

ETUDE METALLOGENIQUE DE LA MONAZITE D'ANDOHARANO AMBATOFINANDRAHANA, MADAGASCAR

Dieudonné Razafimahatratra¹, Lala Andrianaivo², Alfred Andriamamonjy³, Miadana Andriamifidisoa²

- 1- Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, BP 881 Antananarivo 101, Madagascar.
Email : raddoks@yahoo.fr
- 2- Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, BP 1500 Antananarivo 101, Madagascar.
- 3- Sciences de la Terre et de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906 Antananarivo 101, Madagascar.

RESUME

Le gîte de monazite d'Andoharano se localise dans un petit massif de syénite à 5 km au NE d'Ambatofinandrahana. Il s'agit des roches post-tectoniques d'âge 550 Ma à 510 Ma appartenant à la suite magmatique d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano du sous-domaine de l'Itremo. Le faciès minéralisé est un filon de calcédoine à monazite et à barytine qui recoupe la syénite orienté vers N75 à pendage subvertical. Il présente une longueur de centaine de mètres avec une épaisseur moyenne de 2 à 4m. La monazite apparaît sous forme de taches brunâtres éparpillées dans les roches. Elle se présente sous deux formes, des cristaux automorphes à produits d'altération rougeâtre et des cristaux xénomorphes plus petits, qui sont probablement issus de la fracturation des premiers. La monazite est caractérisée par sa faible teneur en thorium et sa richesse en terres cériques (32% à 33,2% en cérium). C'est une monazite-cérique qui constitue des réserves en minerais de terres rares.

Mots clés : Monazite, terres cériques, barytine, calcédoine, filon, Andoharano, Ambatofinandrahana.

I. INTRODUCTION

La région d'Ambatofinandrahana est connue pour ses minéralisations en Terres Rares (Figure1). Exploitées vers les années 60 puis abandonnées depuis 1970, elles n'ont pas été réétudiées. Ces minéralisations ont été décrites comme associées aux pegmatites syénitiques (Lacroix, 1915, 1916, 1922 ; Guigues, 1954 ; Besairie, 1965) et reprises telles quelles par Cerny (1993a). En raison d'une demande industrielle des lanthanides actuellement, la revalorisation de ces anciens gisements est nécessaire pour la précision de leur nature et leur environnement afin de justifier ses intérêts économiques.

II. CARACTERISTIQUES DE LA MONAZITE

Elle a été décrite pour la première fois par Lévy (1823) sous le nom de tumérite. C'est Breithaupt (1829) qui lui a donné son nom actuel (du grec monozein = être seul, pour marquer l'originalité du minéral). La monazite se présente toujours sous forme cristallisée, dans le système monoclinique.

Les cristaux ont des faciès très variés souvent prismatique ou d'apparence rhombique. Elle se présente en cristaux allongés selon [001] et aplatis sur {100} aux faces fréquemment rugueuses, incurvées ou striées. Les cristaux de monazite sont maclés communément selon {100} (macle en gouttière) (Ni et al., 1995). Les monazites alluvionnaires présentent des faces arrondies par l'usure. Elles sont généralement translucides, d'aspect brillant résineux avec des couleurs allant du jaune clair au brun (couleur de miel) et même au noir, parfois aussi, on observe des reflets rougeâtres ou verdâtres (Razafimahatratra et al. 2011). Du point de vue optique, les cristaux sont fortement biréfringents. La densité varie de 4,9 à 5,3,

elle dépend surtout de la teneur en thorium, élément très lourd. La dureté est de l'ordre de 5,2 à 5,5. La monazite est un orthophosphate de terres rares et de thorium [(TR, Th) PO₄] particulièrement résistant aux agents chimiques. La monazite constitue les principaux minerais de Terres rares, surtout les terres cériques ; c'est également le principal minerai de thorium. La monazite peut se trouver sous forme de cristaux microscopiques disséminés dans les roches cristallines anciennes (Figure 1), granites, syénites, diorites, etc. ou leurs variétés métamorphiques (gneiss migmatiques en particulier). Dans ces mêmes formations rocheuses plutoniennes, les veines d'origine pegmatitique contiennent fréquemment des filons de monazite massive, où le minéral peut se trouver sous forme de cristaux de très grandes dimensions. De très gros cristaux de monazite se trouvent à Manangotry, près de Fort Dauphin, Madagascar (Razafimahatratra, 2008). En tant que minéral résistant à l'altération, la monazite peut former des gisements des sables alluvionnaires ou de plages côtières qui sont les plus intéressants du point de vue industriel, en raison de la facilité d'exploitation du minerai (Razafimahatratra et al. 2011).

