 28 : Vue générale du massif de Bemanta</i>	<i>40</i>
<i>Figure 29 : Massif granitique de Bemanta, à l'échelle de l'affleurement</i>	<i>41</i>
<i>Figure 30 : Granite de Bemanta (échantillon MP3).....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 31 : Microphotographie du granite de Bemanta (MP3) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 32 : Vue générale de la carrière d'Ambatomarina.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 33 : Affleurement de la carrière d'Ambatomarina</i>	<i>43</i>
<i>Figure 34 : Granite porphyroïde d'Ambatomarina (échantillon MP4a)</i>	<i>44</i>
<i>Figure 35 : Microphotographie du granite porphyroïde d'Ambatomarina (MP4a) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée</i>	<i>44</i>
<i>Figure 36 : Granite rose d'Ambatomarina (échantillon MP4b)</i>	<i>45</i>
<i>Figure 37 : Microphotographie du granite rose d'Ambatomarina (MP5b) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée</i>	<i>46</i>
<i>Figure 38 : Echantillon du granite à tourmaline d'Ambatomarina (MP4c).....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 39 : Microphotographie du granite à tourmaline (MP4c) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée</i>	<i>47</i>
<i>Figure 40 : Massif d'Ambalavao, à l'échelle du paysage.....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 41 : Affleurement du granite d'Ambalavao au bord de la route.....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 42 : Echantillon du granite d'Ambalavao (MP5a)</i>	<i>49</i>
<i>Figure 43 : Microphotographie du granite stratoïde d'Ambalavao (MP5a) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée</i>	<i>49</i>
<i>Figure 44 : Echantillon du granite rose à tendance pegmatitique d'Ambalavao (MP5a).....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 45 : Microphotographie du granite rose d'Ambalavao (MP5a) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée</i>	<i>50</i>
<i>Figure 46 : Paysage de la région de l'Ibity.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 47 : Granite de l'Ibity, à l'échelle de l'affleurement</i>	<i>51</i>
<i>Figure 48 : Echantillon du granite rose de l'Ibity (MP6)</i>	<i>52</i>
<i>Figure 49 : Microphotographie du granite rose de l'Ibity (MP6) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 50 : Représentation des proportions moyennes de chaque minéral dans tous les 9 échantillons de roche</i>	<i>54</i>

LISTES DES ANNEXES

Annexe I : Carte Antananarivo-Manjakandriana à l'échelle 1/100.000

Annexe II : Tableau de classification naturelle des roches magmatiques

Annexe III : Microphotographie du granite d'Ambatomiranty

Annexe IV : Microphotographie du granite porphyroïde d'Ibaka (MP2)

Annexe V : Microphotographie du granite de Bemanta (MP3)

Annexe VI : Microphotographie granite porphyroïde d'Ambatomarina (MP4a)

Annexe VII : Microphotographie du granite rose d'Ambatomarina (MP4b)

Annexe VIII : Microphotographie du granite à tourmaline d'Ambatomarina (MP4c)

Annexe IX : Microphotographie de granite à amphibole d'Ambalavao (MP5a)

Annexe X : Microphotographie de granite rose d'Ambalavao (MP5b)

Annexe XI : Microphotographie de granite rose de l'Ibity (MP6)

Annexe XII : Guide de travaux pratiques pétrographie magmatique en classe de seconde

Annexe XIII : Différentes structures des roches magmatiques

LISTES DES ABREVIATIONS

Amp : Amphibole

B.G.R.M : Bureau de Gestion des Ressources Minières

Bt : Biotite

C.E.R : Centre des Etudes et de la Recherche

E.N.S : Ecole Normale Supérieure

Ga : Giga année

G.P.S : Global Position System

Hb : Hornblende

I.G.M : Institut de Gemmologie de Madagascar

I.R.D : Institut de Recherche pour le Développement

I.U.S.G: International Union Geologic Sciences

Ma : Million d'années

Mop : Minéraux opaques

Mrk : Myrméckite

Or : Orthose

P.G.R.M : Projet de Gouvernance des Ressources minérales de Madagascar

P.K : Point Kilométrique

Pl : Plagioclase

Px : Pyroxène

Qtz : Quartz

R.N : Route Nationale

Sil : Sillimanite

S.Q.C : Schiste Quartzite Cipolin

T.A.S : Total Alcalis Silica

Tur : Tourmaline

U.S.G.S : United State Geological Survey

GLOSSAIRE

Affleurement : une partie d'un terrain visible de la surface de la terre.

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

Automorphe : se dit d'un minéral ayant toutes ses faces cristallines présentant une forme de cristal parfait.

Craton : c'est une partie ancienne et stable de la lithosphère continentale possédant une identité géologique, notamment en ce qui concerne la nature des roches, datée au moins 550 Ma.

Faciès : ensemble de caractère lithologique et paléontologique permettant de définir une unité géologique.

Géode : Terme de minéralogie indiquant une masse pierreuse arrondie, creuse, dont l'intérieur est tapissé de cristaux.

Grabben : déformation tectonique des terrains constituée par un ensemble des failles en formant un bassin sédimentaire.

Granitisation : ensemble de phénomène conduisant à la formation des granitoïdes.

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

Granite d'anatexie : granite caractérisé par une cloison formée entre les porphyroblastes très abondants.

Granite porphyroïde : Se dit d'un granite présentant un développement de gros cristaux de feldspaths potassiques (orthose ou microcline) dans le fond grenue ou microgrenue.

Granite stratoïde : granite interstratifié encaissé dans des roches métamorphiques.

Granoblastique hétérogranulaire : se dit d'une structure grenue des roches, dont la dimension des grains des minéraux est différente.

Macles : association de deux (simple Carlsbad de l'orthose) ou plusieurs (polysynthétique des plagioclases) individus cristallin par rotation ou interpénétration de leurs réseaux cristallins.

Métasomatose : cas extrême du métamorphisme s'accompagnant d'un changement de la composition chimique globale des roches originelles avec rapport de certains éléments chimiques et départ d'autres.

Migmatitisation : se dit d'un processus géologique aboutissant à la transformation de migmatite en granite.

Myrméckite : minéral qui se forme par l'intercroissance réactionnelle d'oligoclase-albite et de quartz développé dans la zone de contact entre le cristal de plagioclase et de feldspath potassique.

Orogenèse : phénomène géologique conduisant à la formation des montagnes.

Pétrologie : sciences qui étudie les processus de formation des roches, qui explique les origines des roches.

Phénocristaux : cristaux de grande dimension ressortant dans une pâte microlitique de lave consolidée.

Pléochroïsme : propriété qu'offrent certains cristaux d'absorber différemment la lumière et de présenter diverses colorations selon la direction des rayons lumineux qui les frappent.

Porphyroïde : Structure d'une roche magmatique caractérisée par le développement des gros cristaux de feldspaths potassiques souvent sur une pâte microlitique.

Précambrien : ère géologique qui s'étend de 3400Ma à 540Ma.

Socle : ensemble de roche cristalline ou cristallophylliennes formant un soubassement sur lequel se reposent en transgression et/ou en discordance des séries sédimentaires récentes.

Subautomorphe : se dit d'un minéral n'ayant que quelques faces cristallines.

Structure : terme désignant les formes de disposition et d'arrangement des groupements minéraux à l'échelle de l'échantillon.

Texture : aspect extérieur d'une roche observé à l'œil nu.

SOMMAIRE

MEMBRES DE JURY DE.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
REMERCIEMENTS.....	i
LISTES DES TABLEAUX	iii
LISTES DES FIGURES.....	iv
LISTES DES ANNEXES.....	vi
LISTES DES ABREVIATIONS.....	vii
GLOSSAIRE.....	viii
SOMMAIRE	x
INTRODUCTION	1
PARTIE I : GENERALITES.....	3
I. GENERALITES SUR LES SUITES MAGMATIQUES.....	3
I.1 Définition.....	3
I.2 Les principales suites magmatiques malgaches.....	3
I.2.1 La suite de Dabolava	3
I.2.2 La suite de d’Imorona-Itsindro	5
I.2.3 La suite de d’Ambalavao-Kiangara-Maevarano.....	6
II. NOTIONS SUR LES ROCHES MAGMATIQUES	8
II.1 Définition de roches magmatiques	8
I.2 Caractéristiques de roches magmatiques	8
I.2.1 Caractères généraux.....	8
I.2.2 Age des roches magmatiques.....	9
I.3 Processus magmatique.....	9
I.3.1 Définition du magma	9
I.3.2 Constitution chimique du magma résiduel	9
I.3.3 Fusion partielle	10
I.3.4 Cristallisation et consolidation des magmas.....	11
I.4 Mode de gisement des roches magmatiques	12
I.4.1 Les roches plutoniques	12

I.4.2 Roches filoniennes ou roches de semi-profondeurs	12
I.4.3 Roches volcaniques	12
I.5 Composition chimique et minéralogique des roches magmatiques.....	13
I.5.1 Composition chimique.....	13
I.5.2 Composition minéralogique.....	14
I.6 Classification des roches magmatiques	14
I.6.1 Classification naturelle	14
I.6.2 Classification internationale	16
III. GENERALITES SUR LA GEOLOGIE DE MADAGASCAR.....	20
II.1 Le socle cristallin malgache	20
II.1.1 Le domaine d'Antogil-Masora	20
II.1.2 Le domaine d'Antananarivo	20
II.1.3 Le domaine d'Ikalamavony.....	21
II.1.4 Le domaine Anosyen-Androyen	21
II.1.5 Le domaine de Vohibory.....	21
II.1.6 Le domaine de Bemarivo	21
II.2 La couverture sédimentaire.....	23
II.2.1 La formation KARROO (Carbonifère Supérieure-Jurassique Moyen).....	23
II.2.2 La formation POST-KARROO (Jurassique Supérieur-Actuel)	24
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES.....	25
CHAPITRE I : MATERIELS D'ETUDE	25
I. MATERIELS UTILISES SUR TERRAIN.....	25
II. MATERIELS DE LABORATOIRE.....	27
III. MATERIELS D'ENREGISTREMENT	27
CHAPITRE II : METHODES.....	28
I. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	28
II. L'ETUDE SUR TERRAIN	28
II.1 METHODE D'UTILISATION DE BOUSSOLE POUR UN PLAN	30
II.2 METHODE D'UTILISATION DE BOUSSOLE POUR UNE DROITE.....	31

III. L'ECHANTILLONNAGE.....	32
IV. CONFECTION EN LAME MINCE.....	32
PARTIE III : RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSION.....	35
III.1 RESULTATS DES ETUDES PETROGRAPHIQUES	35
III.2 INTERPRETATIONS DES RESULTATS.....	55
III.2.1 Sur le plan pétrographique et pétrologique.....	56
III.2.2 Sur le plan tectonique	59
III.2.3 Sur le mode d'altération	61
III.3 DISCUSSION	61
III.3.1 Pour les granites d'Ambatomiranty	61
III.3.2 Pour le granite porphyroïde d'Ilaka	62
III.3.3 Pour les granites d'Ambatomarina	62
III.3.4 Pour le granite rose d'Ambalavao	62
PARTIE IV : SUGGESTIONS ET INTERETS DU TRAVAIL.....	63
IV.1 SUGGESTIONS.....	63
IV.1.1 Dans le cadre de l'éducation et de l'enseignement.....	63
IV.1.2 Sur le plan économique.....	63
IV.1.3 Sur le cadre de la recherche et de l'environnement.....	64
IV.2 INTERETS DU TRAVAIL	64
IV.2.1 INTERETS SCIENTIFIQUES	64
IV.2.2 INTERETS ECONOMIQUES.....	65
IV.2.3 INTERETS PEDAGOGIQUES.....	66
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	63
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	83
WEBOGRAPHIES.....	86
ANNEXES DU MEMOIRE	a

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Madagascar est connue par son originalité et sa richesse en ressources naturelles aussi bien biologique que géologique. De plus, cette grande île possède une large gamme des roches qui peut utiliser comme matériaux de constructions et renferme une minéralisation importante telles que les granites (**BESAIRIE, 1961**).

D'ailleurs, elle est aussi très célèbre par la potentialité minière en pierres gemmes, minerais, cristal des roches, pierres d'ornementation ainsi que les métaux rares rencontrés presque dans toute partie de l'île. Ainsi, la variation et les nombres de ressource du sous-sol malgache élevé fournissent quelques produits rares et exceptionnels dans le monde (**NOIZET, G. et al., 1963**). En effet, le secteur minier attire des nombreux investisseurs locaux et étrangers. Actuellement, l'activité minière à Madagascar est devenue un secteur clé pour le développement durable de l'économie malgache par le fait de sa contribution au Produit Intérieur Brute (PIB) élevé (**RAKOTOMALALA, 2014**).

Néanmoins, la plupart du secteur informel et des trafiquants de gisement à ciel ouvert ont été mal gérés par l'Etat.

En 2010, l'I.R.D a noté que des éléments minéraux indispensables aux services de l'homme se concentrent dans les roches magmatiques. Depuis longtemps, des chercheurs en minéralogie et en pétrographie s'intéressent beaucoup aux études des formations géologiques sur l'axe Antananarivo-Sud de Madagascar (**web1 consulté le 15/01/16**).

Sur le plan géologique, la mise en place des roches magmatiques est marquée par le magmatisme affectant la partie centrale et Sud de Madagascar (**BESAIRIE, 1973**). Et leur relief est cloisonné en multiples dépressions allongées et cuvettes séparées par des chaînons granitiques (**BATTISTINI, 1996**). Puis, le socle ancien de structure plissée a été traversé par des granites (**GAF, et al., 2005**). Et une convergence orogénique plus récente : suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano a produit un chevauchement à travers tout le sud de l'île (**TUCKER, et al., 2010**).

En outre, la quasi-totalité du vieux socle malgache a subi l'évènement tectono-métamorphique durant le précambrien (**DELOR, et al., 2012**). Tout cela nous conduit à élaborer ce présent mémoire qui s'intitule : « **ETUDE DES SUITES MAGMATIQUES GRANITIQUES SUR L'AXE ANTANANARIVO-AMBATOFINANDRAHANA-ISALO** » ayant pour objectifs de **divulguer les informations sur la pétrologie et la**

tectonique des roches magmatiques rencontrées sur cet axe, qui permettent de retracer sa géochronologie en appuyant les connaissances de base sur la géologie de Madagascar.

La problématique de ce travail sera : **quelles sont les interprétations géologiques effectuées sur les caractéristiques lithologiques et structurales des roches magmatiques trouvées dans l'axe Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo?**

Notre hypothèse indiquera qu'**il y a une similarité sur la pétrologie entre les roches magmatiques rencontrées sur cet axe étudié.**

En plus de l'introduction et la conclusion, ce présent mémoire comporte quatre grandes parties :

- la première partie parlera les généralités.
- la deuxième partie expliquera les matériels et méthodologies mise en œuvre lors de la préparation et la réalisation de ce travail.
- la troisième partie donnera les résultats, les interprétations et la discussion.
- la dernière partie exposera les suggestions et les intérêts de ce travail.

PARTIE I : GENERALITES

PARTIE I : GENERALITES

I. GENERALITES SUR LES SUITES MAGMATIQUES

I.1 Définition

Ce sont des formations magmatiques résultantes du magmatisme qui traverse les roches métamorphiques du socle cristallin (DELOR, *et al.*, 2012).

En d'autre terme, c'est un ensemble de roches éruptives présentant dans une région et à une époque donnée des caractères minéralogiques et chimiques communs. Ces caractères sont étroitement liés à la nature du site géotectonique où la suite s'est formée.

I.2 Les principales suites magmatiques malgaches

Généralement, les principales suites magmatiques qui se rencontrent à Madagascar se regroupent en trois, de plus ancienne au plus récente, on a : la suite de Dabolava, la suite d'Imorona-Itsindro et la suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano.

I.2.1 La suite de Dabolava

Elle est datée de 1Ga, et formée par des :

- ✓ Gabbros et Diorites : Faciès basique du type Vangoa
- ✓ Tonalite et Granite : faciès intermédiaire à acide du type Ambatomiefy, considérés comme un Magmatisme d'arc plus de 100km de long et quelques dizaines de kilomètres de large.

Elle est localisée à la limite entre le domaine d'Antananarivo : Archéen et le domaine Anosyen-Androyen (Paléoprotérozoïque).

Le phénomène de subduction vers l'Est aboutit à la collision du domaine Ikalamavony et sous-domaine Anosyen avant 1Ga. Par conséquent, la suite de Dabolava est très restreinte à ces domaines (DELOR, *et al.*, 2012). Elle est représentée par la figure 1.

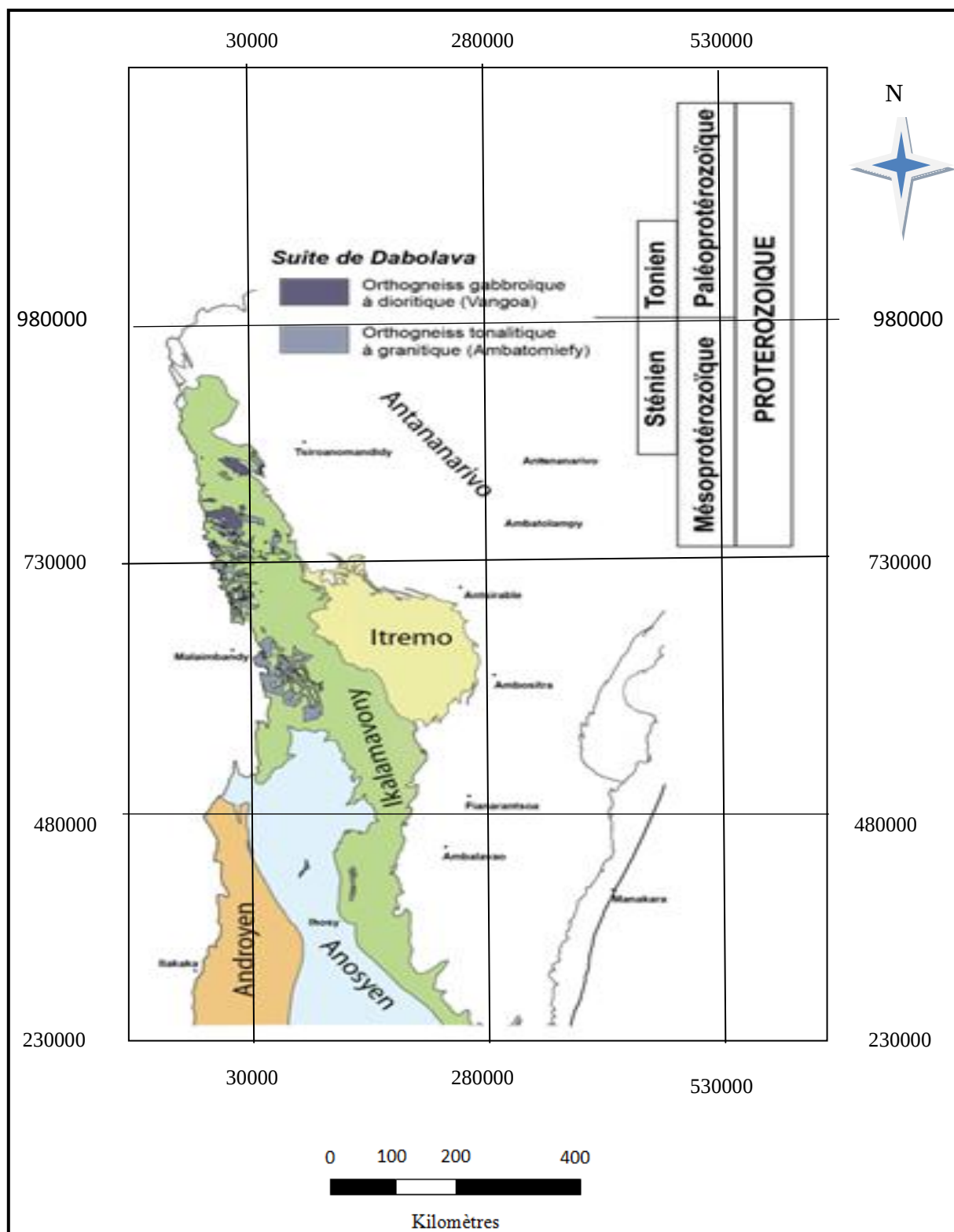


Figure 1 : Suite de Dabolava, d'après les résultats du P.G.R.M en 2012 à l'échelle 1/1.000.000

Source : Publication des résultats P.G.R.M 2012 modifiée par RAKOTONJANAHARY

I.2.2 La suite de d'Imorona-Itsindro

Cette suite date de 820Ma-760Ma, caractérisée par les faciès suivants :

- faciès ultrabasique du type Ambodilafa
- faciès basique du type Imorona
- faciès intermédiaire à acide du type Itsindro
- faciès Brickaville

Elle se trouve dans le domaine d'Ikalavavony, Sous domaine Anosyen, le Groupe de l'Itremo et la série de Tsaratanana (domaine d'Antananarivo), sous-domaine Masora et Antogil (800Ma). Le domaine de Vohibory, domaine de Bemarivo et le sous-domaine Androyen n'ont pas recoupées par cette Suite. D'ailleurs, elle est marquée par le magmatisme d'arc et la distension intracontinentale (figure 2).

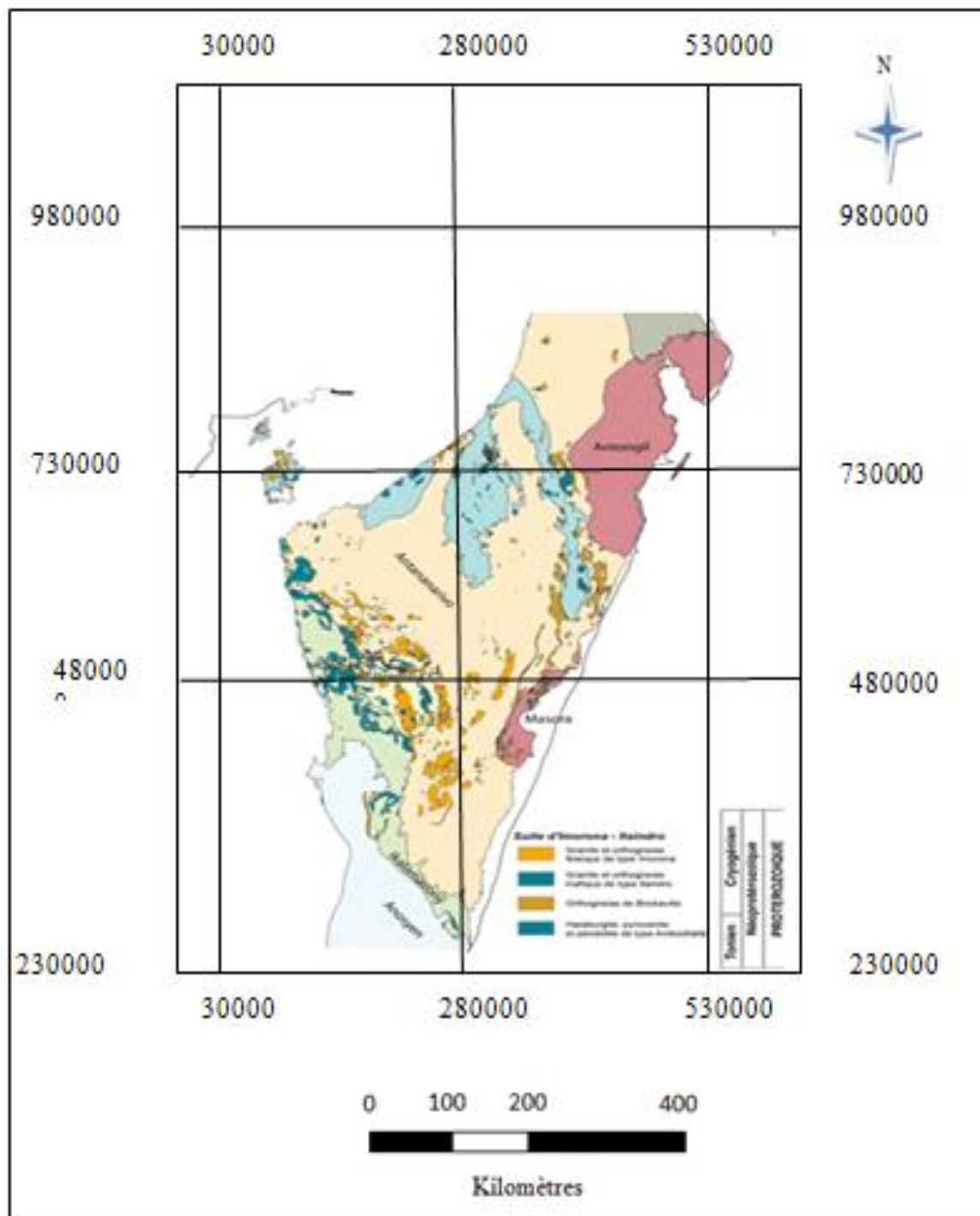


Figure 2 : Suite d'Imorona-Itsindro, d'après les résultats du P.G.R.M en 2012 à l'échelle 1/1.000.000

Source : Publication des résultats P.G.R.M 2012 modifiée par RAKOTONJANAHARY

I.2.3 La suite de d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano

C'est la suite magmatique la plus récente marquant la fin de l'histoire orogénique du socle précambrien de Madagascar par le fait de la déformation Panafricaine. Elle se situe entre 570Ma et 520Ma, et est comprend :

- Kiangara constitué par des granites « stratoïdes »
- Ambalavao (au Sud)
- Maevarano (au Nord)

Ce sont des granites pré-tectoniques Anosyen-Androyen (570Ma) et granite syn- et post-tectoniques (540Ma-520Ma). La figure 3 illustre la suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano. Cette étude appartient à la suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano.

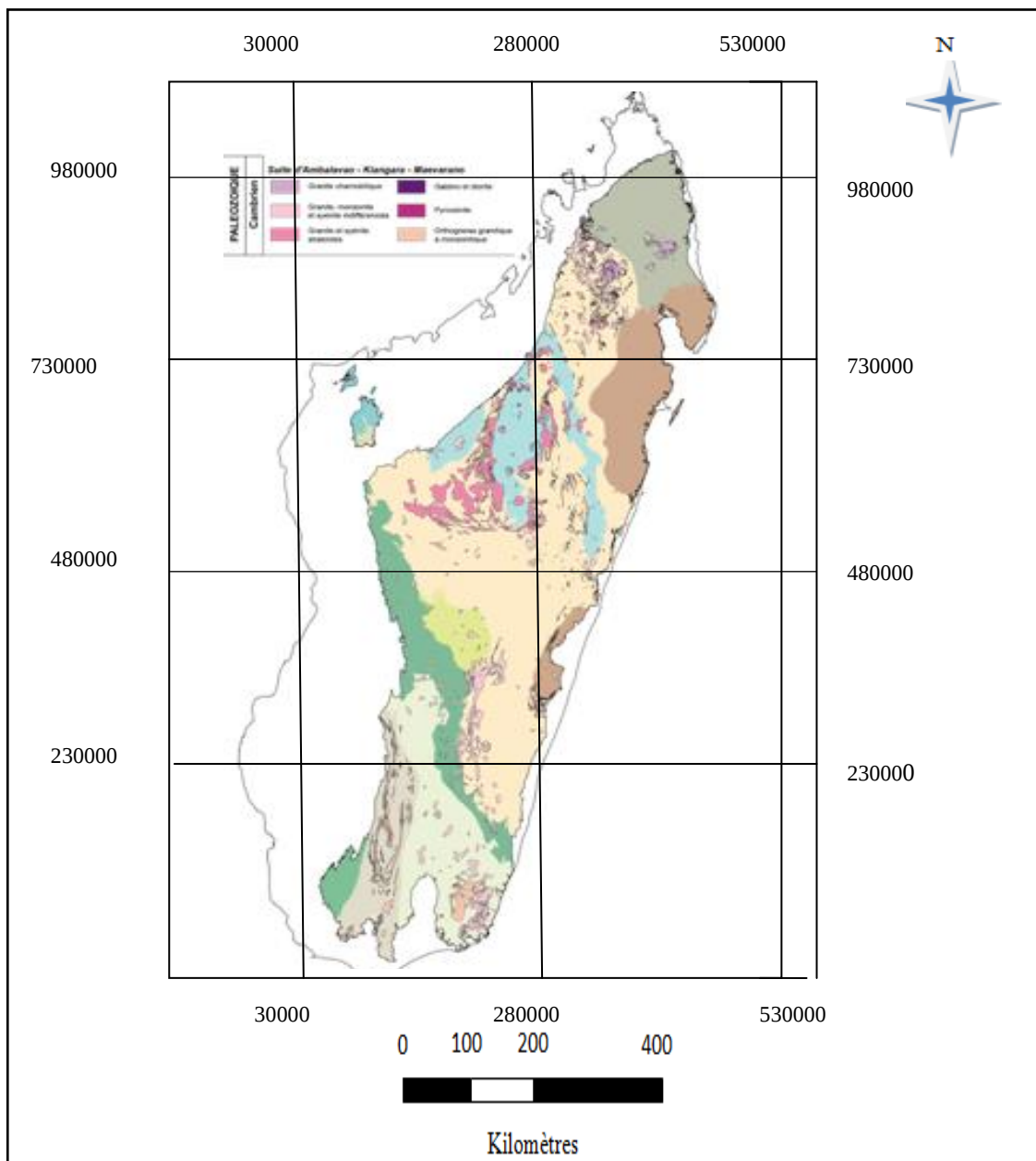


Figure 3 : Suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano, d'après les résultats du P.G.R.M en 2012 à l'échelle 1/1.000.000

Source : Publication des résultats P.G.R.M 2012 modifiée par RAKOTONJANAHARY

II. NOTIONS SUR LES ROCHES MAGMATIQUES

L'époque actuelle n'est qu'un stade dans l'évolution de l'écorce terrestre et on le connaît par le biais des roches qui constituent sa surface, et on étudie les mécanismes de leurs formations. Auparavant, les roches magmatiques et les roches métamorphiques forment 95% de la lithosphère et seulement 5% des roches sédimentaires dont les roches ignées représentent environs de 52% d'entre eux au monde (**MORET, 1967**).

Mais actuellement, après les divers phénomènes géologiques successifs (désagrégation, érosion,...) qui affectent les roches préexistantes, les roches exogènes couvrent 75% et les roches ignées 25% de sa superficie totale de la terre.