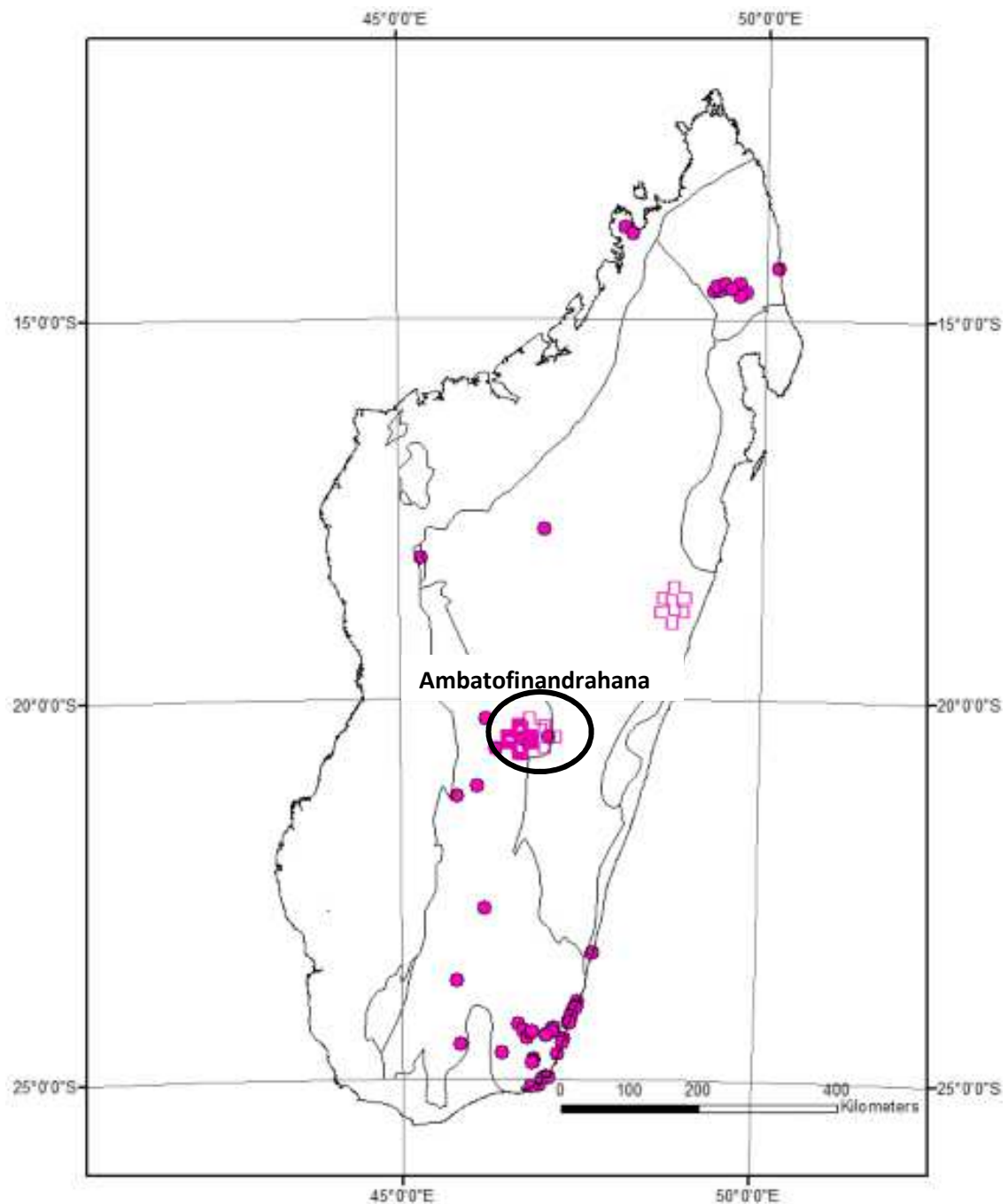


Figure 1 : Carte des indices et gites de Terres rares (REE) à Madagascar

III. HISTORIQUE DES GITES

Différentes études ont été déjà menées dans cette zone. A savoir celles de Lacroix (1915, 1922) qui étudiaient les minéraux à Terres rares d'Ifasina, d'Ambatofanghana et la monazite d'Ambatoarina. Pour cet auteur, il s'agit de minéralisations liées aux pegmatites syénitiques ; Guiges (1954) travaillait sur les pegmatites de Madagascar, dont les minéralisations en Terres rares d'Ambatofinandrahana ; pour cet auteur, les minéralisations sont liées outre les pegmatites syénitiques, à des pegmatites granitiques cambriennes. Besairie (1965) constatait l'épuisement des gisements précités et concluait l'absence d'intérêt économique ; Fournie (1968) effectuait l'étude détaillée des différents gisements dans le cadre de la mission « skarn » de la région, cette étude propose une origine hydrothermale de minéralisations.

Cerny et al (1989) signalait que les indices de bastnaesites de la région d'Ambatofinandrahana sont liés à des filons intrusifs.

De ce fait, cette zone d'Ambatofinandrahana est reconnue pour sa richesse minéralogique et métallogénique en Terres rares. Plusieurs gisements méritent d'être réétudiés, parmi eux, le filon à monazite d'Andoharano qui fait l'objet de cette étude.

IV. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le gîte de monazite d'Andoharano se localise dans le groupe des Schiste-Quartzite-Cipolin (SQC) du sous-domaine d'Itremo qui fait partie du grand domaine d'Antananarivo. Le groupe SQC est constitué par une série para-métamorphique de schistes, de quartzites et de cipolins, d'âge Paléoprotérozoïque soit de 2,5 à 1,6 milliards d'années (Cox et al., 2003 ; Tucker et al., 2012). Cette série est recoupée par les intrusions magmatiques de type Imorona-Itsindro et Ambalavao-Kiangara-Maevarano, formées respectivement de gabbros, de syénites et de granites (figure 2).

IV.1 Le groupe de Schiste-Quartzite-Cipolins

Ce groupe (Figure 2) est caractérisé par la succession de quartzite, de micaschiste et de marbre ou sous-domaine d'Itremo (Moine 1974 ; Tucker et al., 2012). Cette succession stratigraphique comprend de bas en haut des quartzites et des méta-arkoses, des schistes et des gneiss psammitiques et des marbres dolomitiques.

IV.1.1. Quartzite et méta-arkose

Les quartzites et les arènes quartziques du Groupe d'Itremo sont homogènes avec quelques interlits argileux, d'épaisseur parfois importante. De nombreuses structures sédimentaires primaires ont été conservées comme des lamines, des rides de vagues, des figures dunaires entrecroisées ou encore de rares lamines de courant. Des quelques conglomérats peuvent exister et ils consistent en des galets aplatis ou étirés dans une matrice vitreuse à grain moyen de quartz recristallisé. Ces lits font généralement 2 à 3 m d'épaisseur et se trouvent localisés au contact supérieur des micaschistes.

IV.1.2. Schiste et gneiss psammitique

Cette unité pélitique est dominée par des argilites et des siltites finement laminées ainsi que des schistes et des phyllites à biotite-muscovite. Lorsque le degré de métamorphisme est plus faible, les unités pélitiques correspondent à des lits de schistes, de siltite et de grès à grain fin, par contre si le degré de métamorphisme est plus élevé, on observe des schistes et des phyllites à grain fin et à muscovite-biotite avec ou sans grenat.

IV.1.2. Marbre dolomitique

Des roches carbonatées existent au sommet stratigraphique du Groupe d'Itremo (Lenoble, 1936a). Deux faciès majeurs y sont reconnus avec un marbre blanc à stromatolites et un marbre brun sableux. Ces roches sont constituées de calcite et de dolomite, du quartz, de la trémolite, du diopside, de la biotite, du péridot, de la phlogopite, du microcline et de disséminations sulfurées à pyrite, chalcopryrite et galène (Moine, 1974).