II.1 Définition de roches magmatiques

Tout d'abord, on appelle « roches » tous matériaux de l'écorce terrestre autre que l'eau et la glace, constituée par l'assemblage des minéraux cristallins ou amorphes, ayant le même caractère dans une vaste étendue (**COVERING, 1995**).

Selon leurs origines, leurs dispositions sur terrain et l'arrangement des minéraux constitutifs, les roches peuvent être classées en trois grandes catégories : roches magmatiques, roches sédimentaires et roches métamorphiques.

Les roches magmatiques sont des roches résultantes de la cristallisation du magma. Elles sont d'origine interne ou « endogènes » c'est -à-dire prenant naissance à l'intérieur de la terre. On désigne aussi roches « **ignées** » parce qu'elles sont liées à la profondeur et « **intrusives** » car elles s'installent comme des intrus. Autrement dit, elles sont dénommées roches éruptives, ayant formées à partir d'une éruption volcanique dans le cas des roches d'épanchement ou roches de surface (**FOUCAULT, et al., 2005**).

I.2 Caractéristiques de roches magmatiques

I.2.1 Caractères généraux

- Ce sont des roches de profondeur c'est -à-dire leurs éléments constitutifs proviennent partiellement ou totalement dans la partie interne du globe terrestre et sont disposées en massif, en filon ou en enclave (**CHABOU, 2015**).
- Elles ne renferment jamais de fossiles et il n'y a aucune stratification (déformation So), sauf les granites stratoïdes interstratifiés dans les roches métamorphiques présentent une stratification.

C'est la seule catégorie de roche qui prenant naissance à partir d'une matière très chaude, fondue à la profondeur du globe terrestre dit « **magma** » (**PARAT, 2015**). Ce sont des roches holocristallines, cristallines, massives et sa texture est parfois équante (sans orientation).

D'ailleurs, leur dégradation présente encore sous forme de débit en boule (comme boules de granite).

Au cours du métamorphisme, cette intervention mécanique résulte à avoir une roche feuilletée, cristalline, ayant une apparence des roches cristallophylliennes.

I.2.2 Age des roches magmatiques

On peut déterminer l'âge absolu des roches magmatiques par l'application des méthodes des désintégrations radioactives en utilisant le couple d'isotope Uranium /Plomb et Uranium/Hélium (**RITMANN, 1963**).

En principe, l'âge relatif est indiqué comme suit :

- une roche magmatique est plus récente que le terrain qu'elle traverse (filon) ou qu'elle déplace (laccolite), quand elle a absorbé des fragments (enclave), ou qu'elle a modifié par contact (**FOUCAULT, et al., 2005**).
- elle est plus ancienne que le terrain qui la recouvre et qui en renferme des fragments remaniés (**FOURMARIER, 1949**).

I.3 Processus magmatique

I.3.1 Définition du magma

C'est un bain naturel fondu d'origine profonde, de nature silicaté ou aluminosilicaté de température supérieure à 600°C qui donne des roches par solidification en montant vers la surface de la lithosphère (**FOUCAULT, et al., 1992**).

I.3.2 Constitution chimique du magma résiduel

Le magma est un liquide constitué des silicates avec un point de fusion supérieur à 1000°C, des substances volatiles dont le point critique est inférieur à 500°C, de l'eau et des oxydes.

Les substances volatiles (dioxyde de carbone, fluore, chlore, bore,...) à faible proportion participent à la minéralisation des minéraux pyrogènes et pneumatogènes en conservant leur fluidité même à une température relativement basse (**CHABOU, 2015**). En tenant compte de

leur composition chimique, il existe deux grandes catégories, ce sont : le magma granitique et le magma basaltique (tableau I).

Tableau I : Tableau comparatif de deux types de magma

Types de magma Caractéristiques	Magma granitique	Magma basaltique
Natures	acide	basique
Origine	20 à 30 km sous les continents	40 km sous les continents
Viscosité	forte	faible
Composition chimique	- riche en silice - pauvre en ferromagnésiens	- pauvre en silice - riche en ferromagnésiens
Vitesse d'ascension à la surface du globe	très lente	rapide
Roches formées	roches holocristallines plutoniques granitoïdes et roches volcaniques (rhyolite)	gabbro, basalte

I.3.3 Fusion partielle

Les magmas ont une double origine :

- ❖ d'une part provenant de la zone plus ou moins profonde du manteau désigné sous le nom « **magma primaire** » dans la chambre magmatique,
- ❖ d'autre part par la fusion partielle des roches préexistantes dites « **magma d'anatexie** » comme le cas du granite d'anatexie.

La fusion partielle est un processus à la fois chimique et géologique entre les espèces minérales, durant laquelle certains minéraux des roches lithosphériques ou mantelliques se fusionnent. Dans ce cas, seuls certains minéraux atteignent leur point de fusion mais d'autres non, et entre les cristaux qui ne sont pas encore fondus, il y a la formation du liquide magmatique (CAILLEUX, 1976).

C'est aussi un ensemble des réactions chimiques intervenant les paramètres thermodynamiques (température et pression) et la composition minéralogique des roches initiales qui permettent de produire simultanément un minéral solide et un liquide magmatique (FOUCAULT, *et al.*, 1992). On en déduit que les magmas se forment dans des

zones différentes par fusion partielle des roches. Par exemple : le magma basaltique provient de la fusion partielle de la péridotite du manteau par la décompression de l'asthénosphère.

I.3.4 Cristallisation et consolidation des magmas

a) Cristallisation fractionnée

En 1928, N. BOWEN et ses collaborateurs ont établi les lois fondamentales de la cristallisation des magmas pour connaître les relations entre les différentes roches magmatiques.

L'apparition des silicates s'échelonne dans un intervalle de température entre 500 et 1500°C, les minéraux ne cristallisent pas en même temps. (JUNG, 1963)

Elle consiste à séparer le liquide silicaté et les minéraux initialement formés. La formation des espèces minérales suit un ordre en fonction de la température de cristallisation s'appelle « SUITE REACTIONNELLE DE BOWEN ». La figure 4 indique la cristallisation fractionnée des minéraux.

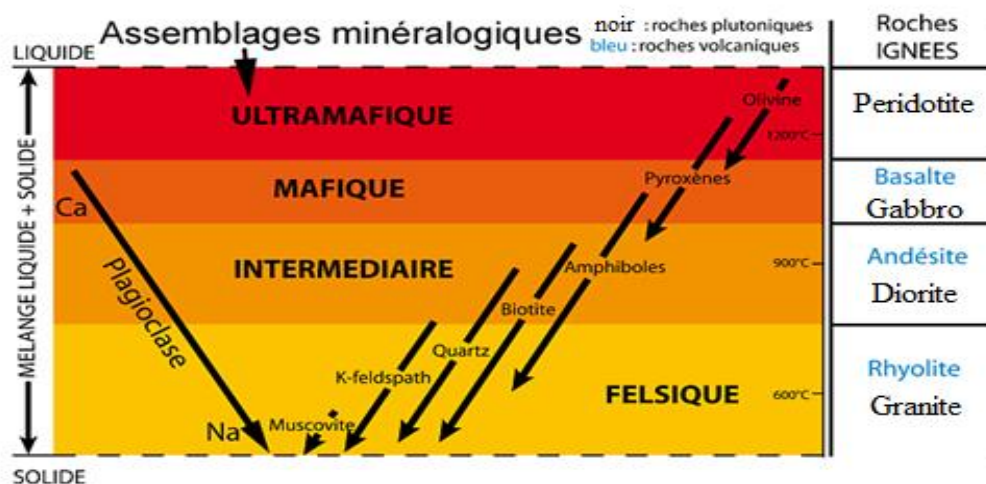


Figure 4: Cristallisation fractionnée des minéraux des roches magmatiques

Source : web 2 consulté le 13/01/16

Dans ce cas, ce sont les minéraux de roches basiques comme l'olivine, le pyroxène se forment en premier et suivit à ceux des roches acides : plagioclase acide, orthose et enfin le quartz.

Pour le magma hypersilicieux, c'est l'olivine, stable à haute température s'est cristallisé en premier, détruit au fur et à mesure que la température diminue brusquement. Puis, il est remplacé par l'hypersthène. Ensuite, ce dernier se déstabilise à son tour à une température

plus basse encore pour être remplacé par l'amphibole, puis la biotite. Enfin, le produit final de cette suite réactionnelle est le quartz, cristal plus stable riche en silice.

I.4 Mode de gisement des roches magmatiques

Il désigne l'organisation générale des ensembles des roches magmatiques en fonction de la nature.

Les roches magmatiques peuvent subdiviser en trois grands groupes selon leur mise en place, ce sont : les roches plutoniques ou intrusives, les roches filoniennes ou semi-profondeur et les roches volcaniques ou roches effusives (à la surface) **(RAHARIVELO, 2004)**.

I.4.1 Les roches plutoniques

Les roches plutoniques (vient du mot pluton : Dieu des espaces souterrains) ou roches intrusives ont pris naissance en profondeur sans venir au jour que sous l'action de l'érosion ou la tectonique. La vitesse de refroidissement est très lente et s'effectue entièrement à l'abri de l'air. Elle forme un grand massif plus ou moins arrondi à une surface importante pouvant atteindre dizaine de milliers de Km² et de largeur à l'ordre de dizaine de kilomètre **(CAILLEUX, 1976)**.

Elles sont constituées généralement par des roches grenues formées par de gros cristaux et s'installent comme intrusives, soit écarté, soit digéré les roches préexistantes en formant les batholites.

I.4.2 Roches filoniennes ou roches de semi-profondeurs

Ces types de roche sont formés dans une profondeur intermédiaire entre les roches plutoniques et les roches volcaniques.

Dans ce cas, il y a pénétration de magma dans les formations pour remplir les fissures qui les recoupant sous forme de filon, dykes ou de gros massif plutonique formant de lentille de plusieurs kilomètres intercalant entre les couches dites laccolites.

Les roches de semi-profondeur sont composées par des roches microgrenues et des pegmatites. Ce type de gisement rassemble les roches hypo-volcaniques et les roches péri-plutoniques **(GUILLEMOT, 1986)**.

I.4.3 Roches volcaniques

Les vulcanites (vient du vulcain : Dieu des volcans et des forgerons) ou roches effusives, dont leur mode de gisement se fait au cours d'une éruption volcanique **(CHABOU, 2015)**. La

vitesse de refroidissement est très rapide et monte progressivement en surface en donnant les roches d'épanchement à structure microlithique et vitreuse. Ce sont l'explosion sous-marine ou « pillow-lavas », dôme volcanique, les tephres et les roches pyroclastiques. En effet, les granitoïdes (à 70-75% de SiO_2) représentent aux environs 90% de roches plutoniques ; et 90% de roches volcaniques sont des Basaltes (à 50-55% de SiO_2) (FOUCAULT, *et al.*, 1992). Ces modes de gisement sont illustrés par la figure 5.

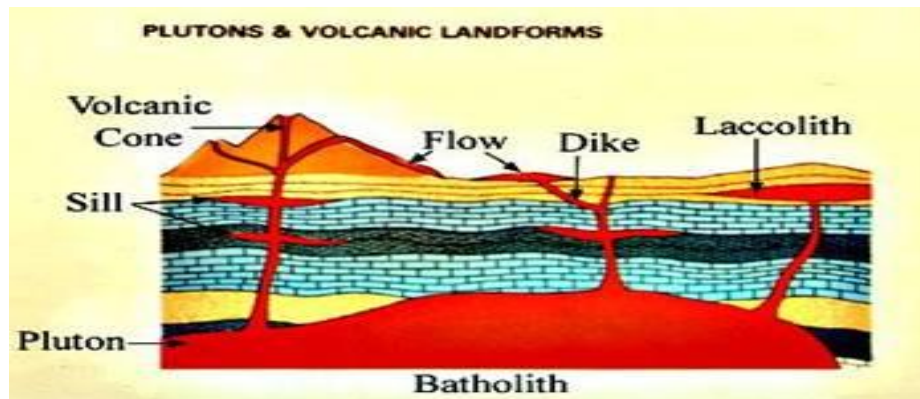


Figure 5 : Mode de gisement des roches magmatiques

Source : web 3 consulté le 12/03/16

I.5 Composition chimique et minéralogique des roches magmatiques

I.5.1 Composition chimique

Les roches magmatiques sont formées par divers éléments ioniques tels que : l'Oxygène des Oxydes (50%), le Silicium de la Silice et des Silicates (26%), l'Aluminium des aluminosilicates (7,5%), le Calcium et le Potassium de Silicate alcalin (4,7%) et l'ion Hydrogène (1%) et le Sodium pour le reste (MORET, 1967).

Les résultats des analyses chimiques d'une roche magmatique sont souvent exprimés sous forme d'Oxyde. Les éléments constitutifs sont classés en trois grandes catégories selon la proportion d'Oxyde :

- **Les éléments majeurs** qui sont : SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; MgO ; CaO ; Na_2O ; K_2O ; TiO_2 et les éléments volatiles, classés suivant l'ordre décroissant des valences des cations, représentant 99% de la composition chimique de roche.
- **Les éléments mineurs** : MnO et P_2O_5 ayant comme teneur de 0,1 à 1% en masse d'Oxyde permettant de déterminer l'origine des magmas et la nature des roches.
- **Les éléments en trace** : très faible valeur 0,1% seulement dont leur expression est en partie par million (ppm) comme les terres rares; les alcalino-terreux et alcalins; et les éléments de transition.

I.5.2 Composition minéralogique

Les roches magmatiques sont constituées par l'assemblage des plusieurs minéraux de nature et de compositions chimiques différentes (**PARAT, 2015**). Ainsi, on y distingue en :

- ✓ minéraux cardinaux (65-80%) : ce sont des minéraux clairs de faible densité aux environs de 2,6 ; contenant essentiellement des silices et des ions Na^+ , K^+ , et Ca^{2+} . Ce sont le quartz, les feldspaths et les feldspathoïdes. Ils sont importants pour la classification des roches magmatiques en déterminant les familles et les sous-familles à l'intérieur.
- ✓ minéraux essentiels (15-25%) : ce sont les minéraux ferromagnésiens de couleurs sombres et de densité 3 à 3,5 (lourds). Ce sont les micas, les amphiboles, les pyroxènes et les olivines ou périclites. La proportion de ces minéraux détermine la couleur des roches.
- ✓ minéraux accessoires ou accidentels (1%) : ce sont des minéraux à faibles teneurs permettant de préciser les noms de roche, comme la tourmaline, la magnétite, le zircon, le sphène et l'orthite, ...

I.6 Classification des roches magmatiques

Les roches magmatiques sont très abondantes, pour pouvoir les classer, il y a deux manières à établir (**FOUCAULT, et al., 2005**).

I.6.1 Classification naturelle

C'est une classification simple et abrégée basée sur la composition minéralogique sans tenir compte leurs proportions en indiquant les familles, les sous-familles et les teintes des roches, leurs modes de gisement en donnant leurs structures.

Selon leurs compositions minéralogiques, on a :

I.6.1.1 Classification selon la présence ou absence des minéraux claires ou felsiques

On peut déterminer le degré saturation des roches en silice et on distingue:

- les roches à feldspaths et à quartz : roches sursaturées en silices
- les roches à feldspath sans quartz, ni feldspathoïdes : roches saturées en silice
- les roches à feldspaths et à feldspathoïdes
- les roches à feldspathoïde seuls : roches sous-saturées.

C'est la proportion des silices contenant dans les roches qui définit son acidité, à savoir:

- ✓ les roches acides ou roches felsiques : $\text{SiO}_2 > 65\%$
- ✓ les roches intermédiaires ou neutres : $52\% < \text{SiO}_2 < 65\%$
- ✓ les roches basiques ou roches mafiques : $45\% < \text{SiO}_2 < 52\%$
- ✓ les roches ultrabasiques ou roches ultramafiques : $\text{SiO}_2 < 45\%$

En outre, on peut distinguer aussi ses familles en fonction de la nature des Feldspaths, on a :

- ❖ roches à feldspaths alcalins seuls : roches alcalines,
- ❖ roches à feldspath potassique et plagioclase : roches calco-alcalines,
- ❖ roches à plagioclase seulement : roches calcosodiques (**JUNG, 1963**).

1.6.1.2 Classification en fonction de la proportion des minéraux sombres ou mafiques

La quantité des minéraux ferromagnésien ou minéraux sombres dans les roches permet de préciser ses couleurs, et on peut subdiviser en :

- roches hololeucocrates ou roches très claires : minéraux sombres sont des 5 à 10%.
- roches leucocrates ou roches claires : minéraux sombres sont des 10 à 35%.
- roches mésocrates ou intermédiaires : minéraux sombres sont des 35 à 65%.
- roches mélanocrates ou roches sombres : minéraux colorés sont des 65 à 95%.
- roches holomélanocrates ou roches très sombres : si les minéraux colorés sont des 95 à 100%.

1.6.1.3 Classification en fonction de la structure

Cette classification se fait aussi en fonction de l'architecture, le mode d'agencement des minéraux qui les constituent ou la structure, en parallèle avec leur mode de gisement. On distingue quatre principales structures des roches magmatiques, qui sont :

➤ Structure grenue

Dans ce cas, la vitesse de refroidissement du magma est très lente, donc tous les minéraux ont le temps de se cristalliser et leurs grains sont bien visibles à l'œil nu. Ces minéraux sont entièrement cristallisés, et qui constituent les roches holocristallines de grande profondeur. Selon la taille des minéraux, on distingue :

- Structure grenue normale : c'est la structure microcristalline la plus typique, dont les minéraux présentent à peu près la même taille aux environs de quelques millimètres.
- Structure grenue porphyroïde : caractérisée par un développement de phénocristaux de Feldspath sur le fond grenue.

- Structure pegmatitique : les cristaux sont gigantesques, leurs dimensions moyennes sont de quelques cm et peuvent atteindre jusqu'à plusieurs dm. Tous les minéraux sont supérieurs à 2cm.

➤ **Structure microgène**

Cette structure est caractérisée par une cristallisation rapide des minéraux. Les roches sont constituées des petits minéraux à grains fins, à peine visible ou voir même non à l'œil nu.

Il s'agit de la structure porphyrique si les phénocristaux de Feldspath ont cristallisés lentement dans une pâte fluide et il y a une double phase de cristallisation de magma.

Elle représente les roches filoniennes de gisement semi-profondeur (**FURON, 1965**).

➤ **Structure microlitique**

C'est une structure spécifique des roches volcaniques ou roches de surface. Elle s'est définie par l'extrême abondance des petits cristaux microscopiques de Feldspath automorphe appelée « microlite ». Et on distingue en : structure microlitique aphanitique et structure microlitique porphyrique.

➤ **Structure vitreuse**

La structure vitreuse ou structure hyaline est caractérisée par l'absence des cristaux formés mais prédominance de verre. Ces structures sont récapitulées sur l'annexe XIII.

Le tableau représentant la classification naturelle des roches magmatiques est représentée sur l'annexe II.

I.6.2 Classification internationale

Il existe plusieurs types de classification des roches magmatiques basées sur la composition chimique et minéralogique. Mais la classification universelle recommandée par l'UISG : Union Internationale de Sciences Géologiques est la classification de Streckeisen en 1974 et le diagramme de TAS.

I.6.2.1 Classification de Streckeisen

Cette classification est adoptée en fonction des quantités des minéraux felsiques et des minéraux mafiques représentés à l'aide de 2 diagrammes triangulaires. Elle est utilisée pour classer les roches ignées.

- Pour les roches felsiques : $M < 90\%$ (Streckeisen 1973, 1976), on peut les classer à l'aide des proportions relatives des minéraux felsiques, avec M : minéraux mafiques.

En général, elle est basée par la teneur des minéraux claires ou minéraux cardinaux : Quartz, feldspaths et feldspathoïdes (abrégée en Foïdes). Ces minéraux sont abondants tandis que les minéraux sombres ou ferromagnésiens M ne représentent que moins de 10%. Les sommets de deux diagrammes QAPF sont occupés par :

- Q : quartz pour les roches sursaturées en silice ou feldspath
- A : feldspaths alcalins : orthose, microcline, sanidine et albite
- P : Plagioclase ou Feldspath calcosodique
- F : feldspathoïdes abrégées en Foïdes pour les roches sous-saturées en silice.

Les deux triangles se réunissent par la ligne A-P. Puis, le Quartz et les Feldspathoïdes se situent aux sommets opposés donc il n'y a aucune roche qui les contient ensemble.

- Si $M \geq 90\%$, il s'agit d'une roche ultramafique (Streckeisen 1978, 1979) et elles sont classées selon leurs taux des minéraux mafiques qui sont l'olivine, les pyroxènes,

l' hornblende, la biotites, le grenat et le spinelle (en faibles quantités) (**LE MAITRE, 2002**).

La classification de Streckeisen est représentée par la figure 6 et figure 7.

CLASSIFICATION IUGS
(International Union of Geological Sciences)

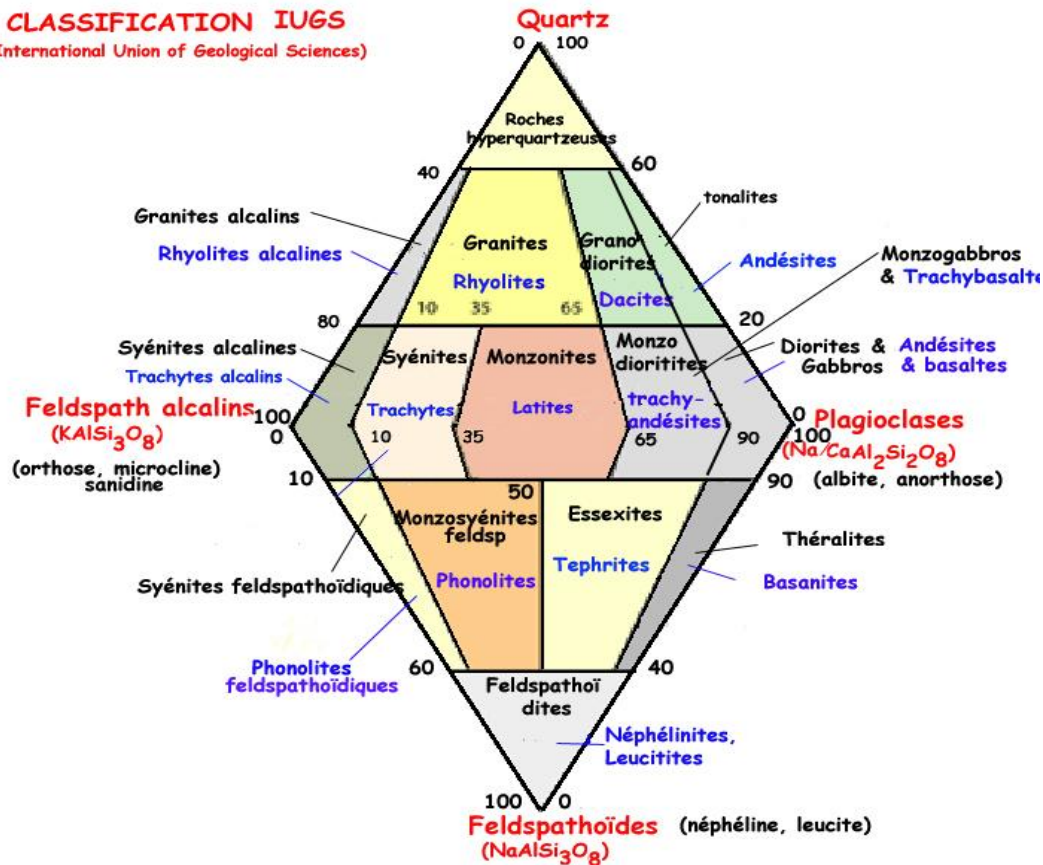


Figure 6 : Classification des principales roches magmatiques selon Streckeisen en 1976

Source : web4 consulté le 10/03/2016

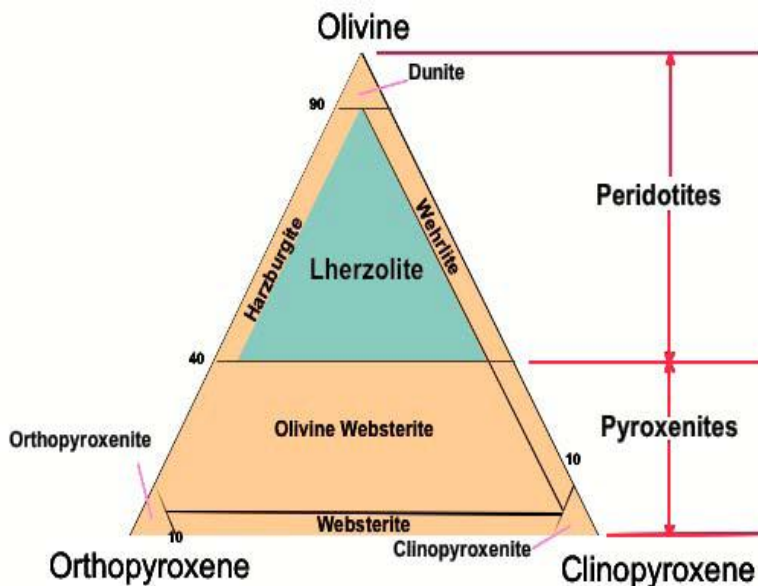


Figure 7 : Classification modale des roches ultramafiques d'après I.U.G.S, Subcomission on the systematics of Igneous Rocks (Streckeisen 1976)

Source : PARAT F. 2015. Pétrologie Magmatique. Géosciences. Montpellier. pp2.

I.6.2.2 Diagramme de T.A.S

Le diagramme de TAS : Total Alcalis Silica est propre pour la classification des roches volcaniques. Elle est basée sur l'analyse géochimique de la roche en se référant sur les valeurs de Na_2O , K_2O et SiO_2 , c'est-à-dire selon leurs saturations en général, mais dans certains cas on peut étudier la teneur de MgO et FeO pour mieux préciser le nom exacte des roches. Elle est adoptée par Bas, Streckeisen (1991) et Sabine et al en 1985 pour subdiviser les roches métavolcaniques de faible grade et altérées. En effet, c'est une classification purement descriptive en séparant les roches de séries tholéitiques, séries alcalines et séries hyperalcalines (CHABOU, 2015).

Le diagramme de TAS est indiqué sur la figure 8.

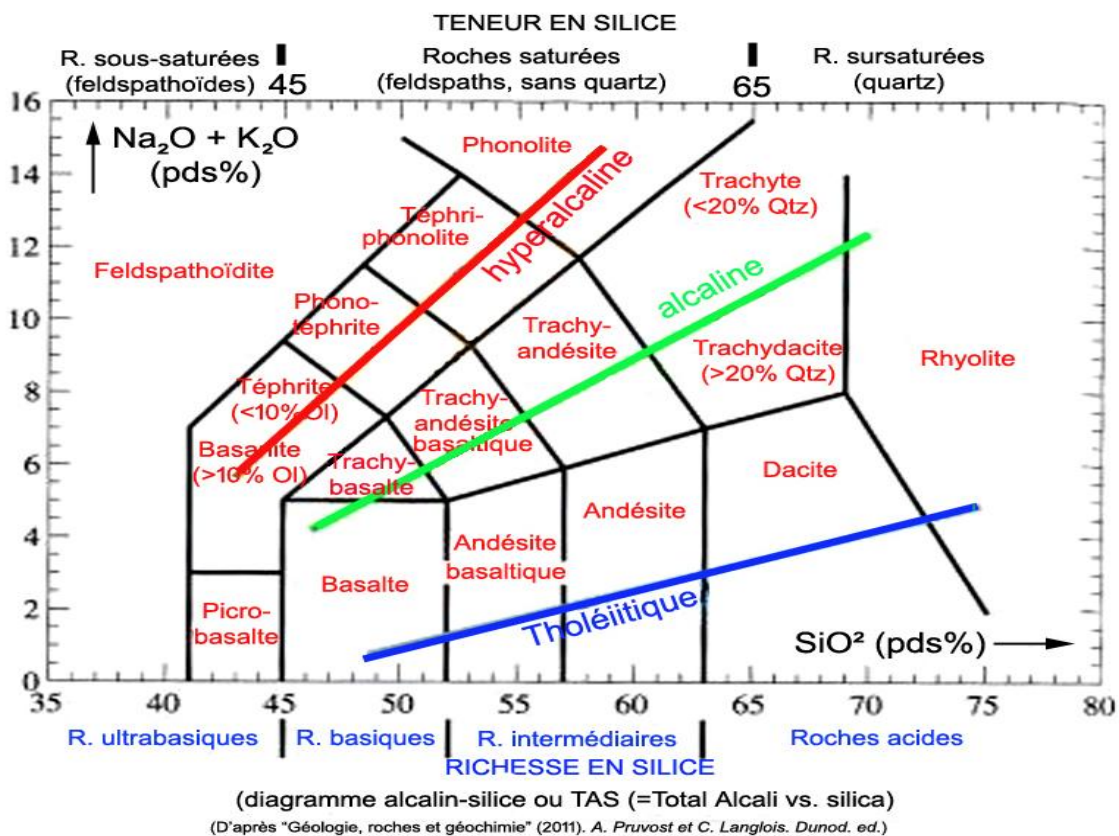


Figure 8 : Classification des roches volcaniques (Diagramme de TAS, Le Bas et al. 1986)

Source : web 5 consulté le 10/03/2016

La géologie des roches magmatiques sont donc basées sur l'origine, la structure et la composition chimique.

III. GENERALITES SUR LA GEOLOGIE DE MADAGASCAR

Par sa superficie 587.040 Km², qui s'étend du Nord au Sud avec une longueur de 1570Km, et sa largeur de 575Km de l'Est à l'Ouest, Madagascar se place à la 4^{ème} île du monde (**GAF, et al., 2005**). Cette grande île est formée par du socle Précambrien qui occupe essentiellement les deux tiers (2/3) orientaux de l'Ile, et des formations sédimentaires Phanérozoïques de la côte Ouest couvrant les tiers restants.

II.1 Le socle cristallin malgache

Ce socle précambrien est fortement plissé et constitué par des roches métamorphiques et des roches magmatiques. D'après la dernière mise à jour apportée sur par le PGRM le 28 et 29 Juin 2012, le socle est subdivisé en 6 domaines bien distinct (**DELOR, et al., 2012**).