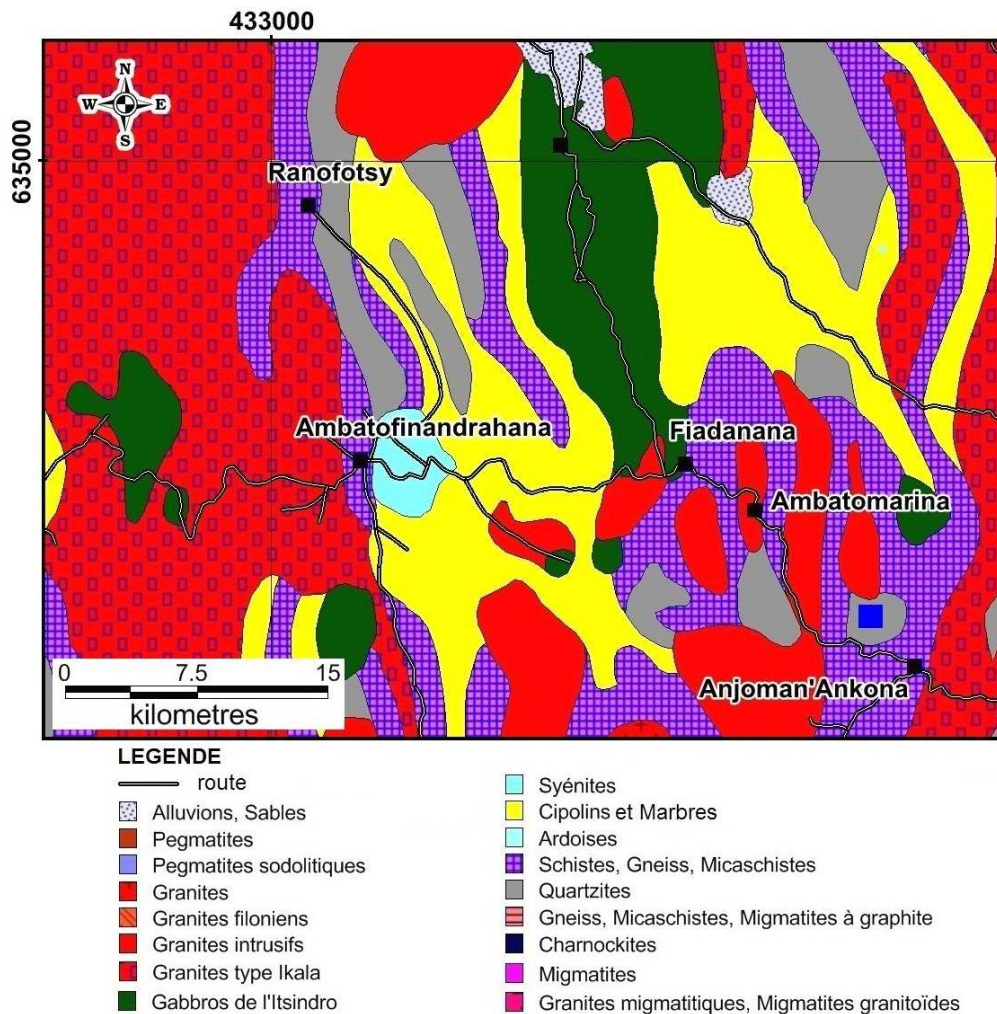


Figure 2 : Carte géologique régionale

IV.2. Les intrusions magmatiques orogéniques et post-orogéniques

IV.2.1. Suite d'Imorona-Itsindro

Elle est très présente dans le sous-domaine d'Itremo. Cette suite est datée entre 820 à 760 Ma. Elle montre généralement une bi-modalité compositionnelle qui a permis d'en définir deux sous-suites. Les granitoïdes acides de Type Imorona ont des compositions allant des granites (alcalins) aux syénites quartziques alors que les variétés basiques de type Itsindro évoluent entre les termes de gabbro-diorite et ceux de gabbro-norite.

IV.2.2. Suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano

Il s'agit de plutons tardi- et post-tectoniques d'allure générale semi-circulaire ou stratoïde dont leur mise en place se situe entre 550 à 510 Ma. La majorité de ces corps plutoniques sont porphyroblastiques. Cette Suite va des syénites aux granites. Des granodiorites, des anorthosites et des gabbros existent également. Certaines variétés présentent de l'orthopyroxène et définissent donc des charnockites. La syénite d'Andoharano fait partie de ces roches post-tectoniques.

V. DESCRIPTION DES GITES

La syénite d'Andoharano est un petit massif qui se localise à 5km au NE d'Ambatofinandrahana. C'est un massif circonscrit et intrusif dans les cipolins environnants (Figure 3). Il est homogène, sans altération en boules. La syénite présente une structure grenue et leucocrate, à lattes de microcline visible à l'œil nu et ponctuée de tache millimétriques de pyroxène et d'amphibole (Figure 4). On peut aussi noter les cristaux de sphène millimétriques.

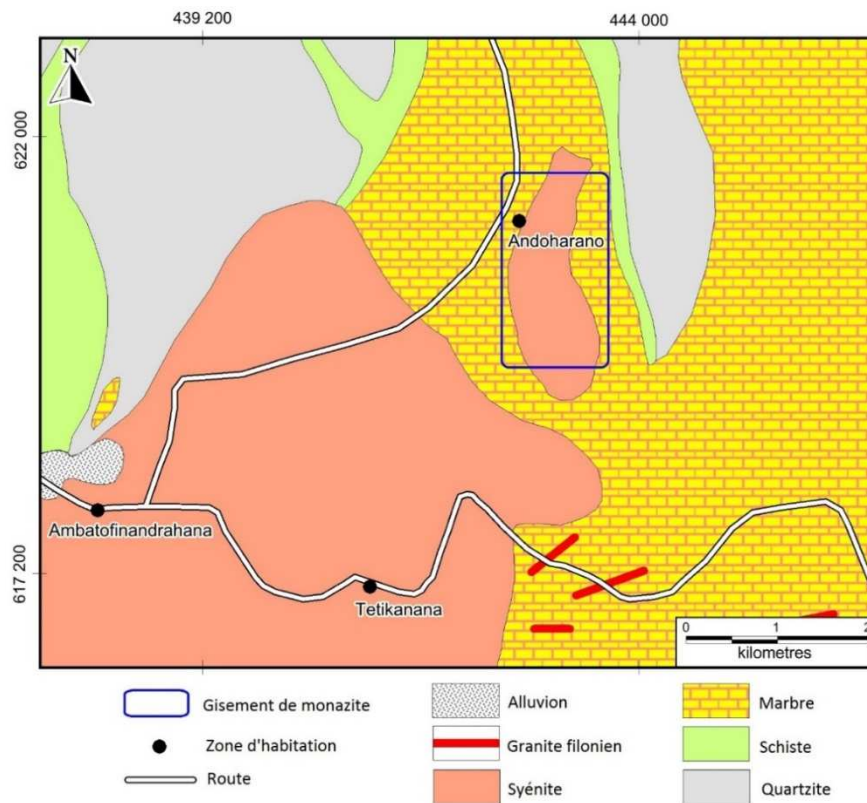


Figure 3 : Carte géologique montrant le gisement de monazite d'Andoharano.



Figure 4 : Structure de la syénite d'Andoharano

Un filon de roches silicifiées brunes (calcédoine) à monazite et barytine recoupe la syénite. Ce filon s'individualise bien dans la topographie (Figure 5A). Il présente une direction N75 à pendage subvertical,

long d'une centaine de mètres, de 2 à 4 m épaisseurs. Les contacts avec la syénite encaissante sont nets. Dans l'ensemble, le filon de calcédoine présente une texture rubanée due à l'alternance de bandes brunes de calcédoine et blanches de barytine (Figure 5B). Ces bandes (1 cm d'épaisseur) sont parallèles aux épontes du filon et peuvent donner une texture diffuse, marquée par de très fins niveaux clairs de barytine. Sur de tels affleurements, on peut aussi observer de petites druses allongées, disposées parallèlement au filon, dans les niveaux siliceux. Dans certains endroits, ce filon présente une texture « bréchoïde » qui consiste en des bandes de barytine à sections anguleuses.

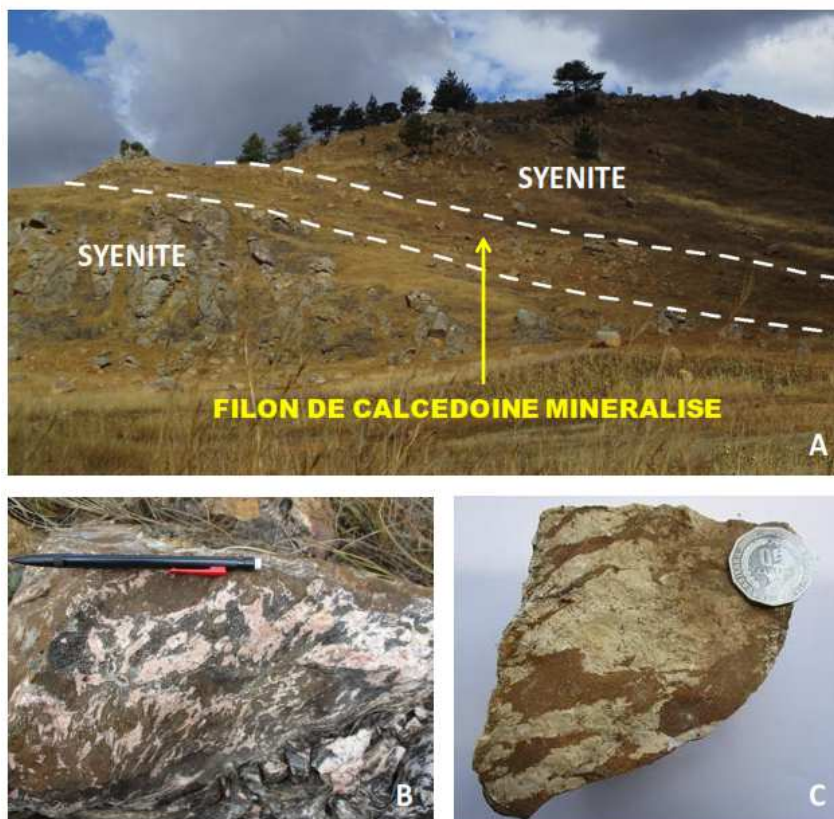


Figure 5 : A- Mode d'affleurement du filon de calcédoine minéralisé en monazite ; B- texture rubanée de calcédoine (bandes brunes) et de barytine (blanches) ; C- Roche à monazite (en taches brunâtres)