II.1.1 Le domaine d'Antogil-Masora

Ce domaine se situe sur la partie Nord-Est et extrême Nord du socle (**COLLINS, 2006**). Il est interprété comme un fragment du craton de Dharwar en Inde, d'âge Méso-archéen, et se subdivise en deux sous-domaines, qui sont : le sous-domaine d'Antogil (entre la presque île de Masoala et baie d'Antogil) et le sous-domaine de Masora (Antalaha-Fénérive Est). Il est constitué par : Othogneiss Migmatitique ou TTG, Paragneiss, Gneiss, Schiste Psamnitique, Schiste vert, Quartzite, Komatiites, roches basiques et ultrabasiques traversées par des suites magmatiques : Imorona-Itsindro et Ambalavao-Kiangara-Maevarano.

II.1.2 Le domaine d'Antananarivo

Ce domaine est très similaire à la partie orientale du craton de Dharwar. C'est la plus grande unité tectonique du socle, d'âge Néoarchéen couvrant l'ossature centrale et est constitué par des Migmatite, Schistes, Gneiss et Granitoïdes stabilisé dans un faciès amphibolite à granulite. Il comprend:

- formations d'âge Néoarchéen : Suite de Betsiboka, Suite de Betsiboka, groupe de Sofia et groupe de Vondrozo, Complexe de Tsaratanana ou ceintures de roches vertes. Après, il y a le métamorphisme d'âge 2,5Ga.
- formations d'âge Paléoproterozoïque : groupe d'Itremo ou la SQC
- formations d'âge Mésoproterozoïque : groupe de Manampotsy et groupe d'Ambatolampy.

Puis, ce domaine est recoupé par les suites d'Imorona-Itsindro et d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano.

II.1.3 Le domaine d'Ikalamavony

Ce domaine se localise entre le domaine d'Antananarivo et le domaine Anosyen-Androyen : c'est la limite entre la croûte Archéenne au Nord et les terrains Paléoproterozoïque au Sud. Il est caractérisé par les formations volcano-sédimentaires entre 1,03Ga-0,98Ga et la suite de Dabolava daté de 1Ga. Il contient : Schistes, Quartzite, et Cipolin, mélange de roches métavolcaniques et métasédimentaires (**DELOR, et al., 2012**).

Les suites magmatismes sont marqués par la suite de Dabolava (1Ga) et la Suite d'Imorona-Itsindro (820Ma-760Ma) et son charriage sur le domaine d'Antananarivo est montré par l'épisode tectono-métamorphique majeur autour de 550Ma, 9Kbar/700°C.

II.1.4 Le domaine Anosyen-Androyen

C'est le domaine le plus méridional du socle, formant un substratum d'âge Néoproterozoïque (2Ga-1,8Ga). Et ils sont séparés par une suture majeure, interprétés comme une seule et même entité géologique recoupée par une zone de cisaillement intradomaine. En effet, il est subdivisé en Sous-domaine Anosyen et Sous-domaine Androyen connus par sa « structure en forme de fleur ».

II.1.5 Le domaine de Vohibory

Il occupe la partie Sud-ouest de Madagascar, et se trouve à l'Ouest de la série graphiteuse d'Ampanihy, avec une longueur de 120km et une largeur de 50km. On peut considérer comme domaine « **exotique** » constitué par l'intercalation de metabasaltes, de roches volcaniques acides à intermédiaires et d'une séquence de roches métasédimentaires chimiques et terrigènes d'origine océanique. Ce domaine est daté au début de l'Ediacarien (630Ma), et présentant plusieurs similarités lithologiques et géochimiques avec le nappe de Cabo Del Gado à Mozambique. Puis marqué par un seul événement orogénique entre 620Ma et 600Ma : c'est la collision au sous-domaine Androyen.

II.1.6 Le domaine de Bemarivo

Il se trouve sur l'extrême Nord du socle, constitué par un arc magmatique d'âge Cryogénien (750Ma-740Ma) et charnié sur les métasédimentaires Paléoproterozoïque de faciès Amphibolites à granulite. Il est constitué au Nord par l'Orthogneiss, formation volcano-sédimentaire, par des formations métasédimentaires et granites tardifs au Sud. Ce domaine est traversé par la suite de Maevarano et la suite de Manambato (550Ma-520Ma) : Suite d'Ambalavao. C'est le plus jeune bloc du socle précambrien (**Collins et Windley, 2006**).

Les 6 domaines du socle cristallin et la couverture sédimentaire sont indiquées par la figure 9.

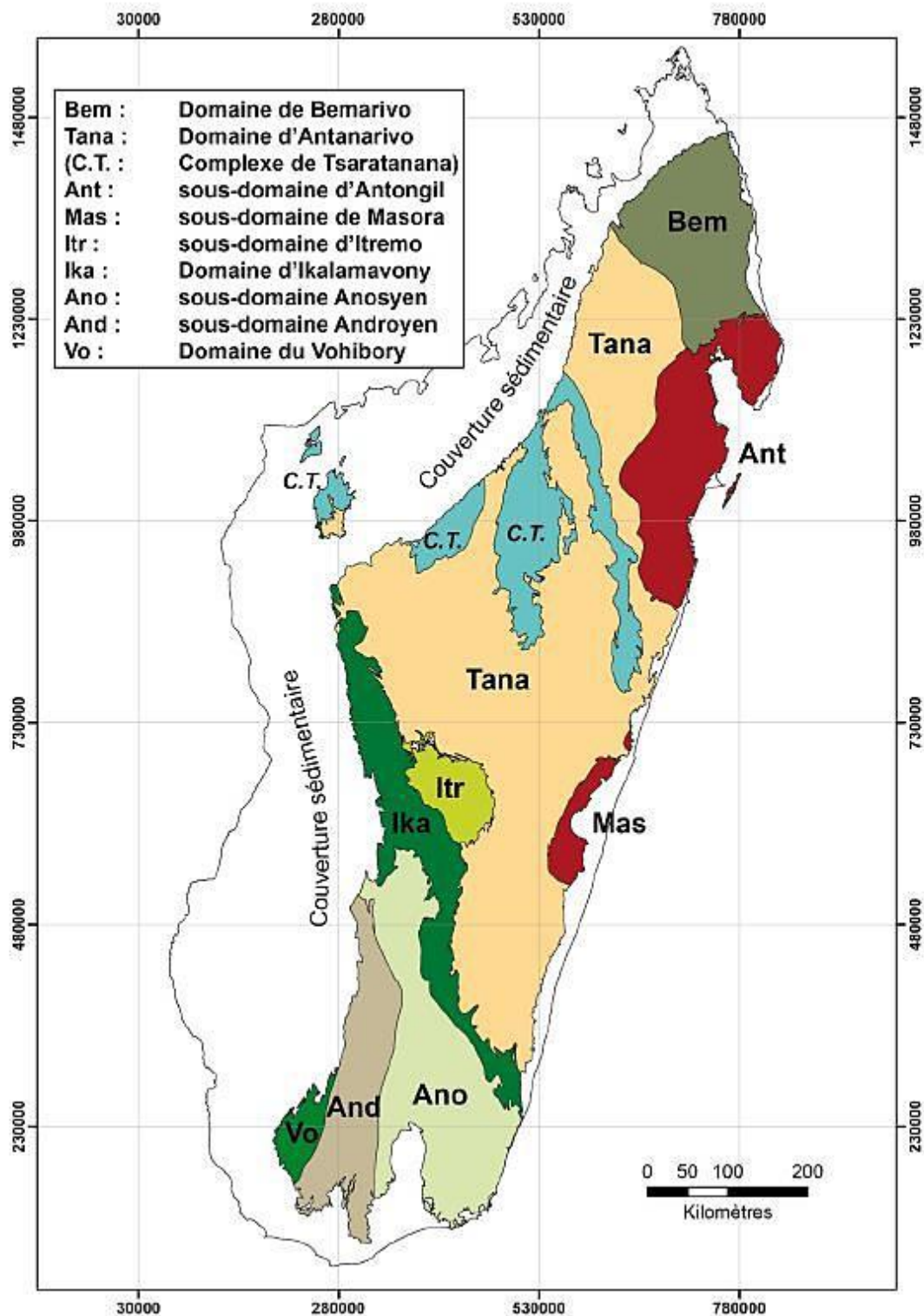


Figure 9 : Les domaines du socle cristallin malgache et la couverture sédimentaire, d'après les résultats du P.G.R.M en 2012 à l'échelle 1/1.000.000

Source : Publication des résultats du PGRM 2012

II.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 actuel, caractérisée par son inclinaison faible vers le canal de Mozambique (pendage 10°) et sa structure ne 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 presqu'île d'Ampasindava) à l'Ouest.
- ❖ Le bassin du Majunga : se trouve entre la presqu'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 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).

En outre, il y a le bassin côtier oriental qui se localise entre Vohémar-cap Masoala et Mahanoro-Mananjary.

En général, les formations sédimentaires se distinguent en deux grandes formations: KARROO et POST-KARROO.

II.2.1 La formation KARROO (Carbonifère Supérieure-Jurassique Moyen)

Cette formation comprend 3 subdivisions, de bas en haut on a : le groupe de la SAKOA, groupe de SAKAMENA et groupe de l'ISALO.

Le massif ruiniforme de l'Isalo-Ranohira (P.K 91 au Sud d'Ihosal vers Tuléar)

C'est une formation sédimentaire très caractéristique de la région du Sud conservée en Parc National et caractérisée par des Grès entrecroisée et des Schistes argileux. C'est un massif spectaculaire de grès érodé datant du Trias qui s'étend près de 82 000Ha (**PONCELET, 2012**), 180Km de long avec son altitude varie entre 1304m (au Sud) et 514m (au Nord). Il appartient à la formation sédimentaire, formation Karroo, Groupe de l'Isalo (Isalo I), dans le bassin de Morondava (partie Sud) et Groupe de Sakamena (Sakamena Moyen).

A l'échelle de l'affleurement, il ya la présence de carapace sableuse provenant de l'altération des roches sédimentaires montrant la formation récente tandis qu'aucun fossile ne trouvait. Les terrains sédimentaires Malagasy sont généralement faillés, c'est la raison pour laquelle la formation de l'ISALO est très faillée avec une direction générale Nord-Sud vers le canal de Mozambique.

Cette faille est observée sur terrains par des escarpements en forme « hémi-graben » : au-dessous des failles normales, se place les dépôts sédimentaires. Et suivant la fracturation se développe des profonds canyons étroits (**BATTISTINI, 1996**).

II.2.2 La formation POST-KARROO (Jurassique Supérieur-Actuel)

Elle est caractérisée par un faciès marin déposant des formations marines durant la séparation de Madagascar avec l'Afrique (**COLLIGNON, *et al.*, 1960**).

PARTIE II :
MATÉRIELS
ET
MÉTHODES

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE I : MATERIELS D'ETUDE

Lors de la réalisation de ce travail on a utilisé divers matériels et on peut les distinguer en :

I. MATERIELS UTILISES SUR TERRAIN

Pour travailler sur terrain, il y a des instruments absolument indispensables, qui sont:

- ✓ **La jumelle:** comprenant deux oculaires sur lesquels ont mis les yeux afin d'observer les affleurements à une longue distance (figure 10).



Figure 10 : Jumelle

- ✓ **G.P.S ou Global System Position** : qui permet de préciser les coordonnées géographiques d'une région c'est-à-dire la latitude, la longitude et l'altitude.
- ✓ **Des cartes:**
 - 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 étudiés comme la carte géologique d'Antananarivo-Manjakandriana (annexe I), carte géologique de l'Ibity, carte géologique de Madagascar à 1/1000000 et carte des principaux miniers de Madagascar.
- ✓ **La boussole géologique**, utilisée 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 : faille, décrochement, cisaillement,

Ce matériel est indiqué par la figure 11 et est constitué par divers éléments :

- trois aiguilles de couleurs différentes dont le rouge détermine le Nord magnétique, blanche (calibrée avec le rouge) et noire (indique l'angle de pendage)
- une graduation de 0 à 360°
- une ligne qui sert à lire l'angle dite « ligne de Mire »
- un rose des vents qui indique la direction et le sens de pendage.



Figure 11 : Boussole géologique

Source : Photo de l'auteur

La technique d'utilisation de cet instrument est détaillée dans le chapitre méthodologie.

- ✓ **Un stylo à bille et un bloc note** utilisés pour prendre des notes et tous les renseignements à propos de la région ou carrière étudiée comme les coordonnées, les caractères pétrographiques, l'âge et l'histoire géologique. Il peut servir encore en échelle.
- ✓ **Le marteau géologique** (figure 12) qui possède une masse et une pointe en acier dure, pour casser, briser, piquer et attirer les blocs de roche dans le but d'obtenir des échantillons en bonnes qualités et frais. Il sert aussi en échelle pour l'affleurement.



Figure 12 : Marteau géologique

Source : Photo de l'auteur

- ✓ **La loupe** : c'est un matériel de grossissement servant pour identifier et distinguer les espèces minérales présentes dans une roche échantillonnée s'ils sont possibles de discerner à l'œil nu. Ce qui permet de déterminer provisoirement le nom d'une roche sur terrain.
- ✓ **Un marqueur** pour distinguer les échantillons à l'aide des numérotations et signes particulière pour pouvoir les arranger.
- ✓ **Une pièce de monnaie de 50Ar**, comme une échelle sur l'échantillon collectée.
- ✓ **Bac à échantillon**, le plus souvent en sac plastique pour la collection des échantillons.

Notons que la pluparts de ces matériels sont propres aux Géologues.

II. MATERIELS DE LABORATOIRE

Pendant l'étude au laboratoire ; on a utilisé : machine à polisseuse, scie et verre, poudre AFNOR 100 pour le surfaçage et poudre AFNOR 800 pour le polissage, règle gradué, des lames minces, colle géofixe et microscope polarisant (figure 13).



Figure 13 : Microscope polarisant

Source : Photo de l'auteur

III. MATERIELS D'ENREGISTREMENT

Lors de la réalisation de ce mémoire, les matériels d'enregistrement sont des appareils informatiques y compris l'appareil photos et l'ordinateur.

- ❖ **L'appareil photo** : pour l'enregistrement de la région étudiée à l'aide de photos. C'est un moyen pour lequel peut rapporter les informations sur l'affleurement, le paysage sur terrain et surtout les microphotographies au microscope sur l'ordinateur.
- ❖ **L'ordinateur**, utilisé pour le traitement et collecte des bases de données pour la rédaction du contenu du mémoire par des logiciels : Microsoft Word et Microsoft Excel.

CHAPITRE II : METHODES

Lors de la réalisation de ce travail, plusieurs méthodes ont été adoptées.

Tout d'abord, la recherche bibliographique, ensuite la descente sur terrain accompagné de l'échantillonnage et enfin l'étude au laboratoire.

I. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

C'est une étude préliminaire qui consiste à la recherche des documents concernant le thème du mémoire. Pour se faire, on a consulté des livres, des ouvrages et des cartes géologiques au sein des bibliothèques et de centre de documentation. Parmi eux, il y a : la bibliothèque de l'Ecole Normale Supérieure à Ampefiloha-Antananarivo, la bibliothèque Nationale Anosy-Antananarivo, la bibliothèque de Géologie à Ampandrianomby, bibliothèque de l'I.G.M (Institut de Gemmologie de Madagascar) à Ampandrianomby, la bibliothèque Universitaire Ankatso, le Centre d'Information et de Documentation Tsimbazaza (C.I.D.S.T) et le Centre d'Information Technique et Economique (C.I.T.E) Ambatonakanga. En outre, on a fait des recherches sur internet.

II. L'ETUDE SUR TERRAIN

- Cette étape consiste à collecter au maximum tous les bases de données indispensables pour élaborer un livre de mémoire. Les travaux sur terrain permettent de définir la localisation du site d'étude. Puis, on a observé son aspect général tant du plus proche (à l'échelle d'affleurement) que du plus loin (à l'échelle de paysage).
- Ensuite, on va passer sur l'échelle d'affleurement, et noter la superficie probable de la région ou carrière à étudier à l'aide du cahier de note et on va prendre des photos pour enregistrer les images. Et on utilise des cartes topographiques et géologiques.

De plus, une carte de Madagascar devrait être nécessaire pour pouvoir localiser le site d'étude. Dans notre travail, ce site est situé sur l'axe Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo. Il se trouve sur la RN7 : Antananarivo-Tuléar en passant par Isalo et sur la RN35 : Ivato (Ambositra)-Ambatofinandrahana.

Les suites magmatiques qui ont été rencontré sur cet axe d'étude sont :

- le granite d'Ambatomiranty qui traverse le socle du groupe d'Antananarivo, série d'Ambatolampy.
- le granite d'Ilaka recoupe la série d'Ambositra à l'Est et la partie supérieure du groupe de l'Itremo à l'Ouest, domaine d'Antananarivo.

- les granites d'Ambatomarina traversent le groupe de l'Itremo (SQC).
- les granites d'Ambalavao marquant la limite entre le domaine d'Antananarivo (au Nord) et le domaine d'Ikalamavony (au Sud).
- le granite de l'Ibity, c'est la suite magmatique qui représente la limite au nord du groupe de l'Itremo à celui de la série d'Ambatolampy.

L'axe étudié est représenté par la figure 14.

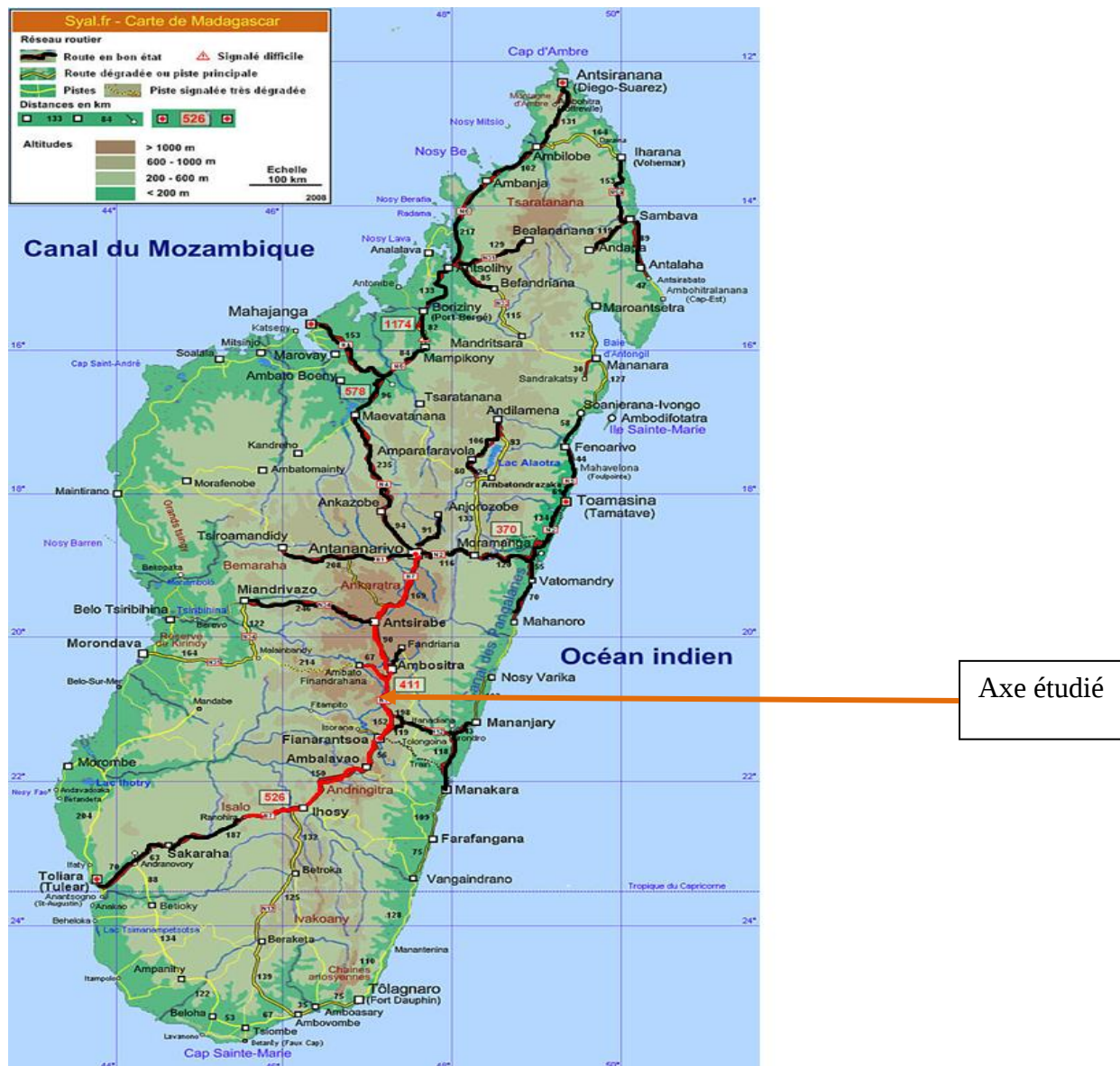


Figure 14 : Représentation de l'axe d'étude Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo

Source : http://madagascar.net/images/carte-mada-1_2.jpg modifiée par RAKOTONJANAHAARY

Puis, on va faire une description macroscopique des roches en déterminant sa texture, sa structure, sa couleur, l'état d'altération de la roche et leur composition minéralogique (nature et proportion des échantillons).

D'ailleurs, lorsqu'il s'agit des déformations tectoniques quelconques sur le site, on détermine l'orientation, le sens et l'intensité de pendage des couches en utilisant la boussole géologique. Voici les méthodes d'utilisation de boussole géologique:

Ces méthodes sont différentes pour le cas d'un plan et d'une droite.

II.1 METHODE D'UTILISATION DE BOUSSOLE POUR UN PLAN

II.1.1 Méthode de mesure de la direction d'une couche

La figure 15 indique la méthode de mesure de la direction d'une couche.

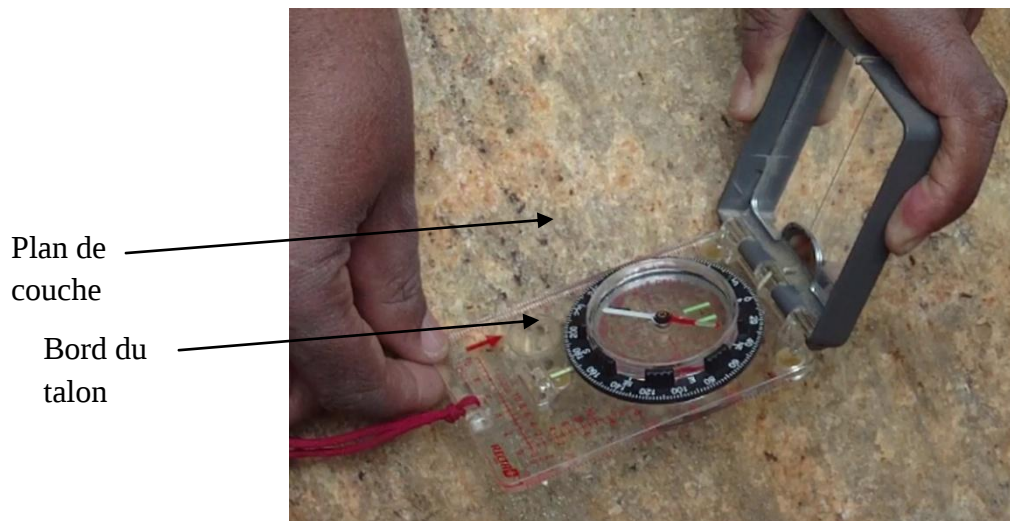


Figure 15: Position de la boussole tenue horizontale

Source : Photo de l'auteur

- ✓ Placer la boussole en position horizontale par rapport au plan mesuré.
- ✓ Afin de maintenir le niveau zéro, calibrer le Nord géographique de la rose des vents avec celui du Nord magnétique indiqué par l'aiguille rouge, c'est-à-dire les aiguilles rouges et blanches sont posées horizontalement.
- ✓ Mettre le bord ou talon de la boussole à la surface du plan à mesurer.
- ✓ Lire la direction suivant le sens d'une aiguille d'une montre.
- ✓ Lecture sur la ligne de mire, nous avons 2 chiffres pour les plans et on prend le chiffre inférieur à 180°.

II.1.2 Méthode de détermination de pendage d'une couche

Cette méthode est illustrée par la figure 16.

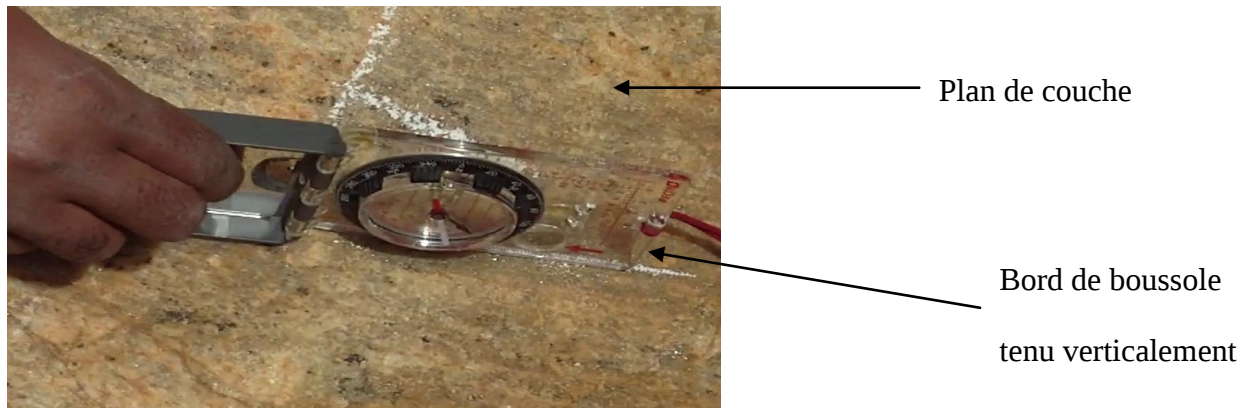


Figure 16 : Position de boussole tenue verticale

Source : Photo de l'auteur

Il faut noter que la ligne de pendage doit être perpendiculaire à la direction du plan.

Un pendage est défini comme l'angle d'inclinaison d'une couche par rapport à l'horizontale et son intensité varie de 0 à 90°.

Pour mesurer un pendage, il faut :

- tout d'abord, que position la boussole doit être verticale,
- tracer une ligne horizontale et ensuite une ligne perpendiculaire sur la surface de l'échantillon.
- mettre le clinomètre soit perpendiculaire à la direction qu'on vient d'être mesurée.
- faire la lecture de pendage indiqué par l'aiguille noire.
- déterminer le sens du pendage à l'aide de rose de vent de la boussole et l'angle d'inclinaison par les graduations (Figure 14).

Exemple : Direction-pendage-Sens de pendage ; N60° NE

II.2 METHODE D'UTILISATION DE BOUSSOLE POUR UNE DROITE

Une droite est considérée comme une ligne horizontale.

Lorsqu'il s'agit d'une droite, la direction de pendage est parallèle à la direction de couche et la mesure de la direction et du pendage sont semblables à celles du plan.

II.2.1 Méthode de mesure de la direction d'une couche

Ainsi, on a suivi les procédées suivantes :

- ✓ prendre un objet assez rigide (carnet, cahier de note) et le déposer sur la linéation afin de maintenir le vertical.
- ✓ faire bien placer la boussole contre le support ou objet et amenez-le à l'horizontal.
- ✓ enfin, faire la lecture en déterminant la direction d'une droite.

II.2.2 Méthode de mesure de pendage d'une couche

Afin de donner l'intensité de pendage d'une droite, il faut :

- placer le clinomètre sur la linéation
- faire la lecture

Notons bien que la direction du plan est toujours inférieur à 180° tandis que la valeur la direction d'une droite peut atteindre jusqu'à 360° .

Exemple : pendage-direction ; $35^\circ \rightarrow N260$

En plus, quand on est sur terrain, on a apporté toujours des cartes géologiques pour vérifier les différentes catégories de roches, des minéraux et des minerais qu'on peut rencontrer dans la zone d'étude.

- Pour terminer l'étude sur terrain, on va faire un échantillonnage.

III. L'ECHANTILLONNAGE

C'est une étape intéressante qui consiste à la collection des échantillons. Dans ce cas, on a choisi de recueillir les roches non altérées, pas dans des éboulis, dans des patines. Il est préférable de prendre la roche fraîche pour avoir un bon échantillon.

Puis, après avoir pris les échantillons, on a mis des numérotations par un marqueur pour pouvoir distinguer et transcrire leurs renseignements respectifs sur le cahier de note avec des indications utiles. Ceux qui permettent de retrouver l'origine de chaque échantillon. Après tout, on a arrangée et conserve les échantillons dans un sac ou une boîte (bac à échantillon) avant d'analyser au laboratoire. Pour mieux connaître la composition minéralogique des échantillons choisis, on va passer aux études en laboratoire.

IV. CONFECTION EN LAME MINCE

C'est un procédé non négligeable, qui consiste à préciser la nature et le nom des roches.

Avant de le faire, on a pris les photos de chaque échantillon à analyser, avec des numéros spécifiques permettant de retrouver son origine. On a prend aussi une pièce de monnaie de 50 Ariary comme échelle à l'échantillon (figure 17).



Figure 17 : Echantillon de roche

Source : Photo de l'auteur

Les études au laboratoire consistent à réaliser une lame mince à chaque échantillon avant d'observer sur un microscope polarisant afin de connaître les minéraux qui les constituent. Dans cette étude, nous allons déterminer la nature des minéraux, leur mode d'assemblage et leur proportion en lames minces polies à l'aide d'un microscope photonique à lumière transmise.

De ce fait, neuf (9) lames minces ont été confectionnées pour cette étude (Figure 18).

Cette confection des lames minces rassemble les opérations suivantes :

- le sciage de la roche, fabrication de sucre et collage
- le dégrossissage
- le finissage.

Les échantillons sont préalablement taillés en parallélépipède de 50x30x50mm. L'épaisseur idéale est de l'ordre de 3/100 mm ou jusqu'à avoir du quartz dans le ton gris du premier ordre sur un microscope. Les 9 lames minces sont représentées par la figure 18.

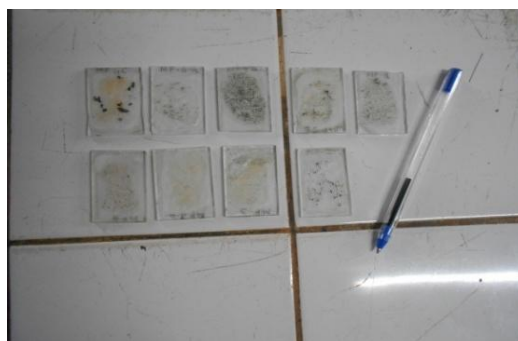


Figure 18 : Neuf lames minces

Source : Photo de l'auteur

Enfin, on passe à l'observation des lames minces au microscope polarisant (Figure19). Dans ce cas, on va voir l'échantillon par deux types de lumière :

- lumière naturelle pour déterminer la couleur des roches en microphotographie naturelle.
- lumière polarisée pour préciser les minéraux présents par le biais de ses aspects caractéristiques en microphotographie polarisée.