La monazite apparaît sous forme de petites taches brunâtres éparpillées dans la roche ou groupées par niveau (Figure 5C). Certaines de ces monazites peuvent atteindre jusqu'à 5 mm de longueur. Cependant, en moyenne, leur taille est de 1 mm. À l'aide d'un compteur SPP2, le filon a été identifié avec des valeurs allant jusqu'à 3 000 cps (Andriamampihantona, 1984), alors que les syénites encaissantes présentent un fond de 250 à 300 cps. Ces radioactivités montrent la présence de thorium dans les monazites.

VI. CARACTERISTIQUES MINÉRALOGIQUES DE LA MONAZITE

VI.1. Description microscopique

Les observations et les analyses des échantillons minéralisés ont permis d'observer l'association minéralogique suivante : monazite, calcédoine, barytine, quartz, magnétite.

L'observation en lame mince de l'échantillon Mn1 nous montre une succession de niveaux sombres de calcédoine et de niveaux clairs de barytine. Elles sont associées à des oxydes de fer de couleur opaque.

L'échantillon présente donc un aspect rubané net et régulier. Sur le fond de calcédoine et de barytine, la monazite se détache nettement par sa biréfringence élevée et par sa taille de 0,5 à 2mm.

Les cristaux de monazite se présentent sous deux formes :

- Des cristaux automorphes à subautomorphes qui présentent un début de corrosion et de microfracturation (figure 6A et 6B). Les cristaux présentent parfois des inclusions de minéraux opaques à produits d'altération rougeâtre.
- Des cristaux xénomorphes, qui sont plus petits que les cristaux automorphes (figure 6C et 6D). Ils sont probables issus par fracturation des cristaux automorphes.

Les cristaux de monazite sont généralement orientés parallèlement aux épontes.