Figure 19 : Observation d'une lame mince au microscope polarisant

Source : Clichée par Andry

PARTIE III :
RESULTATS,
INTERPRETATIONS
ET
DISCUSSION

PARTIE III : RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSION

III.1 RESULTATS DES ETUDES PETROGRAPHIQUES

❖ MP1 : GRANITE D'AMBATOMIRANTY

Le gisement de granite d'Ambatomiranty a été décrit et dénommé pour la première fois par MUTHON en 1914, qui signifie « ligne de pierre » en malgache, d'où son appellation « PIERRES ALIGNEES ». C'est un granite très spécial de la région d'Antananarivo, qui s'étend aux environs de la ville d'Antananarivo. Leur mise en place est liée au phénomène de magmatisme durant l'orogénèse Panafricaine dont elle est datée de Néoprotérozoïque vers 550Ma.

Une partie du granite d'Ambatomiranty se trouve sur le long de la route nationale numéro 7 dont la carrière se situe au PK 27, avec les coordonnées suivantes : Sud 19° 05mn 24.9 s, Est 047° 32 mn 15.5'' et Altitude : 1328m.

-A l'échelle du paysage, le Granite d'Ambatomiranty forme un filon granitique rectiligne suivant les lignes de crête des certaines collines, ayant une longueur de plusieurs dizaines de mètres voire même plusieurs kilomètres, et de quelques mètres à 25 ou 30 mètres de large. Puis, les roches se présentent un débit en boule résiduelle, caractéristique de l'altération des Granites. Elle forme une grande lentille ayant une direction générale commune : N20W à N30W, et caractérisée par la résistance à l'altération par rapport aux roches encaissantes (Figure 20).



Figure 20 : Granite d'Ambatomiranty à l'échelle du paysage

Source : Photo de l'auteur

- A l'échelle de l'affleurement, son aspect général est dépourvue d'orientation particulière donc sa texture est équate, à structure microgrenue, ce qui nous montre que c'est une roche magmatique. Sa couleur est mésocrate, c'est-à-dire la proportion des minéraux clairs et des minéraux sombres est presque semblable. Elle est composée des minéraux cardinaux ou minéraux claires tels que: le Quartz, le Feldspath potassique et le Feldspath calcosodique ou Plagioclase, des minéraux ferromagnésiens comme le Biotite, l'Amphibole et des minéraux accessoires. Les figures 21 et 22 montrent l'affleurement et l'échantillon de cette roche.

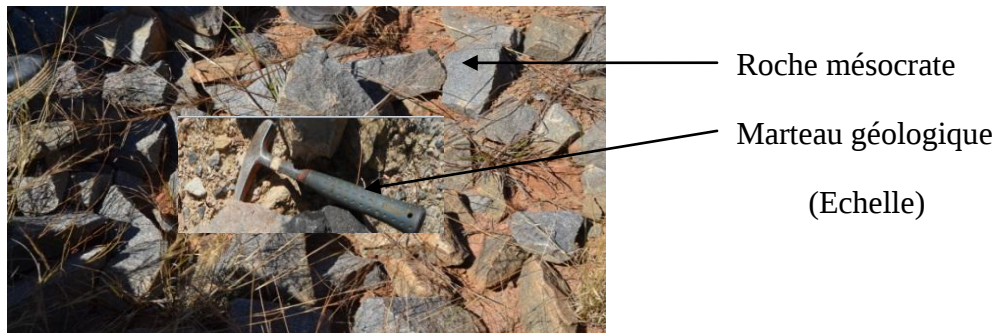


Figure 21 : Affleurement du granite d'Ambatomiranty

Source : Photo de l'auteur

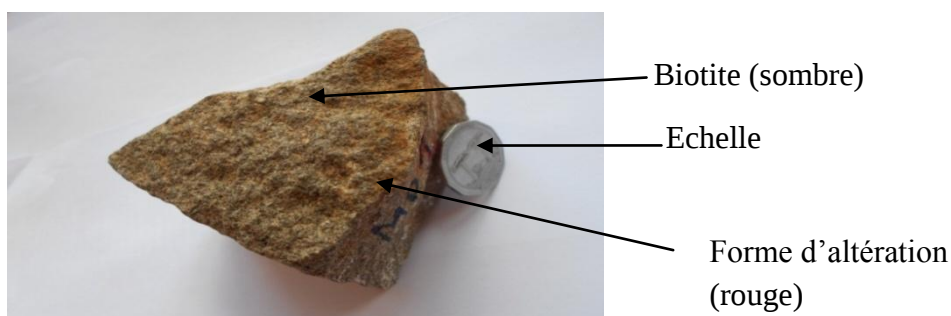


Figure 22 : Granite d'Ambatomiranty (échantillon MP1)

Source : Photo de l'auteur

Au microscopique, la roche MP1 présente une structure granoblastique hétérogranulaire (figure 23A et 23 B, annexe III). Elle est constituée de (d') :

- orthose (25%), en cristaux xénomorphes, contenant des inclusions de quartz et des micas
- quartz (20%), à extinction roulante, caractérisée par sa teinte de polarisation ondulante, et surtout limpide ;
- microcline (15%), en cristaux xénomorphes, avec macles polysynthétiques en jupe écossaise fréquente ;

- plagioclase (10%), type oligoclase, à macle d'albite;
- biotite (15%), en cristaux lamellaires très pléochroïques, de couleur brun clair à brun rouge ;
- amphibole (7%) en cristaux subautomorphes, à relief moyen et essentiellement de la hornblende verte ;
- myrméckite (5%), qui se trouvent dans la partie périphérique du feldspath ;
- les minéraux opaques ne sont que 3% seulement.

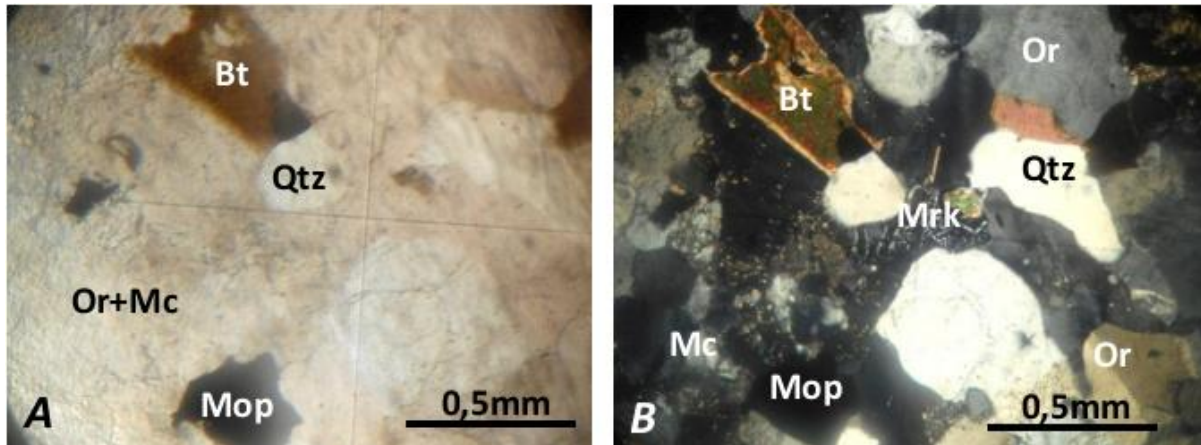


Figure 23 : Microphotographie du granite d'Ambatomiranty (MP1) ; A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Photo de l'auteur

❖ MP2 : GRANITE D'ILAKA

Le granite d'Ilaka a été défini par EMBERGER en 1965, situé sur la feuille d'Ambositra N° 122 et est daté de 466 ± 20 Ma par le Biotite.

C'est un vaste massif granitique qui forme une bande continue de 2 à 60Km de large, débute dès la montée du col de Tapia au Sud d'Antsirabe, présentant une bordure migmatitique et se prolongeant vers Ambositra.

Il se trouve au PK 182 à Tsaramandroso, Fokontany Isoavina et Commune Ilaka, district Ambositra dont ses coordonnées sont : Sud $20^{\circ} 21' 05.9''$, Est $047^{\circ} 09' 13.1''$ et altitude

1354 m. Cette formation fait partie d'une suite magmatique d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano recoupant le domaine d'Antananarivo, groupe de l'Itremo. A l'échelle du paysage, le granite d'Ilaka forme une colline de gisement plutonique présentant une carrière ouverte d'une intrusion magmatique qui s'étale à une superficie de 60x60km (figure 24).



Figure 24 : Carrière de granite d'Ila, à l'échelle du paysage

Source : Photo de l'auteur

A l'échelle de l'affleurement, cette roche présente une texture équate ou massive, alors c'est une roche magmatique. Son mode de gisement se fait suivant un axe vertical, ayant un aspect allongé vers le bas. Du point de vu macroscopique, elle est caractérisée par sa couleur leucocrate, sa structure grenue mais il y a développement gros cristaux de Feldspath potassique à « dent de cheval » abondants, ce qui nous permet de dire que c'est une structure porphyroïde (figure 25 et 26). Les autres minéraux sont de quartz, de plagioclase et des minéraux ferromagnésiens relativement rares.

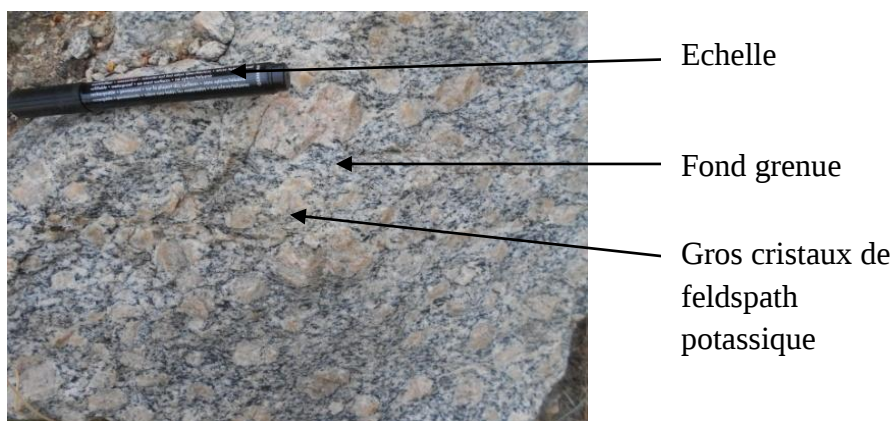


Figure 25 : Granite d'Ila, à l'échelle de l'affleurement

Source : Photo de l'auteur



Gros cristaux de
Feldspath potassique (rose)

Figure 26 : Granite d'Ilaka (échantillon MP2)

Source : Photo de l'auteur

L'observation microscopique de l'échantillon MP2 présente une texture granoblastique hétérogranulaire (figure 27A et 27B, annexe IV). La roche est constituée de :

- microcline (40%), caractérisé par une macles polysynthétique ;
- quartz (20%), en petit grain avec ondulation roulante ;
- hornblende (20%), à relief fort ; elle montre deux clivages à 120° ;
- orthose (10%), en cristaux xénomorphes, connus par la macles de Carlsbad ;
- biotite (7%), en cristaux lamellaires avec un pléochroïsme normale et à extinction droite ;
- minéraux opaques (3%).

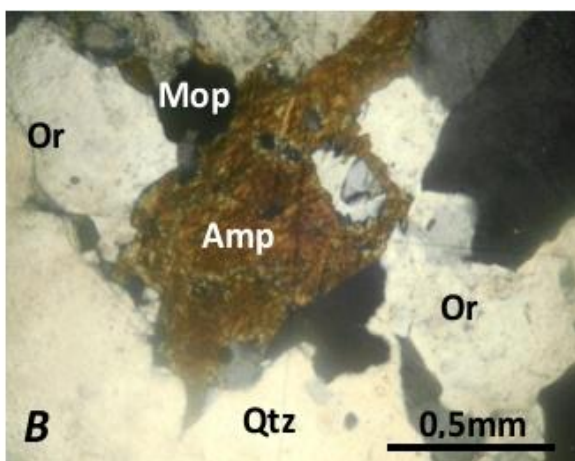
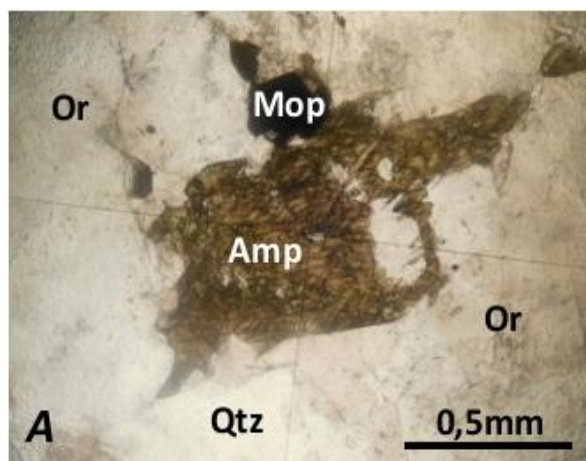


Figure 27 : Microphotographie du granite d'Ilaka (MP2) ; A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

Ces résultats montrent que les gros cristaux de feldspaths potassiques qui occupent le fond grenu sont de microclines.

❖ **MP3 : GRANITE DE BEMANTA**

Ce gisement se situe à 4km à l'Est d'Anjoman'Ankona et 11Km à l'Ouest d'Ivato, fait partie de la commune d'Anjoman'Ankona, district d'Ambatofinandrahana, plus précisément aux coordonnées Sud 20° 40' 11.8'' ; Est 047° 08' 06.3'' ; à 1571md'altitude. Il appartient à la suite magmatique qui traverse le domaine d'Antananarivo, le groupe de l'Itremo.

A l'échelle du paysage, cette roche constitue une colline dénudée représentant des massifs granitiques sur le bord de la route RN35, axe Ivato-Ambatofinandrahana. Elle présente des fracturations à l'intérieur dû à l'altération par desquamation (figure 28).



Massif de
Bemanta

Figure 28 : Vue générale du massif de Bemanta

Source : Photo de l'auteur

Sur l'affleurement, ce grand massif batholitique est traversé par des ou filons des pegmatites, avec son aspect vacuolaire. Les roches sont généralement leucocrates tandis que les patines sont gris claires et gris foncés (figure 29).

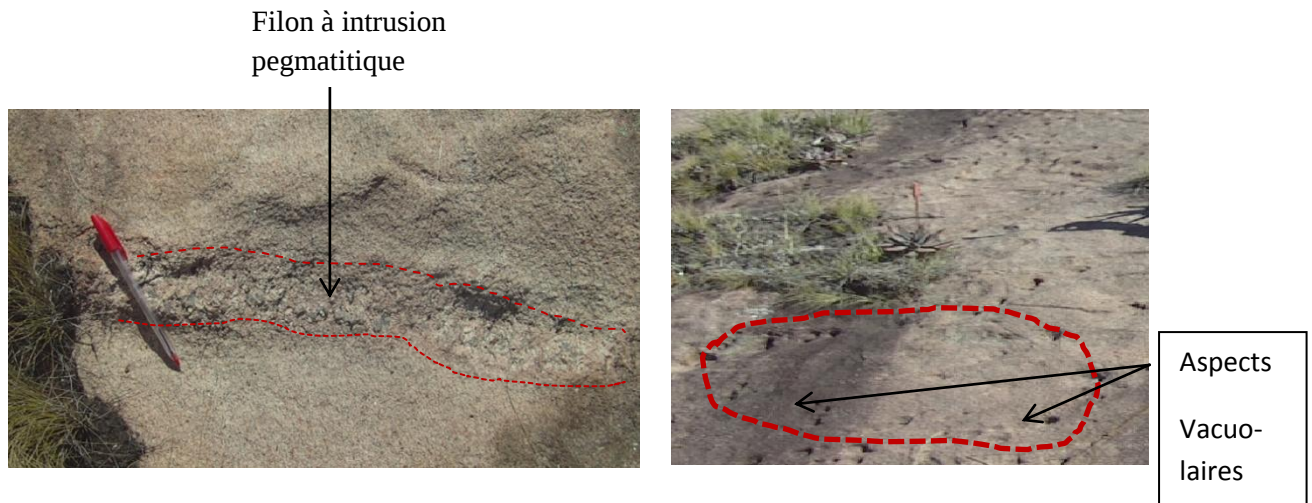


Figure 29 : Massif granitique de Bemanta, à l'échelle de l'affleurement

Source : Photo de l'auteur

Le granite de Bemanta présente une texture équate, une structure grenue et leucocrate (rose). Il est constitué de quartz, de feldspaths potassiques dont ils sont abondants, et des minéraux ferromagnésiens tels que la biotite et l'amphibole à faible quantité.

La figure 30 illustre l'aspect général de l'échantillon de roche dans ce gisement.

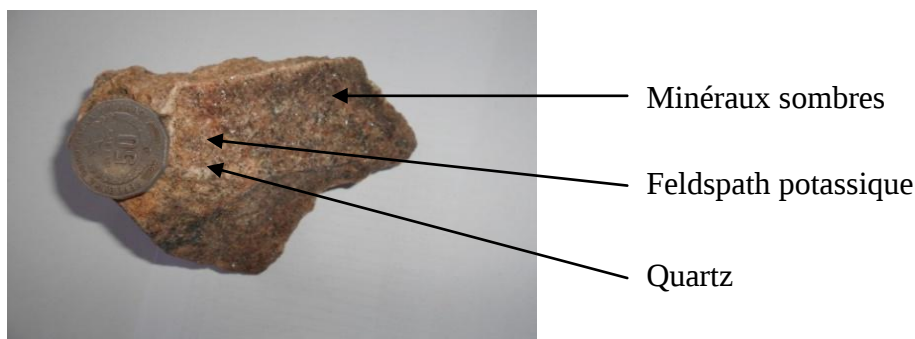


Figure 30 : Granite de Bemanta (échantillon MP3)

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

Au microscope, elle montre une structure granoblastique hétérogranulaire (Figure 31) et (figure 31C, Annexe V). Cet échantillon est formé par de :

- orthose (25%), avec aspect trouble, craquelure et macle de Carlsbad, à clivage imparfait contenant l'inclusion de quartz et de biotite;
- quartz (20%), xénomorphe à extinction roulante et limpide;
- microcline (15%), avec macle polysynthétique en jupe écossaise associée à la macle d'albite;

- plagioclase (10%), type albite, à macle d'albite;
- de biotite (15%), de couleur brun vert à rougeâtre à extinction droite, en cristaux automorphes à subautomorphes;
- d'amphibole (7%), à relief fort ;
- de myrméckite (5%) qui se trouvent souvent à côté du feldspath ;
- des minéraux opaques (3%).

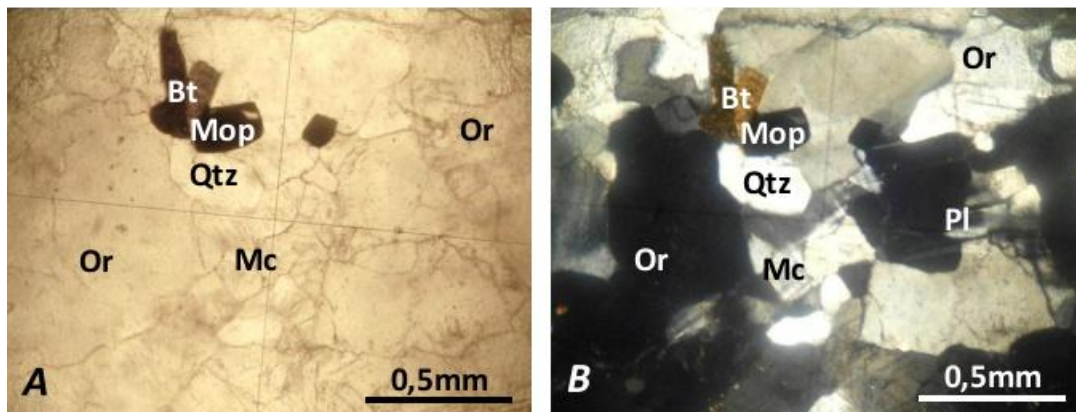


Figure 31 : Microphotographie du granite de Bemanta (MP3) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

❖ MP4 : GRANITES D'AMBATOMARINA

Le gisement d'Ambatomarina se trouve aussi sur l'axe Ivato-Ambatofinandrahana (RN35), entre Anjoman'Ankona (à l'Est) et Ambatofinandrahana (à l'Ouest) au S20° 33' 00.6'',

E 046° 58' 52.8'' et altitude : 1495m. Il appartient à la suite magmatique qui recoupe le socle cristallin du domaine d'Antananarivo, Groupe de l'Itremo.

Du point de vu général, il s'agit d'une longue chaine de colline. C'est une carrière ayant une superficie aux environs de 70 x 60 m et de 50 m de haut (figure 32).



Figure 32 : Vue générale de la carrière d'Ambatomarina

Source : Photo de l'auteur

Sur l'affleurement, on observe une alternance de bande sombre et de bande claire (rose) illustrée par la figure 33.

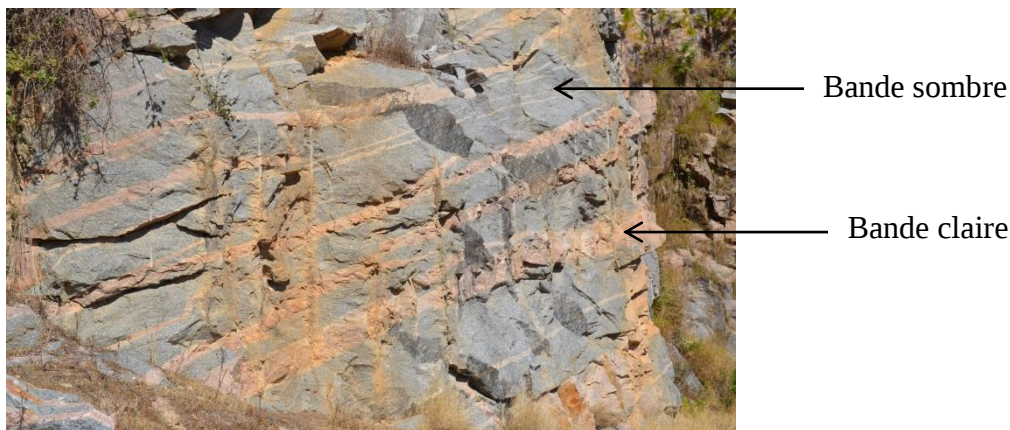


Figure 33 : Affleurement de la carrière d'Ambatomarina

Source : Photo de l'auteur

Dans ce massif, il existe trois types d'échantillons de granite (MP4a, MP4b et MP4c) ayant des caractères pétrographiques différents, à savoir :

- la roche MP4a, claire présentant une texture équate, une structure grenue porphyroïde, constituée par de Quartz, de gros cristaux de feldspath potassique (rose) abondants et des minéraux colorés comme les micas et le pyroxène. La figure 34 indique l'échantillon de roche MP4a.

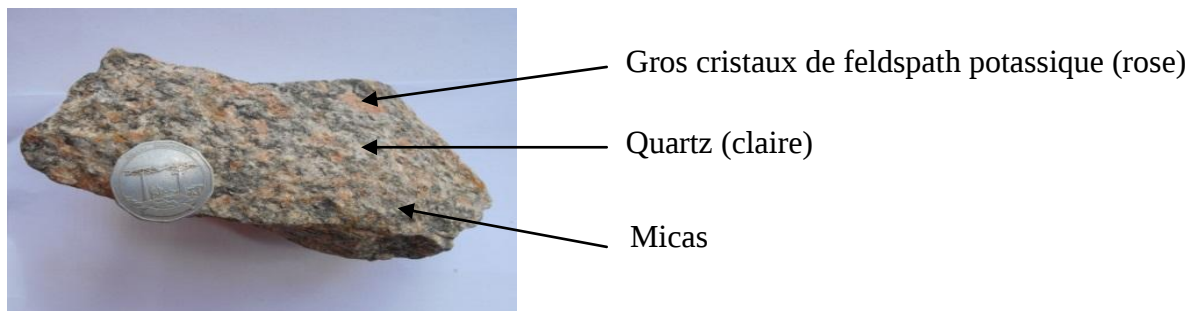


Figure 34 : Granite porphyroïde d'Ambatomarina (échantillon MP4a)

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

L'étude microscopique de l'échantillon MP4a montre une structure grano-lepidoblastique hétérogranulaire (figure 35) et (figure 35A, 35B et 35C : Annexe VI). L'assemblage minéralogique est constitué de :

- quartz (20%), à grains variés : petits et grands ;
- orthose (20%), à gros cristaux et dominant avec inclusions de quartz et de biotite ;
- microcline (20%), en cristaux xénomorphes avec des macles polysynthétiques ;
- plagioclase (10%), en cristaux xénomorphes et à macle d'albite ;
- biotite (10%), en petits cristaux allongés, à extinction droite et plus ou moins orientés suivant une orientation des différents petits cristaux ;
- amphibole (5%) à relief moyen ;
- pyroxène (5%), en cristaux subautomorphes et à relief moyen ;
- minéraux opaques (5%) ;
- sillimanite (2%), incolore et en baguettes allongées.

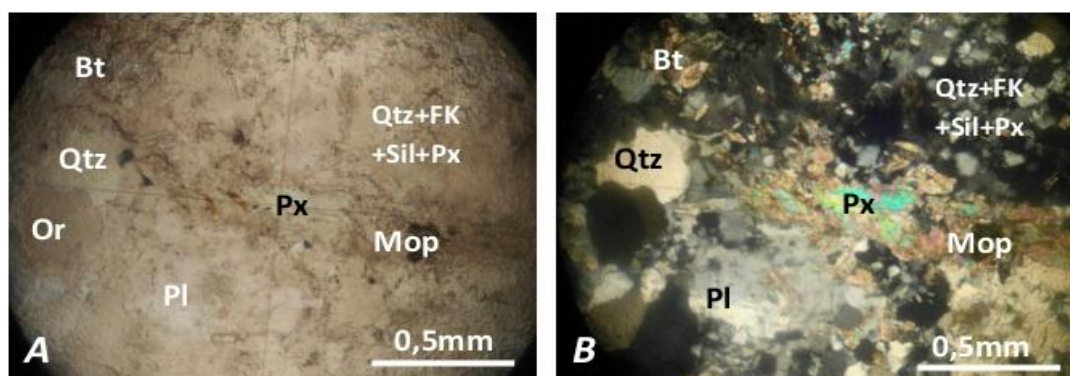


Figure 35 : Microphotographie du granite porphyroïde d'Ambatomarina (MP4a) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

Ces résultats ont montré qu'il s'agit d'une double zonation dont la zonation 1 est formée par les minéraux à petits grains de biotite, de sillimanite et des minéraux opaques ; la zonation 2 est marquée par le quartz, l'orthose et le microcline à gros grains.

- l'échantillon MP4b est une roche leucocrate (rose) à texture équante et à structure grenue. Elle est composée de Quartz, des feldspaths potassiques (rose) abondants, et des minéraux colorés à faible proportion (figure 36).

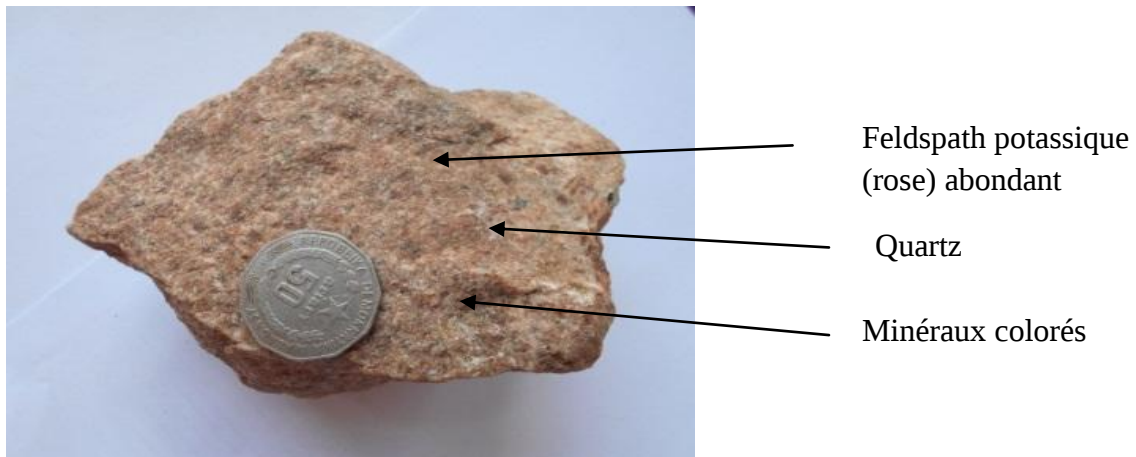


Figure 36 : Granite rose d'Ambatomarina (échantillon MP4b)

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

Au microscope, la roche a une structure granoblastique hétérogranulaire (figure 37) et (figure 37A et 37B : Annexe VII). Cette roche est constituée par de :

- quartz (20%), limpide et à extinction roulante ;
- microcline (30%) en cristaux xénomorphes avec macle polysynthétique, souvent en grande taille ;
- orthose (25%), en cristaux xénomorphes avec macle de Carlsbad, à clivage imparfait;
- plagioclase (10%) en cristaux xénomorphes à macle d'albite ;
- biotite (7%) en cristaux subautomorphe et à extinction droite;
- myrméckite (3%) ;
- minéraux opaques (5%).

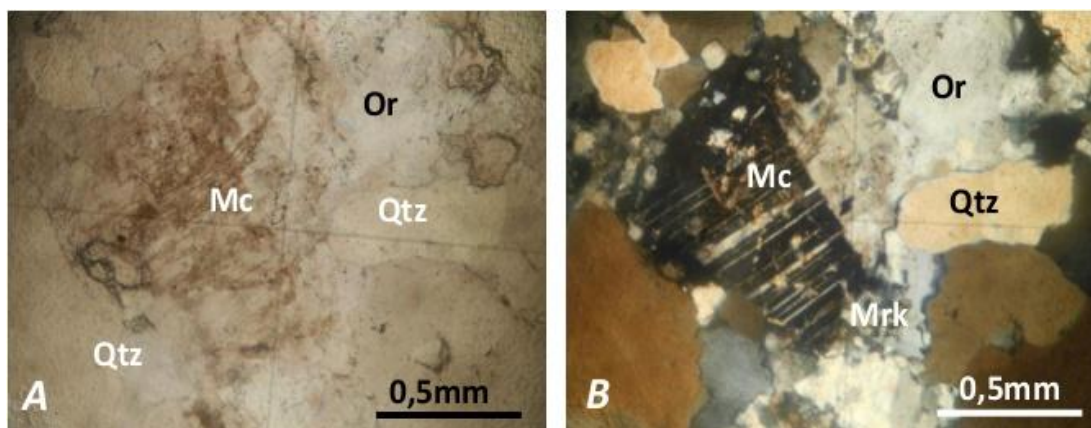


Figure 37 : Microphotographie du granite rose d'Ambatomarina (MP5b) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Clichée de RAKOTONJANAHARY

- la roche MP4c est caractérisée par sa couleur leucocrate, sa texture équante, sa structure grenue à gros grains et sa composition minéralogique constituée de quartz, de feldspaths, et des minéraux ferromagnésiens tels que la biotite, les amphiboles et les tourmalines noires en formes d'astérisque (figure 38).

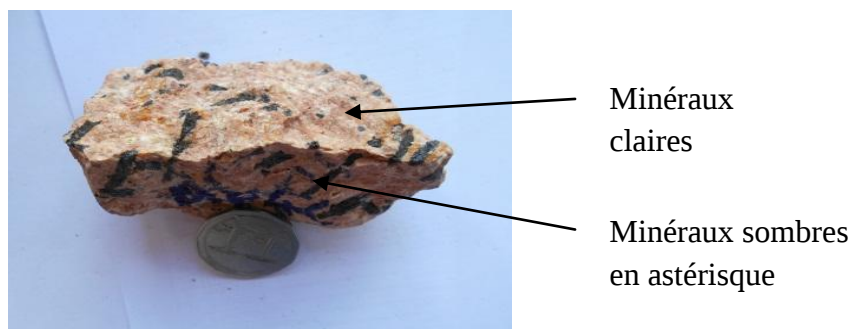


Figure 38 : Echantillon du granite à tourmaline d'Ambatomarina (MP4c)

Source : Photo de l'auteur

Au microscope, elle est caractérisée par une structure granoblastique hétérogranulaire (figure 39A et 39B, Annexe VIII). La roche est constituée de :

- microcline dominant (20%), en cristaux xénomorphes, à macle polysynthétique ;
- orthose (15%), en cristaux xénomorphes, à clivage imparfait ;
- plagioclase (10%), en cristaux xénomorphes et à macle d'albite ;
- amphibole (20%), en cristaux subautomorphes, à relief moyen ;
- quartz (15%), limpide et à extinction roulante ;

- tourmaline (10%) en cristaux automorphe à subautomorphe, de couleur noir verdâtre;
- biotite (5%), en petits cristaux subautomorphes et à extinction droite ;
- sillimanite (3%) en petits cristaux allongés;
- minéraux opaques (2%).

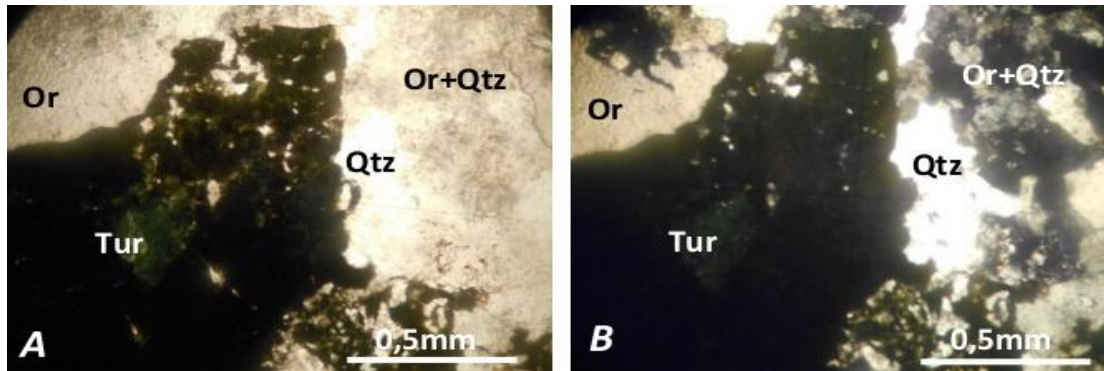


Figure 39 : Microphotographie du granite à tourmaline (MP4c) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

D'après ces résultats, on en déduit que l'échantillon MP4c est un « **granite à tourmaline** ».

❖ **MP5 : GRANITE D'AMBALAVAO**

Les granites d'Ambalavao se rencontrent sur l'axe Fianarantsoa-Isalo de la RN7, et est délimités par deux secteurs :

- au Nord, les granites stratoïdes de l'Imerina et la vurgation d'Antananarivo ;
- au Sud, les grands cisaillements crustaux au Nord de Zazafotsy.

Il fait partie de la suite magmatique d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano datée de 570 à 520Ma. Elle recoupe les formations cristallines ; ce qui permet de préciser la limite entre le domaine d'Antananarivo, série de Fianarantsoa et le domaine d'Ikalavavony.

Ce gisement se situe à Vatoavo (Ankaramena), 4km au Nord de la ville d'Ambalavao, avec les coordonnées géographiques suivantes : Sud 21°45'16.7'', Est 046°57'35.4'' et Altitude : 1555m. Ce puissant massif prend un aspect d'une colline allongée composée de plusieurs montagnes de haute altitude en formant un inselberg granitique (figure 40).



Figure 40 : Massif d'Ambalavao, à l'échelle du paysage

Source : Photo de l'auteur

A l'échelle de l'affleurement, on remarque une alternance de bande sombre (noire) et de bande claire (rose) suivant une orientation bien visible. De plus, cette intrusion est traversée aussi souvent par des filons pegmatitiques (figure 41).



Figure 41 : Affleurement du granite d'Ambalavao au bord de la route

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

Dans ce même affleurement, on a collecté deux types d'échantillons : MP5a et MP5b.

- Pour l'échantillon MP5a, il était connu par sa texture équante, sa couleur mésocrate, sa structure grenue normale. La composition minéralogique de la roche est du quartz, des feldspaths potassiques, des amphiboles, de la biotite et des minéraux accessoires ou opaques (figure 42).

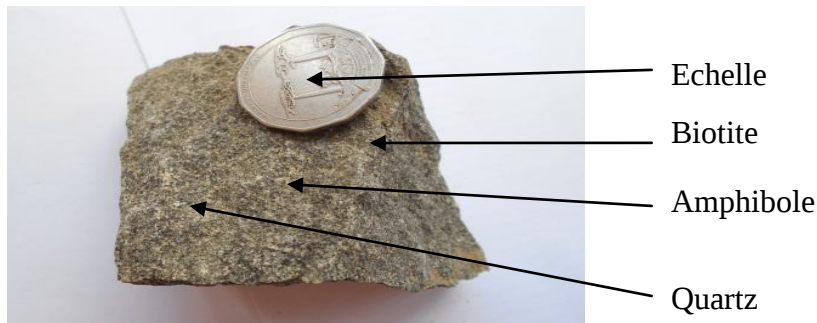


Figure 42 : Echantillon du granite d'Ambalavao (MP5a) Source : Photo de l'auteur

Au microscope, cette roche a une structure granoblastique hétérogranulaire (figure 43A et 43B, annexe IX). L'association minéralogique est la suivante :

- orthose (25%), en cristaux xénomorphe et à macles de Carlsbad ;
- quartz (20%), limpide et à extinction roulante ;
- plagioclase (10%), en cristaux xénomorphes et à macles d'albite
- biotite (20%), en cristaux allongés très pléochroïques, de couleur brun clair à brun rouge ;
- amphibole (15%), type hornblende verte, à relief moyen et avec deux clivages à 120° ;
- minéraux opaques (10%).

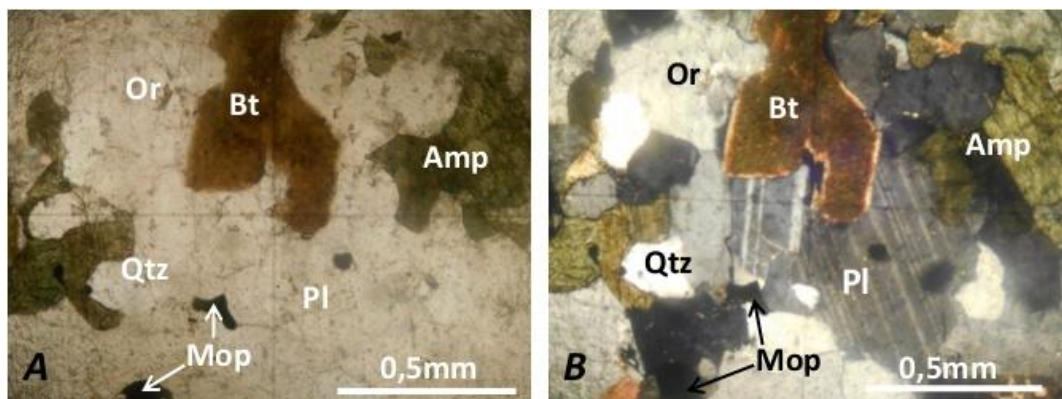


Figure 43 : Microphotographie du granite stratoïde d'Ambalavao (MP5a) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Photo de l'auteur

Ces caractéristiques nous démontrent que l'échantillon MP5a n'est qu'un granite à amphibole, plus précisément « **granite à hornblende** ». Cette roche est parmi les granites stratoïdes caractéristiques de la région haut plateau malgache.

- Pour l'échantillon MP5b, il présente une texture équate, leucocrate (rose) et une structure grenue à tendance pegmatitique. Cette roche est formée par de quartz, de feldspaths, de minéraux ferromagnésiens comme la biotite et l'amphibole (figure 44).

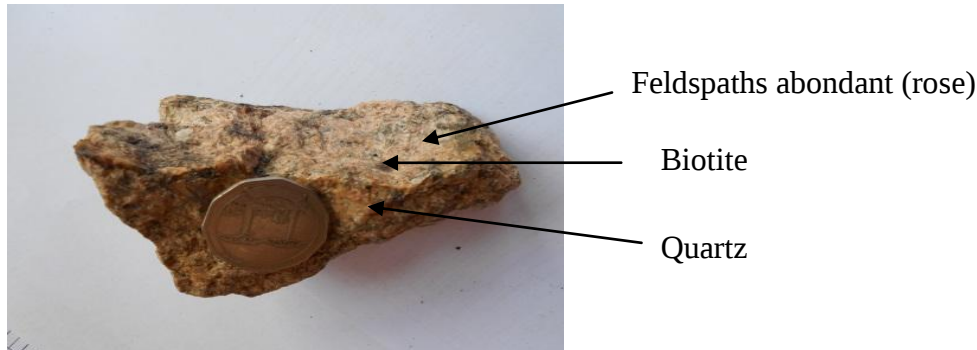


Figure 44 : Echantillon du granite rose à tendance pegmatitique d'Ambalavao (MP5a)

Source : Photo de l'auteur

Au microscope, elle présente une structure granoblastique hétérogranulaire (figure 45A, 45B et 45C: Annexe X). La roche (MP5b) est formée par les minéraux suivants :

- quartz (20%), limpide et à extinction roulante ;
- microcline (25%), en cristaux xénomorphe avec des macles polysynthétiques ;
- orthose (25%), en cristaux xénomorphes à aspect trouble avec clivage imparfait et macle de Carlsbad ;
- plagioclase (5%), en cristaux xénomorphe avec des macles d'albite ;
- biotite (15%), en cristaux automorphes à subautomorphes, à extinction droite ;
- myrméckite (5%), en petits cristaux xénomorphes ;
- minéraux opaques (5%).

En effet, on peut dire donc que l'échantillon MP5b est un « **granite rose à tendance pegmatitique** ».

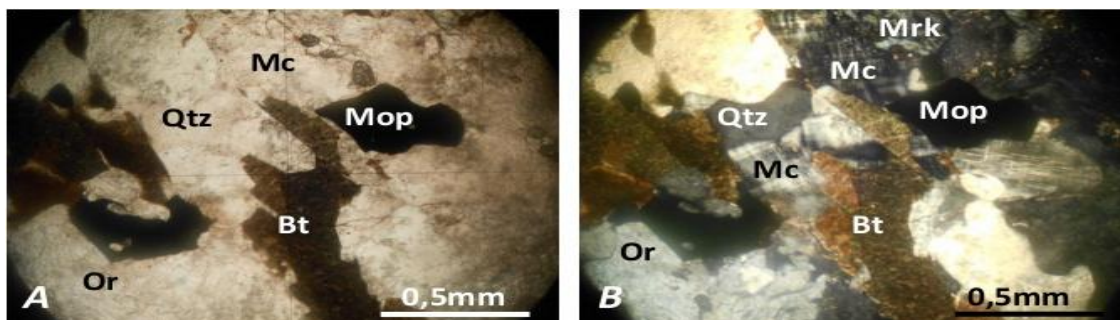


Figure 45 : Microphotographie du granite rose d'Ambalavao (MP5a) : A en lumière naturelle,

B en lumière polarisée

Source : Photos de RAKOTONJANAHARY

❖ MP6 : GRANITE DE L'IBITY

La région de l'Ibity se trouve au Sud d'Antsirabe, de coordonnées S20°04'30.6'', E047°00'47.4'' et d'altitude 1720m. Il se trouve dans la limite Nord du groupe SQC. Cette zone est traversée par des intrusions magmatiques : granite rose et pegmatite à tourmaline surtout dans la vallée de Sahatany.

A l'échelle du paysage, cette région forme une colline allongée des roches leucocrates (roses) de débit en boule. Ce massif est représenté par la figure suivante.



Figure 46 : Paysage de la région de l'Ibity

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

A l'échelle de l'affleurement, cette roche forme un énorme bloc arrondi de couleur rose qui résiste à l'altération (figure 47). La roche MP6 est caractérisée par sa texture équante, sa couleur leucocrate (rose), sa structure grenue, et sa composition minéralogique avec de quartz, feldspaths potassiques abondants, de plagioclase, des minéraux ferromagnésiens rares et des minéraux opaques.

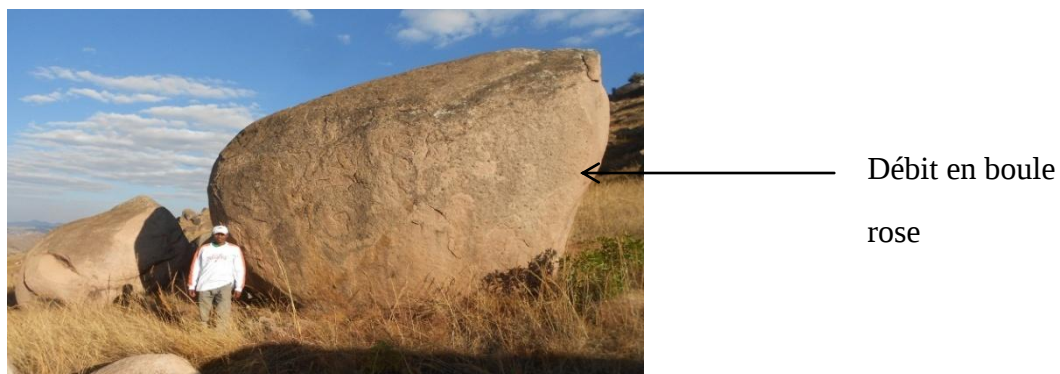


Figure 47 : Granite de l'Ibity, à l'échelle de l'affleurement

Source : Photo de l'auteur

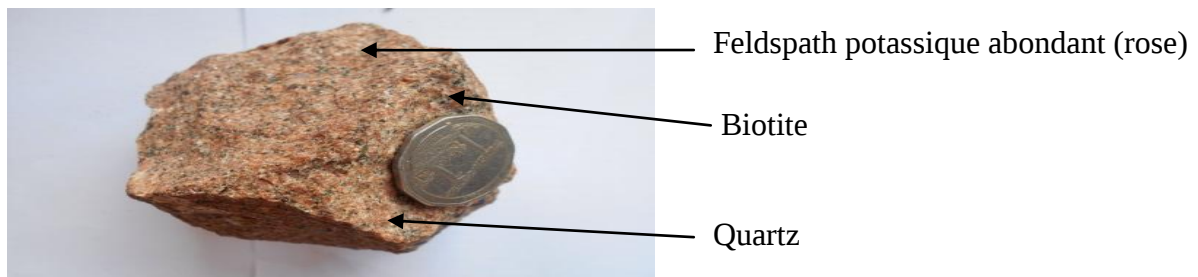


Figure 48 : Echantillon du granite rose de l'Ibity (MP6)

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

Au microscope, l'échantillon (MP6) ayant une structure granoblastique hétérogranulaire (figure 49A et B : Annexe XI). Il est formé par les minéraux suivants :

- orthose (30%), en cristaux xénomorphes avec inclusion de quartz et de biotite
- quartz (20%), à extinction roulante ;
- microcline (20%), en cristaux xénomorphes avec macles polysynthétiques ;
- plagioclase (12%), en cristaux xénomorphes et à macles d'albite ;
- biotite (15%) en cristaux subautomorphes, très pléochroïques et à extinction droite ;
- minéraux opaques (3%).

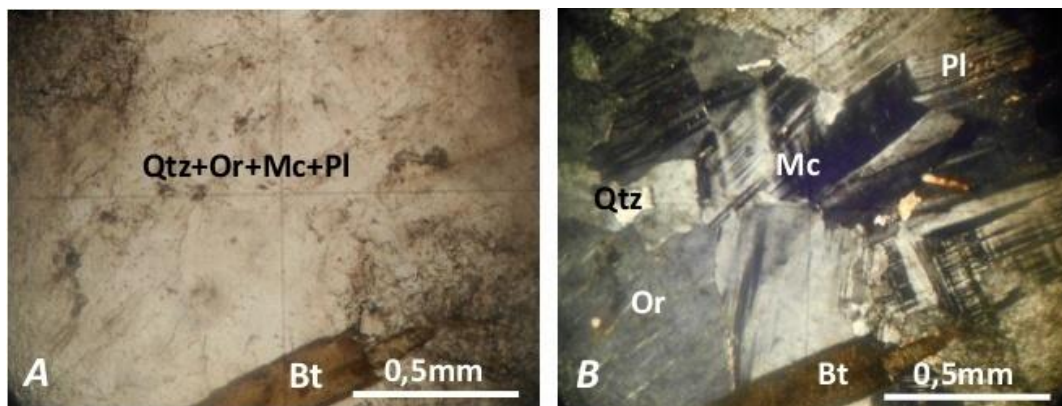


Figure 49 : Microphotographie du granite rose de l'Ibity (MP6) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY

Ces résultats nous permettent de dire que le granite de l'Ibity est un « **Granite rose à grain moyen** ».

La récapitulation des proportions des minéraux présents dans chaque roche est représentée par le tableau II. Les résultats obtenus au laboratoire sont résumés par le tableau III, IV et la figure 50.

Tableau II : Proportion relative des minéraux présents dans le 9 échantillons de roche

Minéraux Présents \ Roches	MP1	MP2	MP3	MP4a	MP4b	MP4c	MP5a	MP5b	MP6
quartz (en %)	20	20	20	25	25	15	20	20	20
orthose (en %)	25	10	25	20	25	15	25	25	30
microcline (en %)	15	40	15	20	30	20	0	25	20
plagioclase (en %)	10	5	10	5	10	10	10	5	12
amphibole (en %) hornblende	7	20	7	5	0	20	15	0	0
Micas (en %) (Biotite)	15	8	15	10	7	5	20	15	15
pyroxène (en %)	0	0	0	5	0	0	0	0	0
myrméckite (en %)	5	0	5	3	3	0	0	5	0
tourmaline (en %)	0	0	0	0	0	10	0	0	0
sillimanite (en %)	0	0	0	2	0	3	0	0	0
minéraux opaques (en %)	3	2	3	5	5	0	10	5	3

Source : Auteur

Tableau III : Proportion moyenne de chaque minéral dans tous les 9 échantillons de roche

Noms des minéraux	Pourcentage
quartz	20,35%
orthose	22,15%
microcline	21,46%
plagioclase	9,61%
myrméckite	2%
biotite	10,23%
pyroxène	0,77%
amphibole (hornblende)	7,44%
tourmaline	1,11%
sillimanite	0,88%
minéraux opaques	4%
TOTAL	100,00%

Source : Auteur

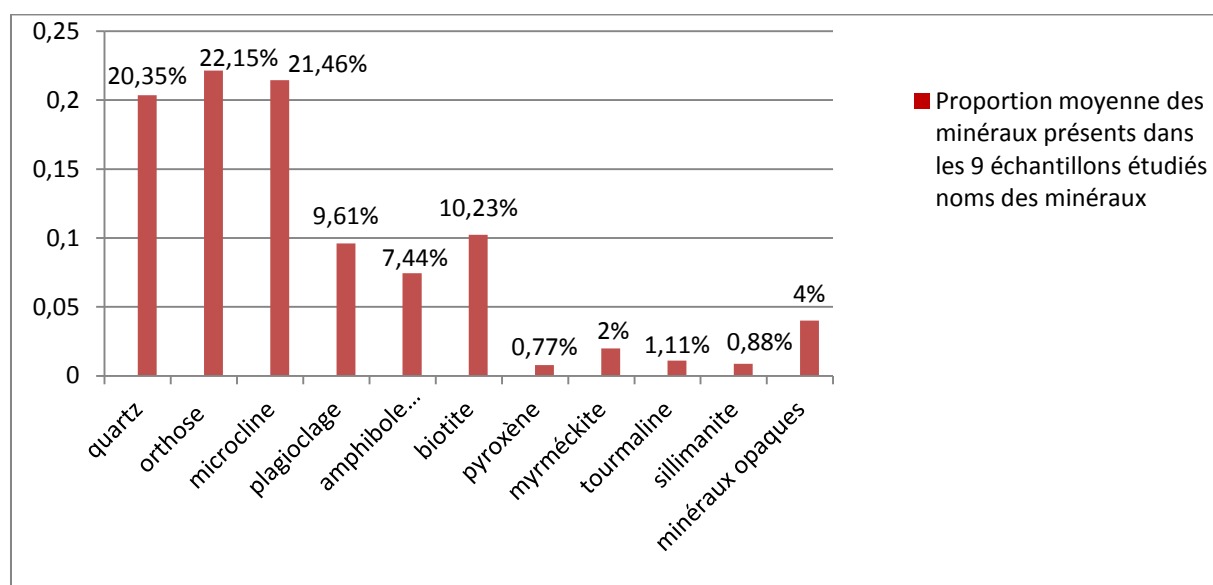


Figure 50 : Représentation des proportions moyennes de chaque minéral dans tous les 9 échantillons de roche

Source : Auteur

Tableau IV : Tableau récapitulatif montrant les noms de 9 échantillons de roche étudiés

Caractéristique Echantillons	Noms de roche
MP1	Granite d'Ambatomiranty
MP2	Granite porphyroïde d'Ilaka
MP3	Granite rose de Bemanta
MP4a	Granite porphyroïde d'Ambatomarina
MP4b	Granite rose d'Ambatomarina
MP4c	Granite à tourmaline d'Ambatomarina
MP5a	Granite à hornblende d'Ambalavao
MP5b	Granite rose à tendance pegmatitique d'Ambalavao
MP6	Granite rose de l'Ibity

Source : Auteur

III.2 INTERPRETATIONS DES RESULTATS

Dans les neuf échantillons des roches étudiées, les espèces minérales présentes sont : le quartz, l'orthose, le microcline, le plagioclase, la myrméckite, la biotite, le pyroxène, l'amphibole, le sillimanite et les minéraux opaques. En général, ils sont regroupés en trois grandes catégories de minéraux qui sont : les minéraux cardinaux ou minéraux claires, les minéraux essentiels ou minéraux ferromagnésiens, et les minéraux accessoires ou accidentels. D'après les résultats de l'étude macroscopique et microscopique, la proportion de ces minéraux varie d'une roche à une autre.

Bien qu'on ait étudié neuf types de roches magmatiques différentes, on a remarqué que la pétrographie c'est-à-dire l'origine, le mode de mise en place du gisement, la structure et la composition minéralogique de ces roches sont différentes aussi.

Mais en tout cas, elles présentent une texture équiaxe parce qu'elles n'ont pas une orientation particulière, ce qui nous montre que ce sont des roches magmatiques. La structure ou la disposition de chaque minéral sont granoblastique hétérogranulaire et grano-lepidoblastique hétérogranulaire.

III.2.1 Sur le plan pétrographique et pétrologique

La présence de la structure porphyrique pour certaines roches comme le granite porphyroïde d'Ilaka (MP2) et le granite porphyroïde d'Ambatomarina (MP4a) montre que ce sont des granites parsemés de très grands cristaux de feldspaths potassiques soit orthose soit microcline. Il s'agit des porphyroblastes qui ont certainement cristallisés tardivement dans les granites au moment du stade pneumatolitique du refroidissement de magma. Pendant lequel, les gros cristaux ou phénocristaux feldspathiques ont cristallisés très lentement dans un magma acide très fluide, bien avant se fige la pâte microcristalline. Au cours du refroidissement d'un magma acide ou magma granitique, les phénocristaux se forment en « premier temps » et le fond grenue dans un « deuxième temps » de la cristallisation, nettement séparés. A haute température, le milieu visqueux se fonde progressivement et les germes sont abondants. C'est pourquoi, les minéraux de grandes dimensions sont nombreux. Les granites à structures grenues **porphyroïdes** sont donc des granites spécifiques qui prennent son origine par une double phase de cristallisation.

Concernant sa composition minéralogiques, ce sont les feldspaths potassiques sont abondants, mais la quantité de ces minéraux varient. Pour le cas du granite porphyroïde d'Ilaka, microcline couvre le 40% des minéraux constitutifs, on en déduit donc que les gros cristaux de feldspaths à dent de cheval sont de « microclines » car le taux d'orthose est 10% seulement. Par contre, les granites porphyroïde d'Ambatomarina renferment 40% de feldspaths potassiques dont les quantités microcline et de l'orthose sont égales.

En outre, la présence de myrméckite pour certaine roches démontre que dans ces échantillons montre qu'il y a une intercroissance réactionnelle d'oligoclase-albite (plagioclase) et de quartz développée dans la zone de contact entre cristal de plagioclase et de feldspath potassique. Sa proportion moyenne dans toutes les neuf roches étudiées est 2% seulement mais atteint jusqu'à 5% pour les granites d'Ambatomiranty (MP1), les granites roses de Bemanta (MP3) et d'Ambalavao (MP5a), qui sont pourvues des filons.

Pendant ce temps, il y a corrosion dans les roches, dont la cristallisation s'effectue en présence des minéralisateurs abondants comme dans le cas du granite d'Ambatomarina, échantillon MP4b.

De ce fait, le granite filonien d'Ambatomiranty contient de myrméckite et d'orthose avec inclusion de quartz et de biotite.

En tenant compte de la proportion relative des minéraux, pour tous les échantillons, on peut dire que ce sont les minéraux clairs qui prédominent, en moyenne le quartz : 20,35%, l'orthose : 22,15%, le microcline : 21,46%, le plagioclase : 9,16% et la myrméckite : 2%. Au total, ils occupent le 75,57% des minéraux constitutifs de ces roches, ce qui signifie qu'elles sont généralement de roches claires sauf les granites d'Ambatomiranty (MP1) et le granite d'Ambalavao (MP5a), qui sont mesocrates. De plus, les minéraux ferromagnésiens et les minéraux accessoires ne contiennent que le reste 24,43% dont 4% de minéraux opaques.

Dans le cas du quartz, dernier minéral s'est formé pendant cristallisation du magma, remplis les derniers interstices entre les feldspaths en formant de minéraux xénomorphes, c'est pour cette raison que dans certains cas, on observe des inclusions de quartz dans les feldspaths souvent dans l'orthose. Sa valeur est de 15% pour les granites à tourmaline d'Ambatomarina, 20% pour les granites d'Ambatomiranty, granite porphyroïde d'Ilaka, granite rose de Bemanta, les granites d'Ambalavao, et le granite de l'Ibity, mais atteint jusqu'à 25% pour les granite porphyroïde et le granite rose d'Ambatomarina. Cela signifie que ces deux granites d'Ambatomarina (MP4a) et (MP4b) ont un faciès différent à celle de ces autres granites précédents.

Pour les feldspaths, ce sont le microcline et l'orthose joue un rôle très important afin de donner deux aspects différents des granites, d'une part les granites roses et d'autre part les granites porphyroïdes. La teneur de microcline devient plus en plus élevée pour les granites porphyroïdes d'Ilaka et le granite rose d'Ambatomarina. Puis, la proportion en orthose varie de 10 à 30%, seule le granite de la région de l'Ibity est très riche en orthose, d'où sa coloration, même son affleurement en rose.

Pour les minéraux ferromagnésiens, chaque échantillon contient de biotite dont sa teneur varie de 5 à 20%. Sa proportion est faible par rapport aux minéraux clairs pour toutes les roches, mais pour la roche mésocrate à Ambalavao (MP5a), il atteint jusqu'à 20%. Ce qui montre que cet échantillon n'appartient pas au même faciès aux granites roses et granites porphyroïdes mais se forme à partir de la transformation de migmatite d'Ambalavao par migmatisation durant l'orogénèse panafricaine. D'où, la présence de migmatite granitoïde en contact avec le granite d'Ambalavao. De plus, l'amphibole est aussi très remarquable dans ce type de granite, par conséquent on peut nommer granite à amphibole (roche MP5a). Mais dans ce même faciès, il existe aussi de granite rose dont la moitié de sa composition minéralogique est formée par des feldspaths potassiques, d'où sa couleur rose (roche MP5b).

Pour le cas du granite d'Ambatomiranty, l'amphibole (hornblende verte) plus moins altérée est associée à d'autres minéraux ferromagnésiens comme la biotite permettant de donner la couleur de roche mésocrate ou intermédiaire. Par ailleurs, la métasomatose potassique conduit à la transformation de biotite à partir de la hornblende verte.

Pour les roches de la région d'Ambatomarina, elles présentent des caractères exceptionnels comme la présence de tourmaline dans le granite de l'échantillon MP4c. Ce qui nous montre qu'il y a une chute progressive de température mais la pression augmente en provoquant une rupture du toit batholitique pendant la phase pegmatito-pneumatolitique de la solidification du magma. Ensuite, le jus résiduel se réunit dans ces fissures de la roche en laissant déposer d'énormes cristaux d'orthose, de quartz, et des minéraux pneumatolitiques comme la tourmaline.