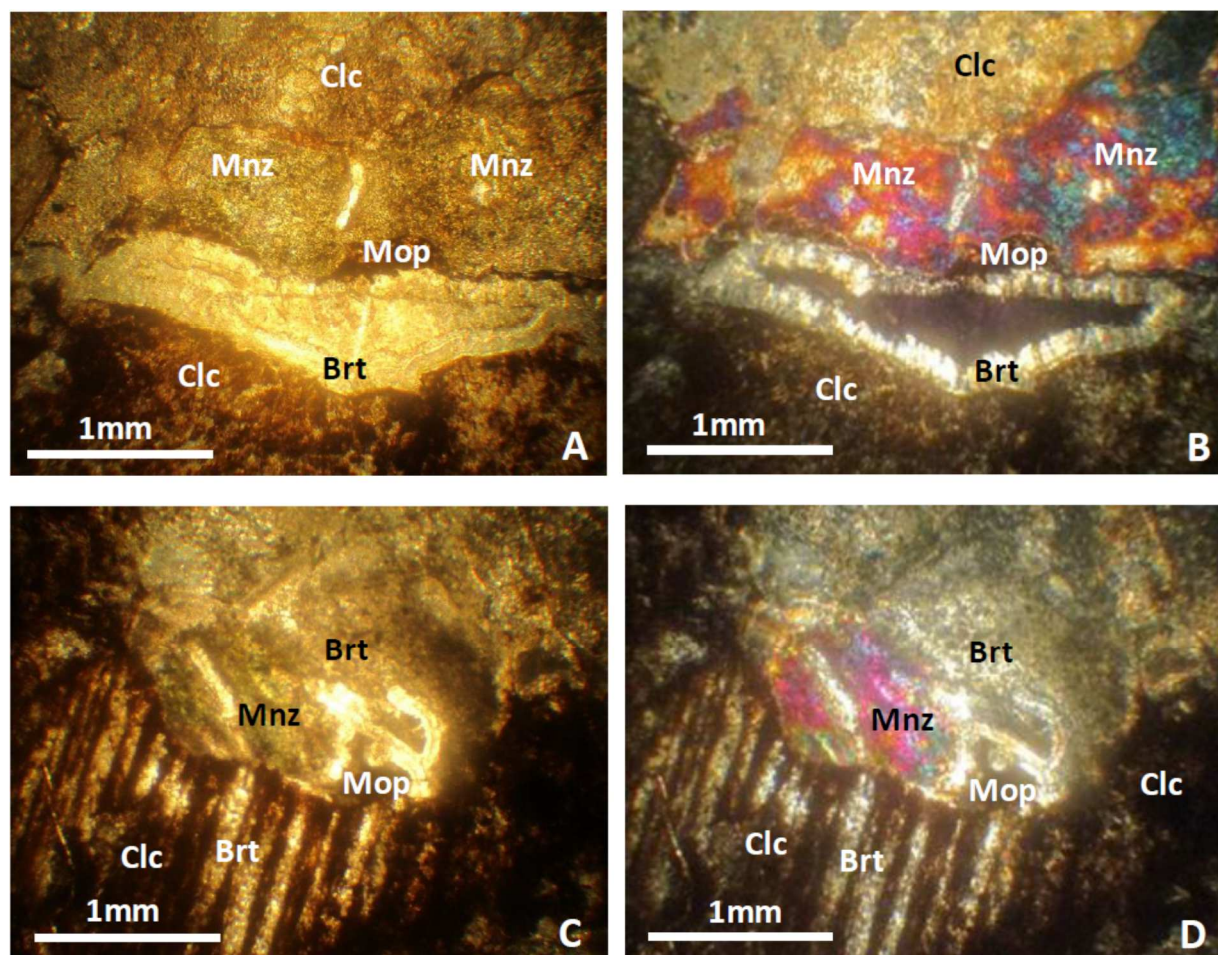


Figure 6 : Microphotographie des faciès minéralisés en monazite : A et C = lumière naturelle, B et D = lumière polarisée. Clc = calcédoine, Brt = barytine, Mnz = monazite, Mop = minéraux opaques

VI.2. Composition chimique

La méthode d'analyses chimiques par XRF est basée sur les analyses des poudres de grains de monazite isolés de leurs roches porteuses. Le tableau 1 représente les résultats obtenus avec ceux de Manangotry (Taolagnaro) et ainsi que la teneur moyenne des oxydes de Terres Rares de la « monazite classique » de l'écorce terrestre qui est considérée comme valeur de référence.

Les valeurs moyennes de P_2O_5 varient de 24,60 à 28,52% qui sont similaires à la teneur moyenne de gros cristaux de monazite de Manangotry (26,41 à 26,49%) et celles de la monazite classique variant de 20 à 30% alors que la teneur en silice est faible ; donc, le milieu est favorable à la concentration des Terres légères comme le cérium.

La teneur en thorium de la monazite d'Andoharano est faible (0,29 à 0,45%) par rapport à la monazite classique (6,70%) et très faible par rapport à celles de Manangotry qui sont de monazite très radioactives avec une teneur de 11,89 à 13,57%. Ce faible de teneur en thorium indique qu'il s'agit de monazite à caractère hydrothermal (Cuney, 1981).

Tableau 1 : Analyses chimiques des quelques gisements monazite

Label	Andoharano-Ambatofinandrahana			Manangotry- Taolagnaro		Monazite classique de l'écorce terrestre (Vlasov, 1966)
	Mnz1	Mnz2	Mnz3	DN11	DN12	
La2O3	18.07	22.67	21.05	14.22	13.82	24.00
Ce2O3	32.14	33.13	32.57	28.71	28.09	35.00
Nd2O3	8.98	9.55	9.33	9.43	9.90	17.00
Sm2O3	0.79	0.98	0.87	1.30	0.92	2.50
Eu2O3	0.07	0.05	0.03	-	-	0.05
Gd2O3	0.16	0.46	0.69	0.37	0.37	1.50
Dy2O3	0.05	0.00	0.02	0.03	0.00	0.70
Er2O3	0.01	0.00	0.01	-	-	0.20
Yb2O3	0.01	0.00	0.00	-	-	0.10
Y2O3	0.04	0.02	0.02	0.16	0.15	2.40
SiO2	0.63	0.78	0.34	1.86	1.98	-
CaO	0.13	0.12	0.13	0.94	1.04	-
P2O5	24.60	27.38	28.52	26.41	26.49	20 à 30
UO2	0.00	0.01	0.00	0.15	0.33	0.30
Th	0.45	0.29	0.36	11.89	13.57	6.70

Pour les Terres Rares, la monazite d'Andoharano présente une teneur élevée en cérium (32,14 à 33,13%) par rapport à celle de Manangotry (28,09 à 28%) et se rapproche de la monazite classique (35%). Ce sont de monazites cérifiques c'est-à-dire riches en Terres Rares légères.