Certaines roches contiennent aussi le minéral de roche métamorphique telle que la sillimanite, qui nous affirme que le gisement d'Ambatomarina est une suite magmatique affectée par un métamorphisme de contact dont le contact est marqué par la présence de granite porphyroïde et des granites stratoïdes interstratifiés dans le groupe de SQC. La présence de ce minéral dans le granite porphyroïde et le granite à tourmaline démontre que ces granites recoupent les roches métamorphiques à niveau mésozonal profond (zone à sillimanite). Ces roches comportent deux zones dont la zone1 composée de minéraux ferromagnésiens à petits grains comme le mica (biotite), le sillimanite et les minéraux opaques ; et la zone2 constituée des minéraux cardinaux tels que le quartz, l'orthose, le microcline, et le plagioclase à gros grains, qui prédominent. Pendant ce temps, les minéraux ferromagnésiens ont une tendance à grouper en lits distincts et nettes par une déformation tectonique. Ensuite, le microcline forme des phénocristaux géants orienté mais peu étiré, à bordure dentelée, autour desquels se moulent les minéraux ferromagnésiens avec, aux extrémités, des infections brusques qui est à l'origine d'une rupture en continuité. Puis, il remplace le plagioclase et s'individualise au fond quartzo-feldspathique à hornblende et à biotite. Enfin, le quartz tend à se grouper en agrégats monominéraux et présente un étirement parallèle à la schistosité. Dans la zone sillimanite-plagioclase potassique, un développement des larges fuseaux albitiques sont associés au pyroxène. En effet, il existe une interstratification étroite entre les granites d'Ambatomarina et le groupe SQC d'Ambatofinandrahana.

Pour l'échantillon MP4a et MP4c, il existe deux générations de plagioclase, et la cristallisation comprend trois phases : (1) la phase granoblastique ou grenue, (2) le

remplacement de porphyroblastes par microcline, et (3) la cataclase conduisant à la granulation de quartz et du plagioclase (granoblastique ou mosaïque à grains fins).

Ces caractères pétrographiques, la forte alcalinité, la couleur leucocrate c'est-à-dire faible quantité des minéraux sombres des granites d'Ambatomarina, sont très voisins à celle des orthogneiss à amphibole de l'Imorona. Les faciès lithologiques d'Ambatomarina sont donc marqués par des granites stratoïdes ou interstratifiés qui sont constitués par les granites porphyroïdes, le granite rose et le granite à tourmaline plus ou moins orienté.

Les roches magmatiques, les granites rencontrés dans l'axe Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo présentent quelques similarités comme sa coloration leucocrate (rose) pour les sept échantillons et les deux restantes sont mésocrates. En général, ce sont des roches riches en feldspaths potassiques: microcline, orthose, et plagioclase.

III.2.2 Sur le plan tectonique

➤ Granite d'Ambatomiranty

Les granites d'Ambatomiranty ont subi des mouvements tectoniques intenses, marquées par des systèmes fracturations orientées vers subméridienne avec une direction de déformation Est-Ouest.

Ces accidents tectoniques sont importants pour la transformation des migmatites du socle en granite par recristallisation granoblastique recoupant ces derniers et renferment des enclaves à l'intérieur de ces roches. Son contact avec la migmatite est marqué par l'abondance de plagioclase et par la couleur mésocrate, et ses compositions minéralogiques est en relation à celle des roches encaissantes (migmatite et gneiss à pyroxène). De ce fait, le granite d'Ambatomiranty est postérieur au métamorphisme régional, qui a affecté à la série d'Ambatolampy, domaine d'Antananarivo.

➤ Granite porphyroïde d'Ilaka

Son mode de gisement est à la fois syn-tectonique et intrusif, et son axe général concorde avec les lignes de schistosité des roches encaissantes. De plus, il recoupe certains points des séries supérieures de la SQC comme le cas observé sur sa bordure Ouest. Dans la partie Sud, sur le contact de ce granite porphyroïde sur la route vers Ambatofinandrahana, il s'agit d'un lambeau pincé de cipolins dans une zone de cassure par des failles et des filons pegmatitiques. Cette cassure est à l'origine de la formation des filons et des granites à phénocristaux de feldspaths potassiques ou à dents de cheval. La phase tectonique majeure dans les zones de

cassure a affecté la série supérieure de la SQC permet à la mise en place de ce granite. L'existence du phénomène de métamorphisme de contact en bordure ouest de cette roche permet de dire qu'elle est postérieure par rapport aux séries supérieures de la SQC.

➤ Granites d'Ambatomarina

La formation de granite porphyroïde aura lieu avant la phase tectonique, qui donne naissance à la schistosité, mais la zone de métamorphisme profond de microcline peut recristallisée à partir de phénocristaux plus anciens. Pendant lequel, il y a un métamorphisme de contact. L'origine de phénocristaux de microcline est postérieure à la phase cataclastique.

Pour la roche plus ou moins orientée (MP4c), deux phases de déformations tectoniques ont été affecté sur le socle pour que les minéraux ferromagnésiens se regroupent en lits (petits grains) et le quartz forme un agrégat (à gros grain). Le granite stratoïde est interstratifié dans la série SQC et cette pénétration de granite se fait pendant la phase pneumatolitique de cristallisation et forme en même temps la tourmaline. Et le massif d'Ambatomarina présente un anticlinal au milieu du socle, du groupe de l'Itremo (**NOIZET, G. et al, 1963**). Les roches sont largement déformées et marquées par des torsions et de rupture des cristaux.

➤ Granites d'Ambalavao

Le contact des granites avec les migmatites est franc et brusque. Les véritables inselbergs granitiques forment des morceaux de lames à faibles pentes, qui ont été débité par des déformations tectoniques et dégagés par l'érosion. La migmatite a affecté par l'évènement majeur panafricain qui a entraîné un phénomène de granitisation associé au métamorphisme de contact. Ce sont des granites intrusifs concordant à la foliation générale dont leur mise en place est syntectonique. Les granites s'injectent dans les migmatites en englobant des nombreuses enclaves, et l'injection passe parfois à des lames stratoïdes.

➤ Granites de l'Ibity

Un métamorphisme de faible intensité a affecté sur la partie supérieure en formant une couche de quartzite et d'itacolumite. Au dessous, les micaschistes à double micas ou à biotite, et à sillimanite sont redressés et plonge fortement sous les quartzites. Le contact est simple dans la partie nord où l'on trouve une quasi-concordance des migmatites et micaschistes plongent à 20° vers le sud ou ouest. Au sud, le contact granite et la SQC est marquée par des failles subverticales.

III.2.3 Sur le mode d'altération

Le mode d'altération des roches granitiques est représenté par les débits en boules, par la desquamation. Cette désagrégation mécanique était représentée aussi par le phénomène de « lavakisation » et par desquamation.

III.3 DISCUSSION

III.3.1 Pour les granites d'Ambatomiranty

Des recherches ont déjà fait sur ce type de granite, d'après les études d'Henri BESAIRIE en 1957, le granite d'Ambatomiranty est un granite de couleur gris clair à gris foncé (mesocrate) ressemblant à une diorite quartzique, à grains fins, et son orientation varie de N25E à N50E. Elle est constituée par :

- de quartz abondant (15 à 20%), soit en cristaux xénomorphe de taille moyenne, soit en petit élément de cristallisation à structure porphyroblastique à cataclastique.
- des feldspaths alcalins, qui existent en deux formes : soit l'orthose et microcline quadrillé relativement abondant pour le granite d'Ambatomiranty à l'intérieur de gneiss à pyroxène ; soit riche en cristaux de microcline, pour ceux qui recoupent les migmatites contenant de l'orthose, du plagioclase (oligoclases avec formation de myrméckite, qui ont des caractères communs séricitisés, déchiquetés, rongés par le microcline abondant), de la biotite associée à des hornblendes vertes, des sphènes, des apatites, du zircon et des minéraux opaques (magnétite, ilménite, allanites).

Les minéraux caractéristiques des granites d'Ambatomiranty sont l'apatite, la magnétite, l'ilménite et le zircon.

D'après RANTOANINA en 1993, le granite d'Ambatomiranty recoupe le granite migmatitique avec une direction générale de N20° et est formé par :

- quartz à extinction roulante, relativement abondant
- microcline et peu d'orthose
- oligoclase avec 6 à 20% d'anorthite souvent séricitisé
- myrméckite
- biotite en forme déchiquetée

- minéraux accessoires : apatite, zircon et sphène

- minéraux opaques : magnétites

Selon RASOLONJATOVO en 2014, le granite d'Ambatomiranty est un granite filonien sombre et à grain fin. Il se présente sous forme d'alignement de bloc rocheux orienté de nord-est à sud-ouest.

III.3.2 Pour le granite porphyroïde d'Ilaka

Selon MOINE en 1965, le granite porphyroïde d'Ilaka est un granite à amphibole particulière dans lequel se sont développés de grand porphyroblastes pouvant atteindre 5cm, qui est un faciès largement dominant.

Sa composition minéralogique est la suivante : quartz, biotite, oligoclase, microcline, hornblende verte, myrméckite, sphène et apatite. On note aussi que l'hornblende prédomine la biotite et le microcline a deux générations : à cristaux quadrillés et à des grands cristaux perthitiques envahissants.

III.3.3 Pour les granites d'Ambatomarina

MOINE en 1974 a montré que le faciès porphyroïde d'Ambatomarina est constitué essentiellement de feldspaths teintés de jaune brunâtre (coloration malgachiste). Les phénocristaux sont de plagioclases (An 20 à An 30) déformés, un microcline perthitique à tendance mésoperthitique contenant des inclusions de plagioclase, et se situent dans un fond quartzo-feldspathique de texture granoblastique. Le pyroxène et l'hornblende verte représentent les minéraux ferromagnésiens, le sphène, l'apatite et l'ilménite (abondante) sont des minéraux accessoires. Les myrméckites et l'albite se développent autour du plagioclase.

III.3.4 Pour le granite rose d'Ambalavao

CHANTRAINE en 1970 a indiqué que le granite rose d'Ambalavao est un granite rose à quartz gris, à grains généralement moyen, souvent grossier, rarement porphyroïde. Il contient assez peu d'enclave. Cette roche est constituée par de microcline perthitique, de quartz et de plagioclase acide, des minéraux ferromagnésiens qui sont la biotite et la hornblende, relativement rares.

Sa composition minéralogique nous permet de dire qu'elle est une roche caco-alcaline à tendance monzonitique.

PARTIE IV :
SUGGESTIONS
ET
INTERETS DU
TRAVAIL

PARTIE IV : SUGGESTIONS ET INTERETS DU TRAVAIL

IV.1 SUGGESTIONS

Dans notre travail, nous allons proposer les suggestions sur les volets suivants :

IV.1.1 Dans le cadre de l'éducation et de l'enseignement

Tout d'abord, pour la matière de géologie, il faut prioriser le cours de géologie tant au collège qu'au lycée. Le plus souvent, ce concept est toujours traité ou non après la biologie. De plus, on devrait être équilibré le volume horaire de l'enseignement de géologie et de biologie en tant que Sciences de la Vie et de la Terre.

Concernant le programme scolaire en classe de Terminale D, une mise à jour est obligatoirement prioritaire pour le renouvellement du chapitre Géologie de Madagascar parce que ce sont des résultats de recherche très anciens qu'on enseigne actuellement. De plus, afin d'éduquer les élèves pour le patriotisme, le cours de géologie de Madagascar est obligatoire pour toute la classe de Terminale non seulement pour la Terminale D et même aux épreuves de baccalauréat. Ceci est très important pour les élèves et les enseignants afin de bien comprendre les ressources naturelles de la grande île surtout les mines.

Une sortie géologique, la création et l'augmentation du nombre de laboratoire de géologie est aussi une meilleure approche permettant d'améliorer le niveau des élèves non seulement à la géologie mais pour les autres disciplines.

IV.1.2 Sur le plan économique

La valorisation des différents sites géologiques rencontrés sur l'axe Antananarivo-Isalo est importante pour renforcer le développement économique du pays. Il s'agit de différentes carrières sur cet axe et des roches facilement à exploiter. L'industrialisation et la formalisation de l'exploitation au sein de ces carrières et de gisement devraient être indispensables. Pour cela, il faut les prioriser afin d'introduire les gens dans le secteur formel. En effet, ces activités contribuent au développement de la localité. Ainsi, la population locale devient autonome et indépendante.

Pour pouvoir accéder aux sites d'études géologiques intéressantes comme Ambatofinandrahana, des infrastructures comme la route, le pont devraient être réhabilités. Une meilleure solution pour le rétablissement de la route surtout secondaire en bon état, on peut utiliser les roches comme les quartzites et les granites présents sur cette localité.

La sensibilisation des gens pour protéger les biens naturels comme le parc, les aires protégées est nécessaire car ce sont des représentants qui montrent les biodiversités et les géodiversités

de notre pays comme la région d'Isalo. Enfin, le géotourisme contribue au développement durable à Madagascar.

La sécurisation et la bonne gestion des ressources minières et de cristal des roches doivent être engagées par l'Etat en vue de renforcer le développement économique du pays.

IV.1.3 Sur le cadre de la recherche et de l'environnement

Il faut faire beaucoup des recherches sur la suite magmatique car c'est un phénomène très important qui marque l'histoire géologique de Madagascar.

L'aide financière des étudiants chercheurs est indispensable pour que la recherche soit valorisée. Ainsi, il faut publier les fruits de recherche pour les biens de tout le monde. Cette publication est un bon moyen pour médiatiser les informations sur les richesses naturelles de Madagascar.

Enfin, la gestion de l'impact environnemental d'une exploitation minière surtout pour les grandes mines est à recommander.

IV.2 INTERETS DU TRAVAIL

IV.2.1 INTERETS SCIENTIFIQUES

Ce travail a donné quelques notions sur les roches magmatiques surtout la nouvelle classification de cette roche selon la subcommission des Géologues internationales. D'une part, ce mémoire permet de donner des informations sur la géologie régionale évoquant les différents faciès lithologiques rencontrés dans cet axe. Cette étude nous a montré que l'axe Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo comprend une large diversité des roches du fait de la mise en place selon leur âge et selon leur mode de gisement. Alors, c'est un bon exemple d'axe de voyage d'étude pour les étudiants de l'université et les élèves de la classe secondaire.

D'autre part, ce travail permet aussi de rappeler l'histoire géologique de Madagascar par la géochronologie de formations géologiques. De plus, la mise en place des suites magmatiques nous a affirmé que l'orogénèse Panafricaine s'est passée à la grande île.

La découverte des suites magmatiques conduit à subdiviser les grandes unités tectono-métamorphiques du socle précambrien malgache et à reconnaître les minéralisations liées au phénomène magmatisme.

IV.2.2 INTERETS ECONOMIQUES

Les roches magmatiques sont abondantes à Madagascar surtout les Granites. Sur le plan économique, elles ont une place importante sur quelques volets, non seulement pour les bienfaits sur la vie quotidienne de la population mais aussi pour le développement durable du pays.

Premièrement, on les utilise comme matériaux de construction pour la fabrication des infrastructures publiques: maison, écoles, pont, route, église, et en pierre tombale. Les granites peuvent être transformé en divers produits de carrières comprenant le moellon de bonne qualité (20x20cm), le parpaing de carrière (20x40cm), le blocage (<20cm), le caillasse (10-15cm), le gravillon (5-25cm), les gravillonnettes (5-15mm) et le sable de carrière (<5mm). Ces produits sont classifiés selon leur utilisation, leur forme et leur dimension. Dans ce cas, les granites d'Ambatomiranty constituent une bonne réserve de granite qui fournit les matériaux de construction due à sa résistance contre la compression et à sa dureté. Elle a été exploitée par la ville d'Antananarivo depuis 1960 (**ALLARD, 1970**).

Grace à sa diversité en couleurs et sa structure particulière, les granites de cet axe étudié offrent aussi une belle pierre d'ornementation comme le granite rose de l'Ibity, le granite porphyroïde d'Ilaka et le Granite rose d'Ambatomarina. Elles sont donc des pierres aptes à la construction et peuvent servir encore à la réalisation des sculptures, des statues, et des statuettes pour remarquer les grands évènements du pays.

De plus, les filons de roches magmatiques renferment des gisements de minerais de Fer, de Quartz, d'Or, dont le plus souvent sont liée au phénomène de magmatisme et de métamorphisme.

D'ailleurs, cet axe présente une minéralisation très importante, à savoir :

- Sur l'axe Tananarive-Antsirabe, il y a la présence de gisement de Graphite dans la série d'Ambatolampy.
- Les régions volcaniques d'Antsirabe renferment un gisement de Pouzzolane important
- Les cipolins constituent une source de CaCO_3 pour l'industrie de Cimenterie Holcim à Ibity.
- Le groupe de l'Itremo présente de nombreux gisements comme le cristal de roche dans la géode de quartzite à Antamboholehibe qui fournit les meilleures qualités de quartz piézo-électrique. Puis des pegmatites à terres rares de Bastnaésites, de Tscheffknites et les

cipolins considérés comme matières premières pour la fabrication des marbres qui ont été exploité à Ambatofinandrahana par le MAGRAMA.

- Il s'agit aussi des veines cuprifères sulfurées sans gangue dans la série de SQC à Ambatovarahina qui constitue une réserve de Cuivre. En relation avec la granitisation, s'est développé à Ambatofinandrahana un cortège filonien comportant des filons des pegmatites sodolithiques, de Quartz pegmatoïde à Bastnaésites avec la phase sulfurée de Cuivre et de Plomb.

-Les grands gisements des Corindons : Ilakaka et Sakaraha se situent dans le bassin de l'Isalo, partie Sud du bassin de Morondava.

En outre, cet axe présente une énorme géodiversité, des formations géologiques naturelles spectaculaires attirent des étudiants, des chercheurs, et des touristes. Parmi eux, les granites Andringitrien forment un inselberg, le « chapeau de Pape », le massif ruiniforme de l'Isalo comprenant la fenêtre de l'Isalo. Ces sites sont devenus sites touristiques permettant d'avoir une ressource de revenu monétaire du pays par le biais de la réserve naturelle A.N.J.A Andringitra et le Parc National de l'Isalo. Ceci est donc important pour la contribution au Géotourisme.

IV.2.3 INTERETS PEDAGOGIQUES

L'enseignement de la matière Sciences de la Vie et de la Terre surtout la Géologie n'est pas tout simplement un transfert des connaissances théoriques mais exige aussi des travaux pratiques entend que science expérimentale. Ainsi, ce mémoire peut aider les enseignants pour élaborer et concrétiser le cours de Géologie du lycée et pour pouvoir guider les élèves en une séance de travaux pratiques et en organisant une sortie géologique. Cet axe est un bon exemple pour un axe de voyage d'étude due à sa richesse lithologique.

En se référant sur le programme scolaire établi par la Ministère de l'Education Nationale, ce présent mémoire permet de donner quelques informations et notions dans le but d'aider les enseignants pour la préparation et la réalisation des cours dans les classes suivantes :

- en classe de 5^{ème} : Chapitre Pétrographie
- en classe de Seconde : Chapitre Minéralogie, Pétrographie, et les Principaux Minerais Malgaches
- en classe de Première Scientifique et Littéraire : Chapitre Tectonique
- en classe Terminale D : Géologie de Madagascar

Pour que les élèves comprennent bien le cours de géologie, il est nécessaire de le concrétiser par des travaux dirigés, travaux pratiques et une sortie géologique. En effet, ce travail permet de donner les éléments indispensables pour préparer un travail pratique de géologie en classe de seconde en comportant le plan d'étude macroscopique des roches magmatiques. Ce plan est indiqué dans l'annexe XII.

Une sortie géologique est un bon moyen à initier les élèves à appliquer sur terrain la pétrographie, qui détermine la couleur, la texture, la structure, le mode de gisement et les formes de dégradations des roches magmatiques. C'est une belle occasion pour les élèves à observer une formation à l'échelle d'affleurement, à utiliser la boussole géologique et le marteau géologique, à mesurer les déformations tectoniques et la collection des échantillons ainsi que la lecture des cartes. De ce fait, ce mémoire est donc important pour pouvoir connaître les démarches à suivre avant, pendant, et après les études sur terrain.

➤ Pour la classe de 5^{ème} :

Sur le chapitre Pétrographie, ce mémoire comporte une description des Granites en indiquant sa texture, sa structure, ses compositions minéralogiques ainsi que leurs importances.

➤ Pour la classe de Seconde

MINERALOGIE

C'est la science qui étudie les minéraux. Ce mémoire permet aux élèves d'énumérer les propriétés des minéraux pour pouvoir identifier dans les roches. Ces minéraux jouent un rôle important pour la classification des roches magmatiques dont ce travail donne des indications pour les élèves sur sa détermination expérimentale par le biais des études au laboratoire.

PETROGRAPHIE

C'est la science qui étudie la description des roches. Il existe trois types des roches selon leur origine : roches magmatiques, roches sédimentaires et roches métamorphiques. Ce mémoire donne, en général, les informations sur la pétrographie des roches magmatiques qui expliquent aux enseignants et aux élèves son origine, ses constituants, leur mode de gisement et leur classification. De plus, il comporte des exemples de massifs magmatiques sur l'axe d'étude avec rapport, des échantillons de roches et une guide de travaux pratiques

(Annexe XII) pour mieux concrétiser le cours. La zone d'étude peut illustrer la répartition des roches magmatiques à Madagascar, en prenant des exemples comme les granites d'Ambatomiranty, les granites de l'Ibity, le massif volcanique de l'Ankaratra, le granite d'Ilaka, le granite d'Ambatomarina, le Granite d'Ambalavao, le massif granitique et syénitique de l'Andringitra. En outre, ce travail est aussi utile pour la pétrographie des roches sédimentaires et des roches métamorphiques car ceci démontre que Madagascar est constitué par les socles cristallins (roches métamorphiques et roches magmatiques) et par des bassins sédimentaires.

LES PRINCIPAUX MINERAIS MALAGASY

L'objectif général de ce chapitre c'est que, l'élève doit être capable de reconnaître les minerais comme étant des richesses qui jouent un rôle important pour l'économie malagasy. Par conséquent, ce travail permet de donner quelques exemples des minerais rencontrés dans l'axe Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo. Dans ce cas, les minerais ont des valeurs économiques importantes. Ainsi, ce travail aide les enseignants et les élèves pour comprendre leurs origines, leurs importances et leurs répartitions à Madagascar.

➤ Pour la classe de Première Scientifique et Littéraire

Ce travail comporte des documents utiles pour médiatiser le cours concernant le chapitre Stratigraphie dont leur objectif général demandera aux élèves de retracer l'histoire géologique d'une région en étudiant les strates représentatives de cette région. Il a illustré les caractéristiques de la stratification ou la superposition des couches sédimentaires comme l'âge et l'ordre de dépôt. Pour le démontrer, on prend par exemple le massif ruiniforme de l'Isalo.

Concernant les déformations des strates, ceci apporte des exemples concrets pour connaître les plis, les failles sur terrains.

Pour le chapitre Tectoniques ou ensemble des déformations affectées les terrains géologiques postérieur à leur mise en place. Ainsi, ce mémoire fournit des éléments qui aident l'enseignement de ce chapitre car il comprend des :

- exemples de la tectonique cassante ou discontinue en parlant la diaclase (observée dans le massif de Bemanta), un décrochement (dans le zone de cisaillement de Zazafotsy) et le bassin lacustre d'Antsirabe est un bassin d'effondrement associés à des failles normales, on dit «hémi-grabben».

- exemples de la tectonique souple ou continue, le pli droit rencontre dans le chapeau de Pape à Ifandana.

De plus, ce mémoire nous a expliqué aussi les méthodologies pour l'utilisation des boussoles géologiques afin de mesurer ces déformations tectoniques avec des valeurs précises.

➤ Pour la classe Terminale D

Ce document est intéressant pour l'enseignement de la Géologie de Madagascar car il comprend la dernière mise à jour sur la carte géologique de la grande île. La nouvelle classification des unités tectono-métamorphiques qui constituent le socle cristallin, les couvertures sédimentaires ainsi que les suites magmatiques ont été mentionnée. Puis, on a donné la situation géographique et une classification géologique récente afin de le mieux reconnaître. Ce travail a apporté une nouvelle information sur ce chapitre, et a montré que Madagascar n'est pas constitué seulement par le socle et la formation sédimentaire mais renferme aussi des suites magmatiques importantes.

Ainsi, nous allons proposer la fiche pédagogique suivante :

Matière : Science de la Vie et de la Terre

Classe : Seconde

Thème : Géologie

Durée : 4 Heures

Chapitre : Pétrographie des roches magmatiques

Objectif général : L'élève doit être capable d'expliquer les origines, les caractéristiques et l'utilisation des différents types des roches.

Objectifs spécifiques : L'élève doit être capable de:

- ✓ définir un magma.
- ✓ classer les gisements de roches magmatiques suivant leur grandeur et leur lieu de solidification.
- ✓ décrire la forme et l'agencement des minéraux dans une roche magmatique en utilisant sa couleur, ses minéraux et sa structure.
- ✓ classer une roche magmatique en utilisant sa couleur, ses minéraux et sa texture.
- ✓ placer dans une carte de Madagascar les roches magmatiques.

Documentations :

- CALAMAND G. (1993). Biologie-Géologie Seconde. Hachette. Paris. 287p.
- FOUCAULT J. et RAOUL F. (1992). Dictionnaire de géologie. 3^{ème} édition Masson. Paris. 352p.
- RAZAFIMAHATRATRA D.D. (2012). Cours Pétrographie Sciences Naturelles. ENS. 150p.
- TAVERNIER R. (1993). Sciences de la Vie et de la Terre Seconde. Bordas. Paris. 320p.

Timing	Contenus	Stratégies	Observations
05'	Introduction Le mot « Pétrographie » vient de deux mots Grec « Petra » et « graphein » qui signifient respectivement « roches » et « décrire ». C'est donc la Science qui étudie la description des roches. Une roche est l'assemblage des minéraux de nature différents, qui constitue l'écorce terrestre. Selon leurs origines, leurs dispositions sur terrains, les roches peuvent être classées en trois grandes catégories : roches magmatiques, roches sédimentaires et roches métamorphiques.		Observations sur terrain et en classe selon la réalité locale
15'	I- LES ROCHES MAGMATIQUES La pétrographie étudie la description, la composition minéralogique, la structure et la classification des roches magmatiques. I-1- Origine Les roches magmatiques proviennent de la solidification des magmas. Le magma est un liquide naturel à haute température (au moins 600°C), à l'intérieur du globe terrestre, qui donne des roches par solidification. Selon leur composition chimique, il existe deux types de magma :	Prendre des exemples sur le fait quotidien	Se référer Sur la structure interne du globe terrestre

	- magma granitique ou magma acide, riche en Silice (Sio₂), très visqueux, se forme vers 20-30Km de profondeur sous le continent, et donne des massifs plutoniques granitoïdes. - magma basaltique ou magma basique, pauvre en Silice mais riche en minéraux ferromagnésiens, fluide, formées vers 40Km de profondeur sous le continent, qui est à l'origine des Basaltes.	Faire un schéma au tableau	
40'	I-2 Mode de gisement C'est le mode de formation d'une roche dans une région bien déterminée, et on distingue trois types de gisement magmatique selon la vitesse de la solidification du magma : I-2-1 Roches plutoniques Ce sont des roches intrusives qui ont pris naissance en profondeur, caractérisée par la vitesse de refroidissement très lente, et s'effectue entièrement à l'abri de l'air. Elle forme un grand massif plus ou moins arrondi à une surface importante. Selon la forme de massif, on subdivise en : -laccolites : qui se forment à partir d'une intrusion d'un magma acide dans des couches de roches sédimentaires, à travers d'une faille recoupant certaines strates. -batholites : elles sont marquées par la mise en place d'un dôme très large avec une base non délimitée. On divise en deux types : ✓ concordant si l'intrusion du magma s'effectue de façon concordante par rapport à la stratification. ✓ discordant si l'intrusion du magma s'effectue de façon discordante par rapport à la stratification.	Concrétiser le cours avec des exemples des massifs malgaches.	Commenter des documents
1h00'	I-2-2 Roches filoniennes C'est le mode de gisement intermédiaire entre les roches de profondeur et les roches de surfaces. Dans ce cas, il y a pénétration de magma pour remplir les fissures dans des couches sédimentaires. On distingue en :	Prendre des photos ou images	

	-Sill : lorsque le remplissage se fait de façon concordante par rapport à la stratification. -Dyke : lorsque le remplissage se fait de façon discordante. Ce sont des roches microgrenues. I-2-3 Roches volcaniques Ce sont des roches effusives ou roches de surface, dont leur mode de gisement se fait au cours d'une éruption volcanique. La vitesse de refroidissement est très rapide et se monte progressivement en surface en donnant les roches d'épanchement à structure microlithique et vitreuse. I-3-Texture et structure ➤ Texture C'est le mode d'agencement des minéraux qui constituent les roches magmatiques. En général, les roches magmatiques présentent souvent des textures équantées ou isotropes, c'est-à-dire les cristaux ne présentent aucune orientation particulière. ➤ Structure C'est l'arrangement, la disposition, et les forme des éléments constitutifs d'une roche. Elle est déterminée en fonction de la vitesse de solidification du magma et la dimension des minéraux, on subdivise en : ➤ Structure grenue : si tous les minéraux sont visible à l'œil nu avec une dimension égale varie de quelques mm jusqu'à 1 ou 2 cm. Elle se rencontre dans les roches plutoniques, holocristallines, dont le refroidissement est très lent. Et il y a une variation à l'intérieur de cette structure : - Structure grenue porphyroïde si certains minéraux comme le Feldspath ont une taille plus grande que les autres. Exemple : granite porphyroïde d'Ilaka. - Structure grenue pegmatitique si presque tous les cristaux sont gigantesques, leurs dimensions moyennes varient de quelques cm à plusieurs dm.	pour l'illustrer	
1h25'		Faire observer Un échantillon de roche	
1h45'		Observer à l'œil nu	

2h00' 2h05'	➤ Structures microgrenues Elles se caractérisent par les minéraux en grains de petites dimensions dont leurs tailles ne dépassent pas de quelques millimètres. Dans ce type, il y a aussi une variété porphyroïde. On trouve souvent cette structure dans les gisements filoniens. Exemples : Microgranite, Microsyénite. ➤ Structure microlitique Elle s'est définit par l'extrême abondance des petits cristaux microscopiques de Feldspath appelée « microlite ». Et on distingue en: structure microlitique aphanitique et structure microlitique porphyrique. C'est une structure caractéristique des roches volcaniques ou roches de surface, à refroidissement rapide. Exemple : Rhyolite, Basalte ➤ Structure vitreuse Elle est connue par l'abondance d'un verre et l'absence de cristaux bien formés due à la cristallisation très rapides. Exemple : Obsidienne, Ponce I-4-Composition minéralogique Les roches magmatiques sont constituées par plusieurs minéraux de nature différente, à savoir : - Les minéraux cardinaux ou minéraux claires, qui sont les plus abondants. Ce sont le Quartz, les Feldspaths (Orthose, Plagioclase) et les Feldspathoïdes. Ils permettent de définir les grandes familles et les sous familles des roches magmatiques dont ils servent à sa classification. - Les minéraux essentiels ou minéraux sombres, peu abondants par rapport aux minéraux cardinaux. Ce sont l'Amphibole, les Pyroxènes, les Micas, l'Olivine ou Périidot, leur proportion relative permet de déterminer la couleur d'une roche. - Les minéraux accessoires ou minéraux accidentels, a très	Prendre un exemple de roche Prendre un exemple de roche	Faire participer les élèves pour décrire les roches
---------------------------	---	---	--

2h25'	faible quantité, sa présence est important pour préciser le nom exact d'une roche comme le Tourmaline, le Magnétite, Sphène, Zircon, I-5-Classification des roches magmatiques Plusieurs classifications sont possibles pour les roches magmatiques mais la plus simple et universelle c'est la classification naturelle basée sur la nature et la proportion des minéraux présents, la structure et la couleur. Les critères qui ont été adoptés pour les classifier sont : -la présence ou absence des minéraux cardinaux -la nature des minéraux cardinaux, et on a : les roches à Quartz et Feldspaths, les roches à Feldspaths seuls, et les roches à Feldspaths et Feldspathoïdes. -la nature des Feldspaths : les roches à Feldspaths alcalins seuls, les roches à Feldspaths alcalins et Plagioclase, et les roches à plagioclases seuls. Cette classification naturelle est illustrée sur l'annexe II.		Illustrer le cours à l'aide des exemples
3h00'	I-6 Utilisations des roches magmatiques Les roches magmatiques ont une multiple utilisation. On les utilise comme : - matériaux de construction due à leur résistance à la compression et sa dureté, et fournit divers produits. Exemple : le granite peut être transformé en moellon, parpaing, graviers, gravillon et sable de carrière. - pierre d'ornementation par le fait de sa couleur différente, on utilise pour la fabrication de stèles commémoratives, statues, statuettes,... - matière première pour exploiter certains minerais : fer, quartz, or, nickel, cobalt, uranium). I-7 Répartition des roches magmatiques à Madagascar Les roches magmatiques sont extrêmement abondantes à	Utilisation du loupe et du microscope Prendre des échantillons puis les classifier Demande aux élèves l'utilité des roches magmatiques	Se référer toujours sur la vie Quotidienne.

3h25'	Madagascar dont la plupart se rencontrent dans le socle cristallin, mais se localisent aussi dans les roches sédimentaires. - Les roches plutoniques se trouvent dans les Hauts plateaux malgaches comme les granites porphyroïdes de Carion ; d'Ilaka ; le granite de Vavavato, de Behenjy, de Tsiroanomandidy ; le granite roses de l'Ibity, de l'Ambatomarina ; le gabbro de l'Itsindro, le granite de l'Imorona ; le complexe intrusif d'Ambatofinandrahana comprend le granite, la syénite et le gabbro. Au Sud, il y a : le granite d'Ambalavao, d'Andringitra. Et le gabbro, péridotite, charnockite, syénite et les pegmatites de Tsaratanana, et le granite, diorite quartzique de Maevantanana recouvrent la partie Ouest. Puis le massif granitique d'Ambohimirahavavy au Nord. - Les roches filoniennes se rencontrent dans la région d'Ambatomiranty, d'Ambatofinandrahana et d'Andriamena. - Les roches volcaniques, des trachytes, rhyolites, basaltes, ankaratrite, basanites se localisent dans les massifs d'Ankaratra (Antsirabe et Itasy) dans la région centrale. Au Sud, on trouve le basalte et rhyolite d'Androy. Et le massif volcanique d'Ambre occupe l'extrême Nord du pays.	ques en Utilisa- tion d'une carte géologi- que de Madagas- car	Repartir les roches et commen- ter une carte géologi- que de Madagas- car
4h00'			

PROPOSITION DE FICHE PEDAGOGIQUE POUR LA CLASSE TERMINALE D
RAPPORTANT LA NOUVELLE MISE A JOUR DU P.G.R.M 2012 : NOUVELLE CARTE
GEOLOGIQUE DE MADAGASCAR A L'ECHELLE 1/1.000.000

Matière: Sciences de la Vie et de la Terre

Durée : 3 heures

Concept : Géologie

Classe : Terminale D

Titre : GEOLOGIE 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.

Objectifs spécifiques : L'élève doit être capable de (d'):

- énumérer les formations géologiques de Madagascar avec ses caractères pétrographiques

- connaître la géochronologie de géologie de Madagascar et localiser les dans une carte géologique de Madagascar

Documentations

- ALLARD M. et AUBERT J-M. LACOSTE. (1970). Géologie de Madagascar. Edition de l'Ecole. Paris. 89p.

- DELOR C., PETER S-G., RALISON W, RAFIDIMANANA M, THEVENIAUT H, TUCKER R-D. (2012). Nouvelles cartes géologiques et métallogéniques de Madagascar l'échelle millionième. PGRM-USGS. Antananarivo. 23p.

- RAZAFIMAHATRATRA D-D. (2015). Géologie de Madagascar 4^{ème} Année Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure. Antananarivo. 120p.

- RAKOTONJANAHARY M-J. (2016). Etude des suites magmatiques granitiques sur l'axe Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du C.A.P.E.N filière Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure. Antananarivo.86p.

Timing	Contenus	Stratégies	Observations
05'	Introduction Madagascar est constitué par le socle cristallin, la couverture sédimentaire et les suites magmatiques. I. Les socles cristallins malgaches Ils occupent le 2/3 orientaux de l'île et constitue par des roches métamorphiques et des roches magmatiques, fortement plissées, et daté du Précambrien. Il comprend six grands domaines tectono-métamorphiques : I.1 Domaine d'Antogil-Masora Ce domaine se subdivise en deux sous-domaines : Sous domaine Antogil (entre Antalaha et Fénerive Est) et sous domaine Masora (Mahanoro jusqu'à Mananjary). Ce sont des formations d'âge Archéen constituées par l'ensemble volcano-sédimentaire, des Orthogneiss, Amphibolites, Schistes, Quartzites et roches Ultramafiques.	Rappel Explication du socle Utilisation de la carte géologique de Madagascar	Faire participer les élèves Commenter une Carte

20'	I.2- Domaine d'Antananarivo C'est le plus grand domaine qui constitue l'ossature central du socle. Il est composé essentiellement de Gneiss, Migmatite, Quartzites, et des intrusions magmatiques comme le Granite, Gabbro, Pegmatites et des séries Ultrabasiques. Ce domaine s'est formé vers le Neoarchéen, traversé par les suites d'Imorona-Itsindro, d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano et les granites filoniens d'Ambatomiranty. I.3 Le domaine d'Ikalamavony Il se trouve entre le domaine d'Antananarivo et le domaine Anosyen-Androyen. Ce sont des terrains d'âge Paleoproterozoïque constitués par des roches Métavolcaniques et Métasédimentaires, Quartzites, Schistes et Cipolin, puis recoupés par la suite d'Imorona-Itsindro et la suite de Dabolava. I.4 Domaine Anosyen-Androyen Qui comprend deux sous-domaines ou blocs : Anosyen et Androyen occupent les plus méridionaux du socle. Il est daté de Paleoproterozoïque à Neoproterozoïque. Sa pétrographie est marquée par Gneiss, Leptynites, Amphibolites, Quartzites, des Granites et Pyroxénites. Ce domaine est traversé par les suites d'Imorona-Itsindro, d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano et de Dabolava. I.5 Domaine de Vohibory C'est un domaine exotique, situé dans la partie Sud-Ouest de Madagascar, et est daté de l'Ediacarien ($\approx 630\text{Ma}$). Il est constitué par des Métabasaltes, des roches volcaniques et des roches Métasédimentaires. I.6 Domaine de Bemarivo C'est le plus méridional et septentrional du socle, d'âge Cryogénien (750-740Ma). Ce domaine est formé par des Meta sédiments, Orthogneiss, roches volcano-sédimentaires et d'arc magmatique. Il est traversé par la suite de Manambato		
45'			Demander aux élèves la localisation géogr.-phique de chaque domaine sur la carte de Madagascar
1h00'		Localiser les 6 domaines du socle sur la carte	récapitulation

	(équivalent de la Suite d'Ambalavao).	du socle	
1h10'	II. Les formations sédimentaires Elles couvrent le tiers restant de la surface totale de l'île, présentant une large bande continue sur la côte occidentale, puis en mince bande discontinue sur la frange orientale et sur la partie centrale. Cette formation est datée du Carbonifère à l'ère actuelle, et est constituée par une superposition des couches faiblement inclinées jamais plissées. Les plus grandes couvertures sédimentaires malgaches sont rencontrées dans les trois grands bassins côtiers : bassin de Diego, bassin de Majunga et bassin de Morondava. D'ailleurs, on peut trouver aussi sur les bassins centraux comme le bassin lacustre d'Antsirabe, le bassin lacustre d'Alaotra ; et sur une frange orientale entre Vohémar- cap Masoala et Mahanoro-Mananjary.	analyse d'une carte	Rappeler les caractéristiques des roches sédimentaires
1h 25'	Les roches sédimentaires se subdivisent en deux grands groupes : les formations Karoo et les formations Post-Karoo II.1 Les formations Karoo Elle est datée du Carbonifère Supérieur à Jurassique Moyen, qui comprend de la base au sommet les groupes de Sakoa, Sakamena et Isalo.	Explication du mot Karoo	
1h 45'	a. Le groupe de Sakoa Elles se forment du Carbonifère Supérieur à Jurassique Moyen, et est comportant 4 séries, de bas en haut les formations glaciaires, les couches à charbons, la série rouge inférieure et les calcaires de Vohitolia. b. Le groupe de Sakamena Il est essentiellement schisteux datant du Permien Supérieur à Trias inférieur. Ce groupe se subdivise en trois, de la base au sommet : Sakamena inférieur, Sakamena Moyen et Sakamena Supérieur.	Utilisation d'une échelle	

2h 00'	c. Le groupe de l'Isalo Sa mise en place aura lieu du Trias Moyen au Jurassique Moyen. Il comprend l'Isalo I à la base, l'Isalo II au moyen et l'Isalo III au sommet. II.2 Les formations Post-Karoo Ce sont des formations marines datées du Jurassique au Quaternaire, marquée par une importante sédimentation suivie d'une transgression marine.	strati- grap- hique	
2h 15'	III. Les suites magmatiques Ce sont des roches magmatiques qui traversent le socle cristallin, présentant dans une région et à une époque donnée des caractères minéralogiques et chimiques communs. Les principales suites magmatiques à Madagascar sont :	Utili- sation d'une carte	Caracté- -riser
2h 30'	III.1 La suite de Dabolava C'est la suite la plus ancienne datée de 1Ga, et formée par des faciès basiques (Gabbros et Diorites), faciès intermédiaires (Tonalite et Granite). Elle est localisée à la limite entre le domaine d'Antananarivo (Archéen) et le domaine Anosyen-Androyen (Paléoprotérozoïque). III.2 La Suite de d'Imorona-Itsindro Cette suite date de 820-760Ma, caractérisée par les faciès ultrabasiques du type Ambodilafa, basique du type Imorona, intermédiaire à acide du type Itsindro et le faciès Brickaville III.3 La suite de d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano C'est la suite magmatique la plus récente qui indique la fin de l'histoire orogénique du socle précambrien de Madagascar due à la déformation Panafricaine. Elle se situe entre 570Ma et 520Ma, et est comprend : Kiangara constitué par des granites « stratoïdes », Ambalavao (au Sud) et Maevarano (au Nord) Ce sont des Granites pré-tectoniques – Anosyen-Androyen	expli- quer les mag- matis- mes passés à Mada- gascar et la mise en place des roches	les roches magma- tiques

(570Ma) et granites syn et post-tectoniques (540-520Ma).

Voici la carte géologique de Madagascar comportant le 6 domaines du socle et la couverture sédimentaire :

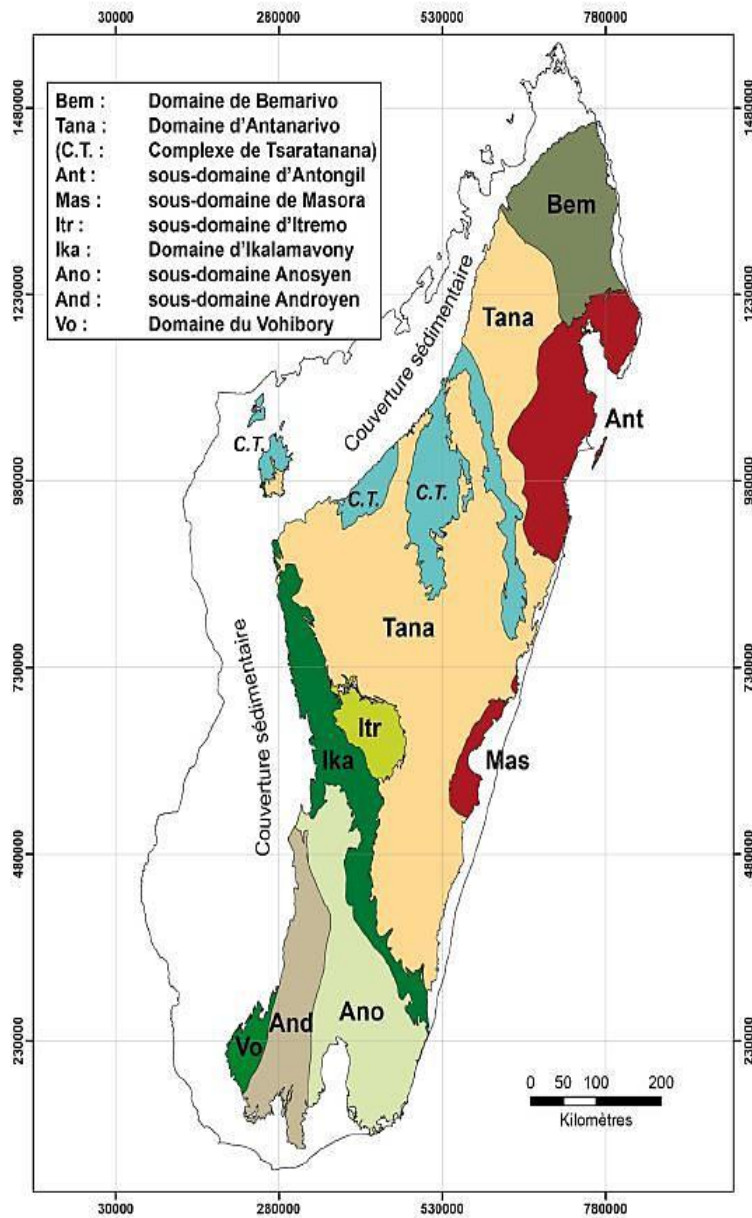


Figure : Les domaines géologiques du socle cristallin malgache et la formation sédimentaire d'après les résultats du PGRM en 2012 à l'échelle 1/1.000.000

Faire un résumé à l'aide d'une carte

Utilisation du kraft

Faire une évaluation

CONCLUSION

ET

PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En guise de conclusion, les roches magmatiques présentent des caractères particuliers : son origine à partir de la solidification du magma, son mode de gisement à grands massifs et l'absence des fossiles et leur classification minéralogique et chimique.

Madagascar est constitué par un substratum de vieux socle Précambrien, une formation sédimentaire d'âge Carbonifère supérieur à l'ère actuel et des suites magmatiques datées de 1Ga à 520Ma. Le socle cristallin malgache est traversé par des suites magmatiques qui sont la suite de Dabolava (1Ga), la suite de l'Imorona-Itsindro (820Ma-760Ma) et la suite d'Ambalavao-Kiangara (570Ma-520Ma). Elles permettent de définir l'histoire géologique de Madagascar, la séparation définitive avec l'Inde et l'Afrique.

Un phénomène de granitisation intense s'est apparu vers Néoprotérozoïque durant l'orogénèse Panafricaine qui est à l'origine de la plupart de granite dans les suites magmatiques.

Parmi eux, neuf (9) échantillons de roches magmatiques ont été étudiés pour vérifier ses similarités pétrologiques.

Les modes de gisements de ces roches sont plutoniques et filoniens. Leurs structures sont généralement grenues mais la granulométrie est différente selon leurs faciès. Elles présentent une texture équante, une structure granoblastique hétérogranulaire et grano-lepidoblastique hétérogranulaire.

De plus, elles sont constituées par onze (11) espèces minérales de nature et de quantité différentes, regroupées en trois grandes catégories : les minéraux clairs ou minéraux cardinaux (quartz, le microcline, l'orthose, le plagioclase et le myrméckite), les minéraux ferromagnésiens (biotite, hornblende et pyroxène) et minéraux accessoires (tourmaline, sillimanite et minéraux opaques). D'après l'étude microscopique, ce sont les minéraux felsiques qui prédominent avec une proportion moyenne dans toutes les roches atteignant jusqu'à 75,57% et se répartissent en 22,15% d'orthose ; 21,15% de microcline ; 20,35% de quartz ; 9,16% de plagioclase et 2% de myrméckite. Pourtant, les minéraux ferromagnésiens et les minéraux accessoires n'occupent que 24,43% seulement. Voilà pourquoi, la plupart des roches sont de teintes claires ou leucocrates sauf le granite d'Ambatomiranty (MP1) et le granite à amphibole d'Ambalavao (MP5a) sont mésocrates par le fait de leur teneur en biotite et en hornblende verte importante.

En outre, les granites porphyroïdes et les granites à tourmalines d'Ambatomarina ont un caractère exceptionnel par la présence deux générations de minéraux : l'une à gros grains et l'autre à petits grains. La structure porphyroïde du granite d'Ilaka (MP2) et du granite d'Ambatomarina (MP4a) appartient au même faciès par sa richesse en feldspaths potassiques mais se différencie par la déformation tectonique.

Le microcline et l'orthose associés au quartz jouent un rôle important pour la coloration des roches en roses. Les résultats obtenus montrent que les neufs échantillons sont tous des « granites » : granites filoniens d'Ambatomiranty, granites porphyroïdes d'Ilaka et d'Ambatomarina, granites roses d'Ibity et granites stratoïdes d'Ambalavao. Les formes d'altération se manifestent sous forme de débit en boule et en lavaka.

Les résultats de cette présente étude nous permettent d'illustrer que les suites magmatiques (granites) rencontrées sur l'axe Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo ont une nette similarité tant au niveau pétrographique que pétrologique. En effet, l'hypothèse a été vérifiée.

Sur le plan pédagogique, ce mémoire constitue un document utile pour les élèves et les enseignants en vue de concrétiser et d'améliorer le cours de géologie tant aux collèges qu'aux lycées et même à l'université surtout la mise à jour du programme de géologie de Madagascar.

Les suites magmatiques sont des roches ayant une valeur importante non seulement sur la géologie de Madagascar mais aussi sur la minéralisation et ses diverses utilisations.

Enfin, dans l'avenir nous envisageons à une nouvelle recherche sur l'analyse chimique de ces granites, sur l'étude des autres roches de suites magmatiques et à la minéralisation associée au processus de la mise en place des suites magmatiques sur cet axe.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ALLARD M., AUBERT J-M, LACOSTE. (1970). Géologie de Madagascar. édition de l'Ecole. Paris. 89p.
2. AUZIAS D.et LABOURDETTE J-P. (2009). Petit Futé Madagascar Country Guide. édition de l'Université de AUZIAS et associé. Paris. 694p.
3. BATTISTINI R. (1996). Paléogéographie et variété des milieux naturels à Madagascar et dans les îles voisines, Biogéographie de Madagascar. édition de l'ORSTOM. Paris. pp1-17.
4. BESAIRIE H. (1957). Les Granites des Ambatomiranty, de Behenjy et de Vavavato près de Tananarive à Madagascar. Service Géologique. Antananarivo.76p.
5. BESAIRIE H. (1961). Les ressources minérales de Madagascar, Annales géologiques de Madagascar. Fascicule n°XXX. Imprimerie Nationale. Antananarivo. 116p.
6. BESAIRIE H. (1973). Précis de géologie malgache, Annales géologiques de Madagascar. Fascicule n°XXXVI. Imprimerie Nationale. Antananarivo. 141p.
7. CAILLEUX A. (1976). Géologie générale Terre-Lune-Planète. édition Masson. Montréal. 346p.
8. CAILLEUX A. (1962). Guide de Travaux Pratiques de Géologie Tome I. Terrain.2^{ème} édition CDU et SEDES réunis. Paris. 132p.
9. CAILLEUX A. et CHAVAN A. (1959). Déterminations Pratiques des Roches. 7^{ème} édition SEDES. Paris V^{ème}. 196p.
10. CAILLEUX A. et POMEROL C. (1962). Guide de Travaux Pratiques de Géologie, Mesures et calculs tome III. édition CDU et SEDES réunis. Paris V^{ème}. 148p.
11. COLLINS A-S. (2006). Madagascar and the amalgamation of Gondwana. Continental Evolution Research Group. The University of Adelaide. Australia. 16p.
12. COLLINS A-S. et PISAREVSKY S-A. (2005). Amalgamating eastern Gondwana : The evolution of Circum Indian Orogens Earth. Science review. The University of Adelaide. Australia. 42p.
13. CONTRAINE J. (1970). Etude Géologique de la région d'Ambalavao. Travaux de Bureau Géologique n°132. Service Géologique. Antananarivo. 23p.
14. COUVERING. (1995). La Nature, Les Roches et Minéraux. édition Hachette. Paris. 625p.

15. COX R., CHOCKEL C-B, COLEMAN D-S, COLLINS A-S, DE WAELE B. (2004). Paleoproterozoic Tectonostratigraphy of central Madagascar Derived from Detrital Zircon U-Pb Age Populations. Department of Geosciences, William College. Williamston (USA). 26p.
16. DELBOS L. (1959). Essai de classification des granites malgaches. Travaux de Bureau Géologique n°93. Service géologique. Antananarivo. 43p.
17. DELOR C., PETER S-G, RABARIMANANA M., RALISON W., THEVENIAUTH, et TUCKER R-D. (2012). Nouvelles cartes géologiques et Métallogénique de Madagascar à l'échelle du millionième. PGRM, USGS. Exposition du 28-29 Juin 2012 au Carlton Anosy. Antananarivo. 23p.
18. DELUBAC G. et RANTOANINA M. (1963). Etude géologique et prospection des feuilles Itremo et Ambatofinandrahana au 1/100 000. Travaux de Bureau Géologique n°113. Service Géologique. Antananarivo. 43p.
19. DE WAELE B., THOMAS R-J, RANDRIAMANANJARA T. et RALISON V. (2014). Provenance and Tectonic significance of the Paleoproterozoic metasedimentary of successions of central and northern Madagascar. Publication de l'Université d'Antananarivo. Antananarivo. 185p.
20. FOURMARIER R. (1949). Principes de Géologie Tome I. édition Masson et C^{ie}. Paris. 863p.
21. FOUCAULT A. et RAOULT J-F. 1992. Dictionnaire de Géologie. 3^{ème} édition Masson. Paris, Milan, Barcelone. 352p.
22. FOUCAULT A. et RAOULT J-F. (2005). Dictionnaire de Géologie. 6^{ème} édition Masson. Paris. 385p.
23. FURON R. (1965). Cours de Géologie Fascicule I. CDU. Paris. 104p.
24. FURON R. (1962). Formulaire du géologue. édition P.CHEVALIER. Paris. 141p.
25. GAF A-G. et DAHL R. (2005). Madagascar, Présentation générale. BPGRM. Antananarivo. pp 1-15.
26. GREGOIRE V. (2009). Caractérisation Pétrostructurale du Socle Précambrien de Madagascar (Pays Betsileo, Province Fianarantsoa) : Méthodologie et Implication géodynamique. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre Université Paul Sabatier Toulouse. Toulouse. 171p.
27. GUILLEMOT J. (1986). Eléments de Géologie. Ecole Nationale du Pétrole et des Moteurs. 4^{ème} édition TECHNIP. Paris. 200p.

28. HOTTIN G. (1970). Géochronologie et Stratigraphie Malgache. Service Géologique. Antananarivo.16p.
29. JUNG J. (1963). Précis de Pétrographies roches sédimentaires, roches métamorphiques et éruptives. 2^{ème} édition Masson et C^{ie}. Paris. 319p.
30. LE MAITRE. (2002). Classification et Répertoires des Roches Magmatiques, Sous-commission de la Systématique des roches magmatiques. 2^{ème}édition. Edition Cambridge University Press. Cambridge. 30p.
31. MOINE B. (1965). Etude et Prospection au 1/100.000 de la feuille Ambositra. Service Géologique. Antananarivo. 28p.
32. MOINE B. (1974). Caractère de Sédimentation et du Métamorphisme des séries précambriennes épizonales à catazonales du centre de Madagascar (région d'Ambatofinandrahana). Thèse de Doctorat Es-Sciences Naturelles. Université de Nancy. 289p.
33. MORET L. (1967). Précis de Géologie. 5^{ème} édition Masson et C^{ie}. Paris. 681p.
34. NOIZET G., RANTOANINA M., RAKOTOARISON W. (1963). Comptes rendus de la semaine géologique 1963. Imprimerie Nationale. Antananarivo. 300p.
35. ORTEGA E. et MOINE B. (2008). Synthèse générale de la nouvelle cartographie géologique de Madagascar, Symposium sur les perspectives métallogéniques et nouvelle approche du potentiel minier de Madagascar. PGRM. Antananarivo.74p.
36. PARAT F. (2015). Pétrologie Endogène. Géosciences. Université Montpellier. pp1-12.
37. POMEROL C et FOUET R. (1961). Les Roches. Collection « Que sais-je ? » Presse Universitaire de France. 126p.
38. PONCELET A., BORDES C., PALLIER A. (2012). Le Guide du routard de Madagascar. édition Hachette. Italie. 431p.
39. RAFIDIMANANA R-H. (1995). Contribution à la réalisation de Travaux Pratiques de Minéralogie et de Pétrographie dans la classe de Seconde Malgache. Mémoire en vue d'obtention de CAPEN, Filière Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure. Antananarivo. 64p.
40. RAHELIARIVELO H-J. (2004). Document de travail et d'enseignement de la Pétrographie en classe de Seconde du lycée à Madagascar. Mémoire en vue d'obtention du CAPEN, Filière Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure. Antananarivo. 66p.

41. RAKOTOMALALA N-F. (2014). Monographie du Secteur minier à Madagascar. Chambres de Mines de Madagascar. Cabinet HARSON. Antananarivo. 62p.
42. RANDRIANASOLO E-B. (2009). Nouvelles Méthodes de cartographie sur le socle Protérozoïque du Sud de Madagascar. Thèse de Doctorat en Géologie Appliquée. Université Joseph Fourier Grenoble I. Grenoble I. 269p.
43. RANJANIAINA T-F. (2015). Evaluation et mise à jour de l'enseignement de la géologie de Madagascar en classe Terminale D. Mémoire en vue d'obtention de CAPEN, Filière Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure. Antananarivo. 104p.
44. RANTOANINA B. (1993). Etude pétrographique et géochimique, exploitation économique et pédagogique du massif de l'Ankatso, zone Est Antananarivo, région centrale des hauts plateaux de Madagascar. Mémoire C.A.P.E.N, filière Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo. Antananarivo. 79p.
45. RASOLONJATOVO M-T. (2014). Lien entre la culture sur les « Vato » ou rochers et leur signification scientifique (Géoculture) cas aux environs de la zone d'Andringitra, district d'Ambohidratrimo, région Analamanga. Mémoire en vue d'obtention de CAPEN, Filière Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure. Antananarivo. 66p.
46. RAUNET M. (1997). Les ensembles morphopédologique de Madagascar. Thèse Université d'Antananarivo. 106p.
47. RAZAFIMAHATRATRA D-D. (2015). Géologie de Madagascar 4^{ème} Année Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure. Antananarivo. 120p.
48. RITTMAN A. (1963). Les Volcans et leurs activités. édition Masson et C^{ie}. Paris. 416p.
49. TUCKER R-D, ROIG J-Y, DELOR C., AMELYN Y., GONCALVES P., RABARIMANANA M-H, RALISON A-V et BELCHER R-W. (2010). Neoproterozoic extension in the Greater Dharwar Craton : a reevaluation of the "Betsimisaraka suture" in Madagascar. NRC Research Press. Reston, USA. pp1-29.