Le rapport La/Nd est de l'ordre 2,01 à 2,37 qui est une valeur élevée par rapport à la monazite classique (1,41%). Ce qui place la monazite d'Andoharano dans les monazites d'origine alcaline. Ceci s'accorde avec la relation spatiale sur le terrain où les indices de monazite sont portés par des filons qui traverse les syénites.

VII. CONCLUSION

L'étude du filon à monazite d'Andoharano apporte des informations scientifiques complémentaires à la compréhension des minéralisations en Terres Rares de la région d'Ambatofinandrahana.

Tout d'abord, l'examen pétrographique a montré qu'il y avait deux types de cristaux de monazite, les uns automorphes, les autres plus petits xénomorphes, issus des premiers par fracturation. Ces deux formes peuvent être expliquées de la façon suivante : la monazite automorphe a cristallisé en premier, et lors de la silicification elle a été fracturée, corrodée en partie.

La présence de thorium en faible teneur indique que la monazite d'Andoharano présente un caractère hydrothermal. La paragenèse du filon (calcédoine, barytine, monazite) et les contacts francs entre les filons avec les syénites montrent que le gîte est de nature épithermal (température de l'ordre de 200°C).

La mise place du gîte de monazite d'Andoharano est liée à la circulation des fluides hydrothermaux qui sont associés à des fracturations avec ouverture au sein de la syénite.

La monazite d'Andoharano est un phosphate de Terre cérique qui est considéré comme minerai de Terres rares légères.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Andriamampihantona M. J. (1984) - Contribution à l'étude du complexe alcalin d'Ambatofinandrahana et de ses minéralisations à lanthanides (Région centrale de Madagascar). Thèse des Doctorat. Université Joseph Fourier-Grenoble I, 191p.
- 2- Bésairie H (1965) - Géologie économique de la sous-préfecture d'Ambatofinandrahana- service géologique de Madagascar n°170
- 3- Breithaupt (1829) : Schw.J. 55-311.
- 4- Cerný, P. (1993a) - Rare-element granitic pegmatites. Part I. Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits, in Sheahan, P.A. Cherry, M.E., eds, Ore Deposit Models Volume II, Geoscience Canada Reprint Series 6, p. 29–47.
- 5- Cuney M. (1981) - Comportement de l'uranium et du thorium au cours du métamorphisme : rôle de l'anatexie dans la genèse des magmas riches en radioéléments. Thèse d'Etat, INPL, Nancy, 511p.
- 6- Guigues J. (1954) - Etude des gisements de pegmatites de Madagascar
- 7- Lacroix A. (1915) -La bastnaesite et la tscheffknite de Madagascar-Bull.Soc.Franc.Min., vol.38, pp 106-125.
- 8- Lacroix A. (1922) - Minéralogie de Madagascar (t.12.3) -Editions Challamel.
- 9- Levy (1823) : Ann. Phil. Thomson. 21- 241
- 10- Fournie L. (1968). Les gisements de terres cériques de la région d'Ambatofinandrahana - Possibilités en Europium. Rapport inédit du BRGM 68 TAN 2.
- 11- Moine, B., (1967). Relations stratigraphiques entre la série «schisto-quartzo-calcaire » et les gneiss environants (centre-ouest de Madagascar): Données d'une première étude géochimique. Comptes Rendus de la Semaine Géologique de Madagascar, 49–53.
- 12- Moine, B. (1974). Caractères de sédimentation et de métamorphisme des séries précambriennes épizonales à catazonales du centre de Madagascar (Région d'Ambatofinandrahana), Approche structurale, pétrographique et spécialement géochimique. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles. Université de Nancy I, France, 293p.
- 13- Ni Y, Hughes JM, Mariano AN (1995). Crystal chemistry of the monazite and xenotime structures. Am. Mineral. 80 : 21-26.
- 14- Razafimahatratra, D., 2008. La Monazite des Chaines Anosyennes : des Gisements en Place Aux sables de plages à ilménite-zircon-monazite : Université d'Antananarivo Ecole Supérieure Polytechnique Département Mines, Thèse de Doctorat, 319, p.
- 15- Razafimahatratra, D., Montel, J.-M., 2011. La monazite des chaines Anosyennes : des gisements en place aux sables de plages a ilmenite-zircon-monazite : [Abs], Géologie et Métallogénie de Madagascar Société géologique de France, Paris, 6-7décembre.
- 16- Tucker, R.D., Peters, S.G., Roig, J.Y., Théveniaut, H., Delor, C., (2012). Notice explicative des cartes géologiques et métallogéniques de la République de Madagascar à 1/1 000 000. Ministère des Mines, Antananarivo, République de Madagascar, 263p.
- 17- Vlasov A. (1966) – Statistical Distribution Functions, Nauka.