WEBOGRAPIES

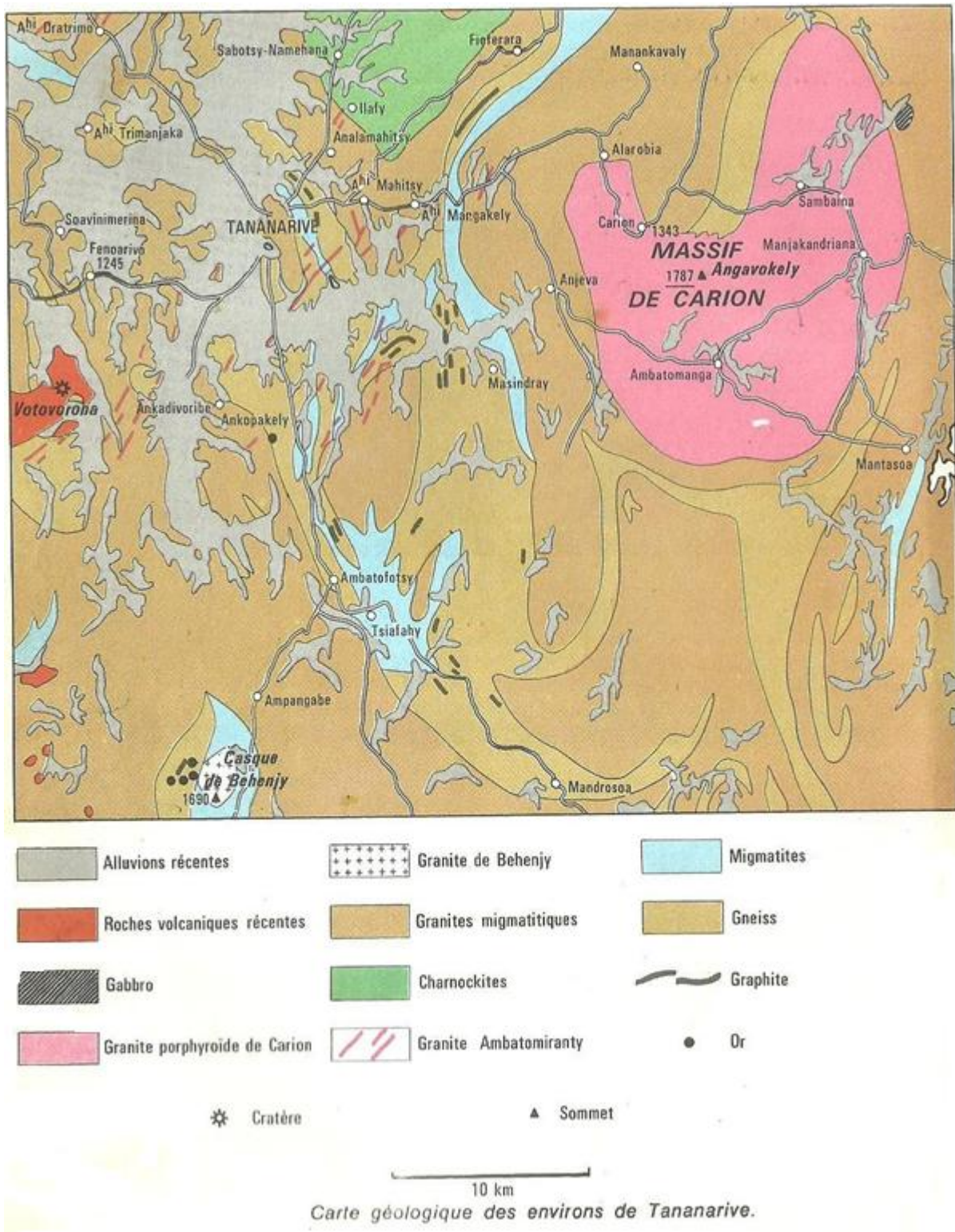
1. www.books.openedition.org/irdeditions consulté le 15/01/16
2. <http://geolvar.free.fr/pages/magmatisme.htm> consulté le 13/01/16
3. <http://mtkfr.accesmad.org> consulté le 12/03/16
4. <http://geolvar.free.fr/pages/magmatisme.htm> consulté le 10/03/16
5. <http://geolvar.free.fr/pages/magmatisme.htm> consulté le 10/03/16

ANNEXES

ANNEXES DU MEMOIRE

ANNEXE I : CARTE ANTANANARIVO-MANJAKANDRIANA A L'ECHELLE

1/100.000



Source : ALLARD M., et al. 1970. Géologie de Madagascar. Edition de l'Ecole. Paris. 89p.

ANNEXE II : TABLEAU DE CLASSIFICATION NATURELLE DES ROCHES MAGMATIQUES

ROCHES A MINERAUX CARDINAUX	Minéraux Natures Blancs des Feldspaths		Quartz+ Feldspaths	Feldspaths seuls	Feldspaths+Feldspathoïdes	Minéraux sombres	Couleurs
	Feldspaths Alcalins (F.A) seuls : Orthose, Microcline		GRANITE <i>Microgranite</i> <u>Rhyolite</u> } Alcalins	SYENITE <i>Microsyénite</i> <u>Trachyte</u> OBSIDIENNE(Vitreuse) } Alcalins	SYENITE NEPHELINIQUE <i>Microsyénite néphélinique</i> <u>Phonolite</u>	Micas Amphibole	Claires
	Feldspaths alcalins (F.A) + Plagioclase acides(Pl)		GRANITE <i>Microgranite</i> <u>Rhyolite</u> } Calco-alcalins	MONZONITE (PI>FA) SYENITE(FA>PI) <i>Microsyénite</i> <u>Trachyte</u> } Calco-alcalins	MONZONITE NEPHELINIQUE SYENITE NEPHELINIQUE <i>Microsyénite néphélinique</i> <u>Phonolite</u>	Micas Amphibole	
	P l a g i o c l a s e s	Plagioclase moyen (Andésine)	DIORITE QUARTZIQUE <i>Microdiorite quartzique</i> <u>Dacite</u>	DIORITE <i>Microdiorite</i> <u>Andésite</u>	ESSEXITE <i>Microessexite</i> <u>Téphrite</u>	Micas Amphibole Pyroxène	Grise
		Plagioclase basique (Ab>50%) (An<50%)	GABBRO QUARTZIQUE <i>Microgabbro quartzique</i> <u>Sakalavite</u>	GABBRO <i>Microgabbro</i> <u>Basalte</u>	THERALITE <i>Microthéralite</i> <u>Basanite</u> <u>Ankaratrite</u> (riche en Pyroxène)	Amphibole Pyroxènes Péridot	Sombre
ROCHES SANS MINERAUX CARDINAUX	Absence de minéraux cardinaux		PERIDOTITE (riche en Péridot) <u>Océanite</u>	PYROXENOLITE (riche en Pyroxène)		Pyroxènes Péridot	Noire

En majuscule gras : Roches plutoniques

Minuscules italiques : Roches filoniennes

Minuscules soulignées : Roches volcaniques

ANNEXE III : MICROPHOTOGRAPHIE DU GRANITE D'AMBATOMIRANTY

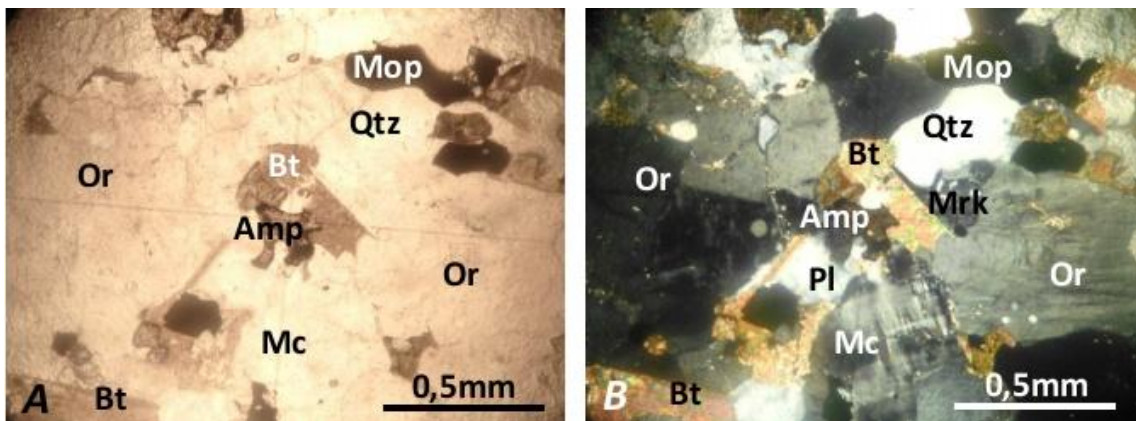


Figure 23A et 23B : Microphotographie du granite d'Ambatomiranty (MP1) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée.

ANNEXE IV : MICROPHOTOGRAPHIE DU GRANITE PORPHYROÏDE D'ILAKA (MP2)

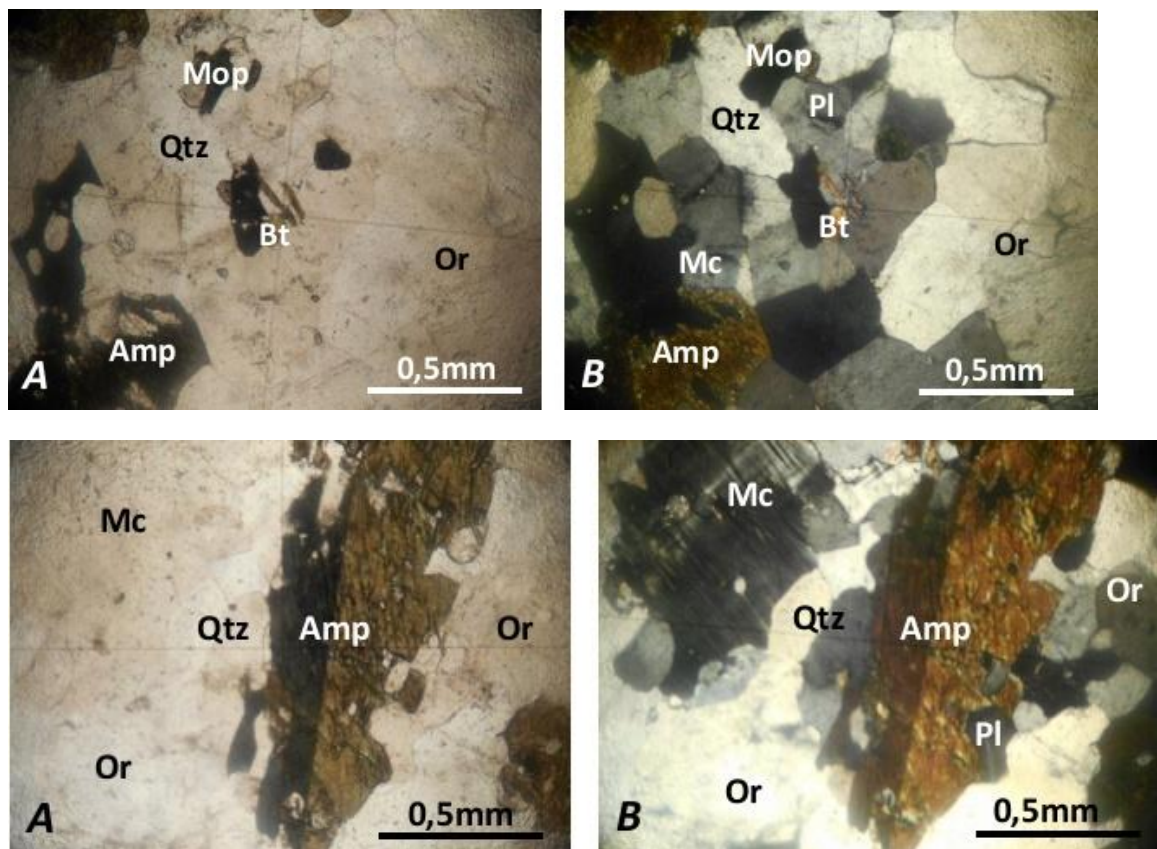


Figure 27A et 27B: Microphotographie du granite porphyroïde d'Ilaka (MP2) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée.

Sources : Photos de l'auteur

ANNEXE V : MICROPHOTOGRAPHIE DU GRANITE DE BEMANTA (MP3)

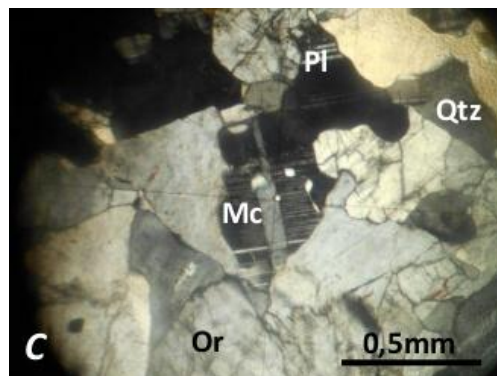


Figure 31C : Microphotophotographie du granite rose de Bemanta (MP3) en lumière polarisée

ANNEXE VI : MICROPHOTOGRAPHIE GRANITE PORPHYROIDE D'AMBATOMARINA (MP4a)

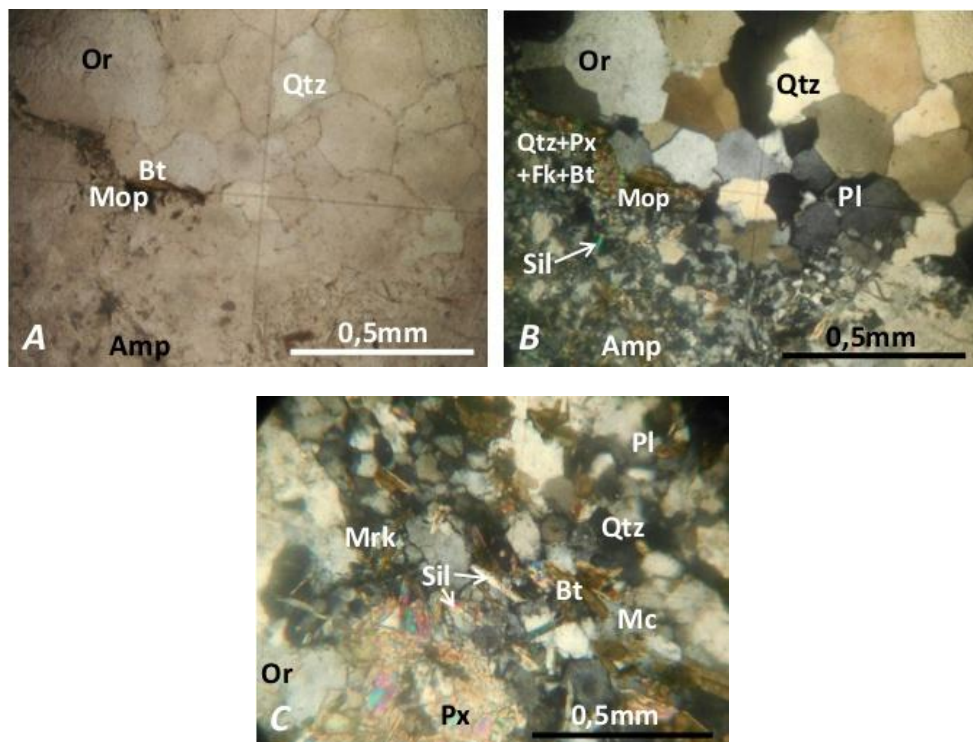


Figure 27A et 27B : Microphotophotographie du granite porphyroïde d'Ambatomarina (MP4a) : A en lumière naturelle, B et C en lumière polarisée

Sources : Photos de RAKOTONJANAHARY

ANNEXE VII : MICROPHOTOGRAPHIE DU GRANITE ROSE D'AMBATOMARINA (MP4b)

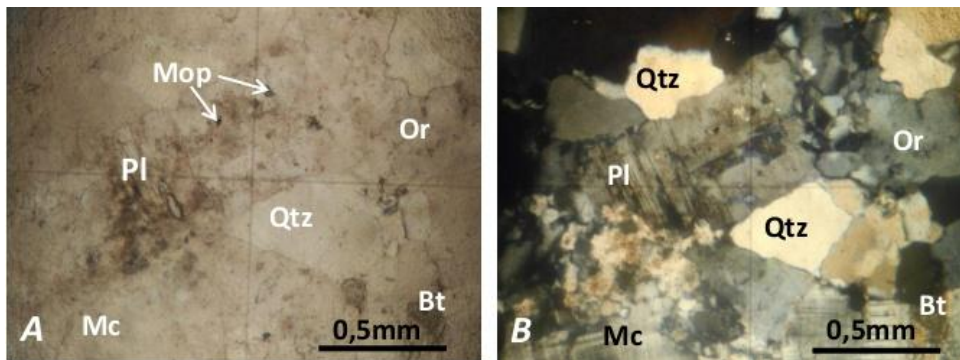


Figure 37A et 37B : Microphotographie du granite stratoïde d'Ambatomarina (MP4b) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

ANNEXE VIII : MICROPHOTOGRAPHIE DU GRANITE A TOURMALINE D'AMBATOMARINA (MP4c)

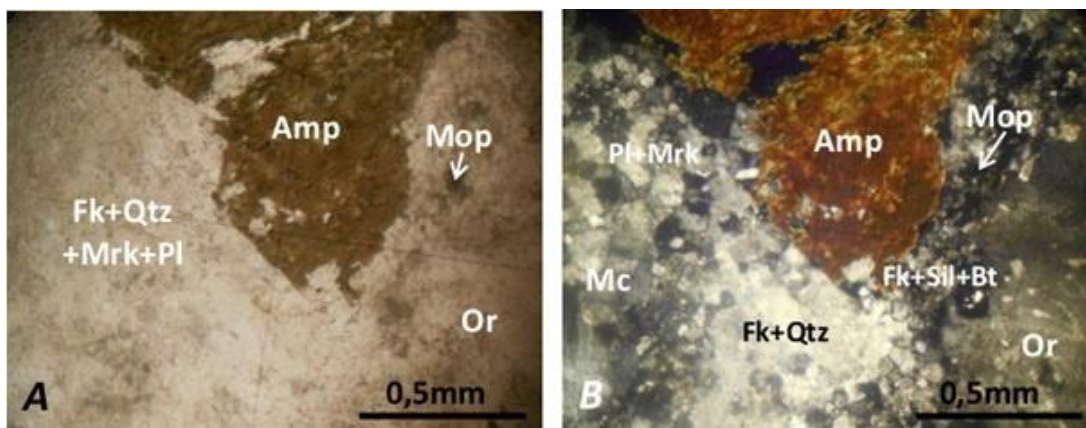


Figure 39A et 39B : Microphotographie du granite à tourmaline d'Ambatomarina (MP4c) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Sources : Photos de RAKOTONJANAHARY

**ANNEXE IX : MICROPHOTOGRAPHIE DE GRANITE A AMPHIBOLE
D'AMBALAVAO (MP5a)**

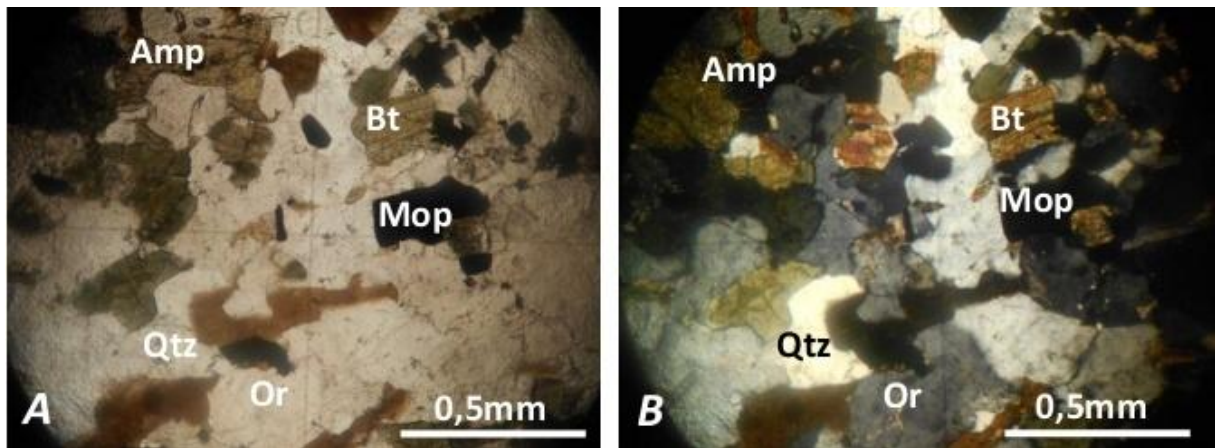


Figure 43A et 43B : Granite d'Ambalavao (MP5a) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

**ANNEXE X : MICROPHOTOGRAPHIE DE GRANITE ROSE D'AMBALAVAO
(MP5b)**

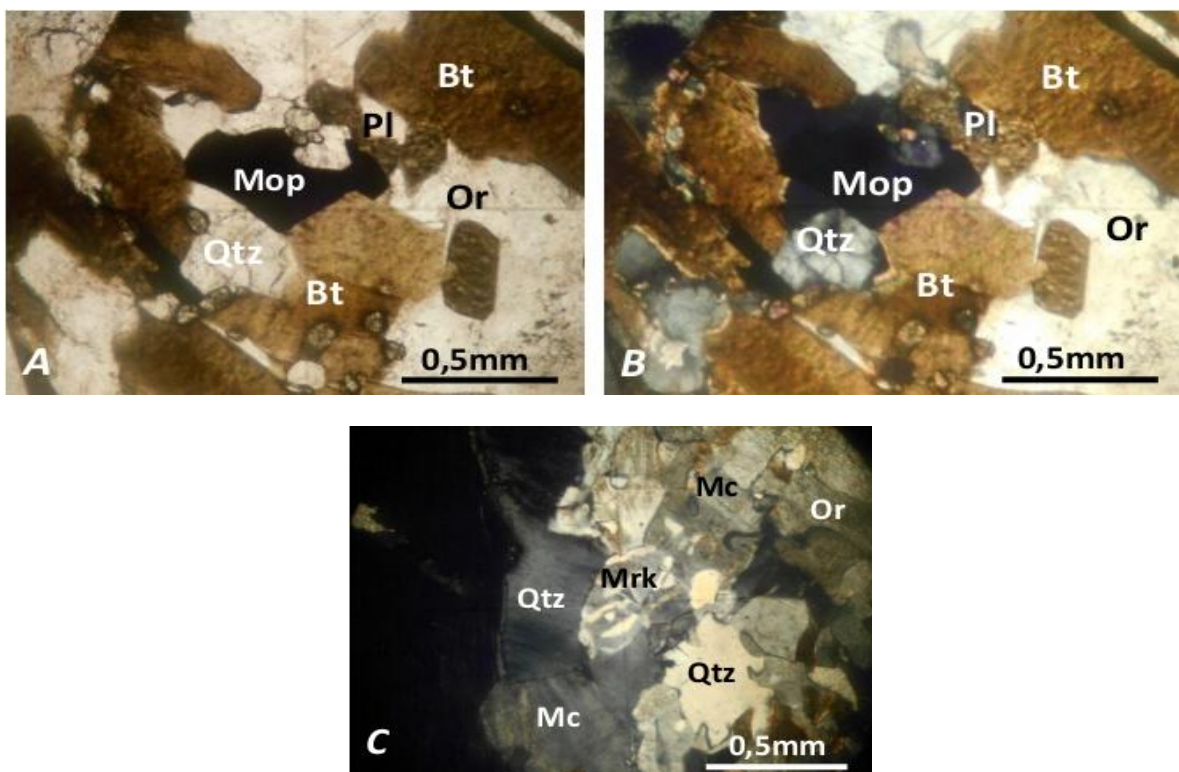


Figure 45 A, 45 B et 45 C : Microphotographie du granite rose d'Ambalavao (MP5b) : A en lumière naturelle, B et C en lumière polarisée

Sources : Photos de RAKOTONJANAHARY

ANNEXE XI : MICROPHOTOGRAPHIE DE GRANITE ROSE DE L'IBITY (MP6)

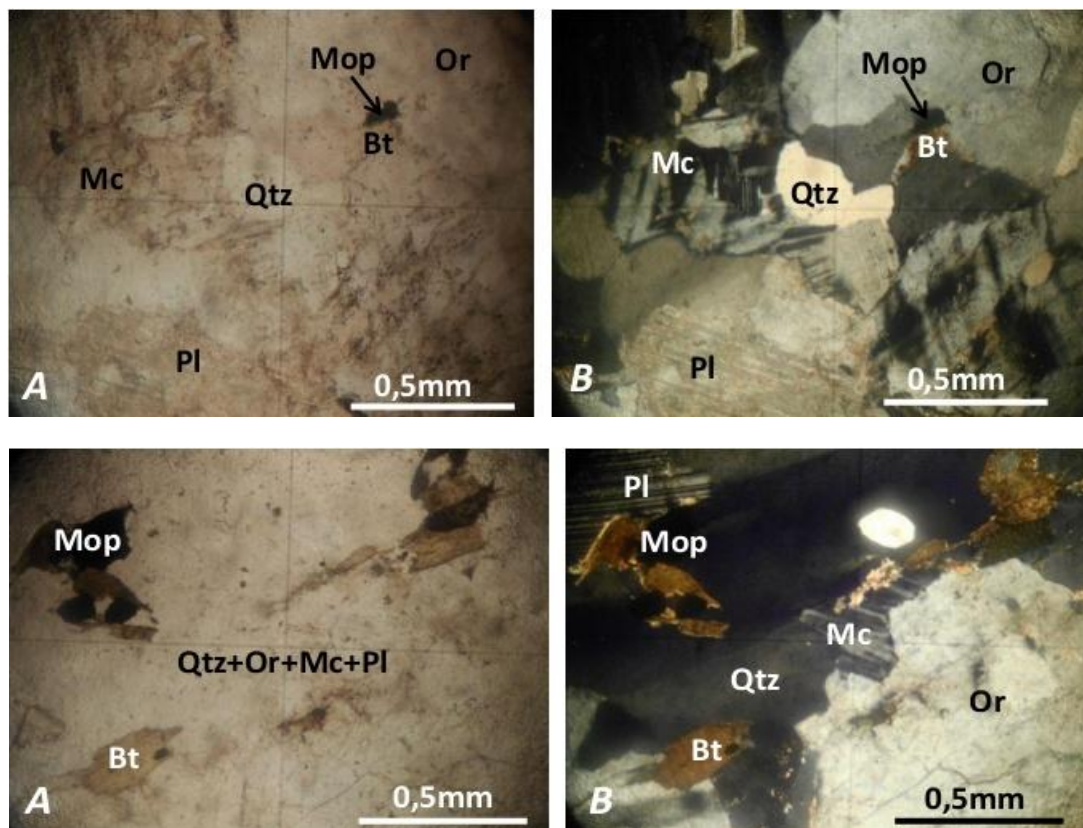


Figure 49 A, 49 B: Microphotographie du granite rose de l'Ibity (MP6) : A en lumière naturelle, B en lumière polarisée

Source : Photos de l'auteur

Significations des minéraux :

Amp : amphibole, Bt : Biotite, Mc : microcline, Mop : minéraux opaques, Mrk : myrméckite, Or : orthose, Pl : plagioclase, Px : pyroxène, Sil : silimanite et Tur : tourmaline

Remarque :

A : microphotographie en lumière naturelle

B : microphotographie en lumière polarisée

C : microphotographie en lumière polarisée

ANNEXE XII : GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES PETROGRAPHIE MAGMATIQUE EN CLASSE DE SECONDE

1. TEXTURE

- Equante ou isotrope : les cristaux ne présentent aucune orientation particulière.
- Vacuolaire : il y a des petites vacuoles ou cavités à cause de la présence de bulles de gaz pendant la solidification comme le cas des Scories volcaniques.

2. STUCTURE

- ✓ Grenue : normale, porphyroïde, aplitique et pegmatitique
- ✓ Microgrenue
- ✓ Microlitique
- ✓ Vitreuse

3. COMPOSITION MINERALOGIQUE

- ❖ Minéraux cardinaux ou minéraux claires : Quartz, Feldspaths, et Feldspathoïde.
- ❖ Minéraux essentiels ou ferromagnésiens, couleurs foncées : Micas, Amphiboles, Pyroxène, Périidot ou Olivine.
- ❖ Minéraux accessoires ou accidentels : Magnétite, Tourmaline, Calcite, Orthite, Epidote.

4. COULEUR

- Claires : Hololeucocrate et Leucocrate
- Intermédiaire : Mesocrate (grise)
- Sombre : Mélanocrate, et Holomélanocrate

5. **CLASSIFICATION** : suivant la classification naturelle, qui se base sur la nature des minéraux constitutifs.

6. GISEMENT ET REPARTITION A MADAGASCAR

- Plutonique : Roches de profondeur
- Filonien : Roches de semi-profondeur
- Volcanique : Roches de surface ou roche d'épanchement

7. CONCLUSION

ANNEXE XIII : LES DIFFERENTES STRUCTURES DES ROCHES MAGMATIQUES



Structure porphyroïde (granite porphyroïde)

Source : Photo de RAKOTONJANAHARY



Structure pegmatitique (granite pegmatitique)



Structure grenue (diorite)



Structure microgrenue (microgranite)



Structure microlitique (basalte)



Structure vitreuse (Ponce)

Source : <http://lithotheque.ens-lyon.fr/Lithotheque/FormRech/page>

Auteur : RAKOTONJANAHARY Mampionona Joseph

Adresse : Logt IVM 38Z Andohatapenaka I -Tanà 101

Contact : 034 85 854 85/ 033 80 082 03

E-mail : mamp67jose@gmail.com



**« ETUDE DES SUITES MAGMATIQUES GRANITIQUES SUR L'AXE
ANTANANARIVO-AMBATOFINANDRAHANA-ISALO »**

Directeur du mémoire : Docteur ANDRIAMAMONJY Solofomampielly Alfred

Nombre de pages : 86

Nombre de figures : 50

Nombre de tableaux : 04

RESUME

Les principales suites magmatiques qui traversent le socle précambrien malgache sont la suite de Dabolava (1Ga), la suite de l'Imorona-Itsindro (820Ma-760Ma) et la suite d'Ambalavao-Kiangara (570Ma-520Ma). Elles sont caractérisées par la présence des caractères pétrographiques et pétrologiques similaires. Afin de vérifier ces caractères, neuf (09) échantillons ont été pris sur l'axe Antananarivo-Ambatofinandrahana-Isalo. Ces roches présentent une texture équante, une structure granoblastique hétérogranulaire et grano-lepidoblastique hétérogranulaire. Parmi eux, deux échantillons sont porphyroïdes (granite d'Illaka : MP2) et (granite d'Ambatomarina : MP4a) et une roche (MP4c) est plus ou moins orientée. Elles sont généralement leucocrates mais deux roches (granites d'Ambatomiranty : MP1) et (granite à amphibole d'Ambalavao : MP5a) sont mésocrates. Elles sont constituées par 11 espèces minérales avec une proportion variée d'une roche à une autre. Les minéraux clairs (quartz, microcline, orthose, plagioclase et myrméckite) sont abondants (75,57%) tandis que les minéraux sombres (biotite, hornblende et pyroxène) et les minéraux accessoires (tourmaline, sillimanite et minéraux opaques) sont peu nombreux (24,43%) dans tous les roches. Ceux-ci montrent que les 9 roches étudiées sont trois types : granites filoniens, granites porphyroïdes et granites stratoïdes. La variation de la teneur de feldspaths potassiques change l'aspect et la couleur des roches : gris clair et rose. Alors, il existe une nette similarité sur la pétrologie de ces neuf roches granitiques.

Mots clés : Suites magmatiques, pétrologie, granites, leucocrate, filoniens, porphyroïdes, stratoïdes.