

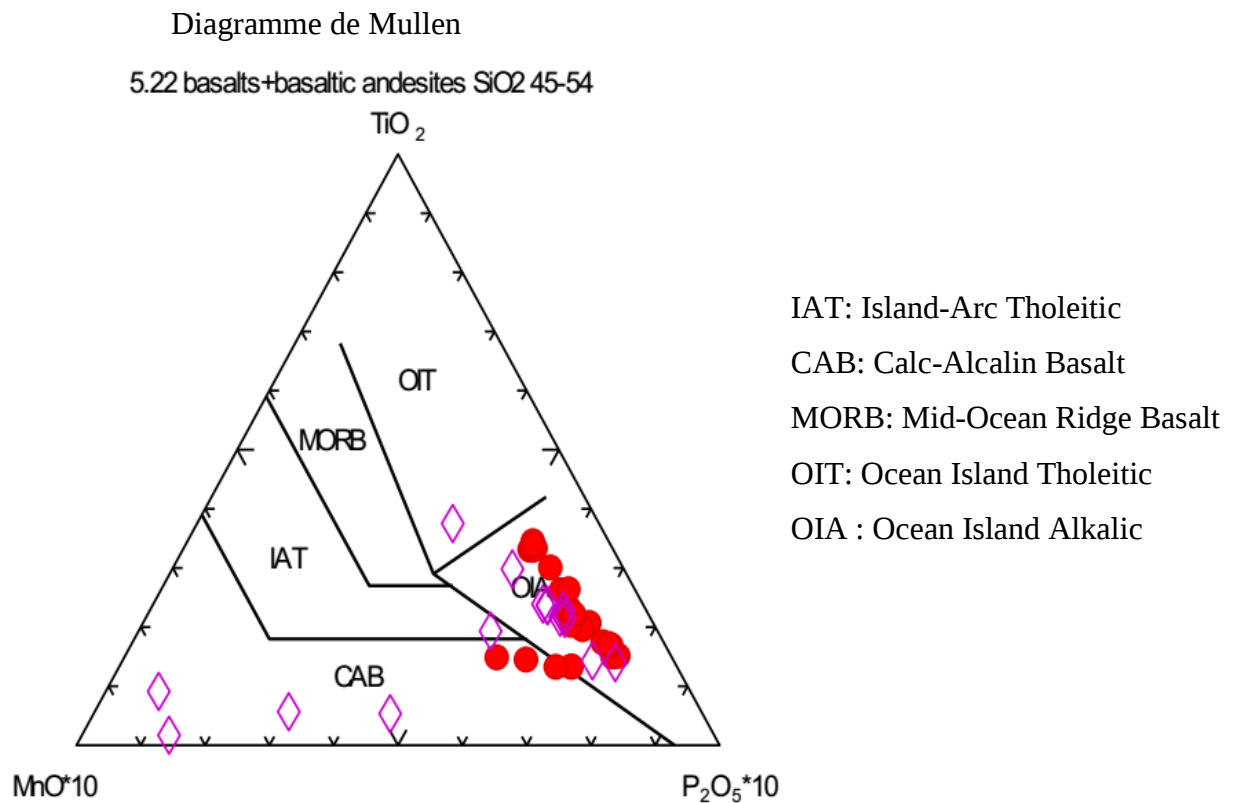


Figure 45 : Diagramme montrant les différentes séries volcaniques des roches volcaniques de l'Itasy (points rouges) et les roches volcaniques de l'Ankaratra par Melluso (losange violet) selon Mullen en 1983.

Selon le diagramme de Mullen en 1983, la majorité des roches volcaniques de l'Itasy ont une composition identique à celle des basaltes alcalins des îles océaniques (OIA) mais quelques échantillons sont identiques aux basaltes calco-alcalins (CAB). Tandis que les roches de l'Ankaratra par Melluso possèdent une composition identique aux roches alcalines et tholéiitiques des îles océaniques (OIA, OIT) et quelques roches ont une composition similaire aux basaltes calco-alcalines (CAB) et des basaltes tholéiitiques des arcs insulaires (IAT) (Figure 43).

CHAPITRE V : INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS

Les roches volcaniques sont généralement composées d'une matrice minérale qui peut être vitreuse, ou microcristalline, au sein de celle-ci, il existe des cristaux de dimension macroscopique, ce sont les phénocristaux. La taille des cristaux dépend essentiellement de la vitesse de refroidissement du magma. Plus le refroidissement est rapide, plus les cristaux sont petits. La présence de phénocristaux dans le mésostase indique une évolution à deux vitesses. Les phénocristaux ont cristallisé dans un magma qui se refroidissait lentement en profondeur et qui est remonté en surface, puis s'est refroidi brutalement.

La texture des roches volcaniques d'Itasy va de felsitique à microlitique porphyrique. En effet, la texture des roches au sein d'une même coulée devrait être identique. Cependant, il existe des exceptions, pour le cas de la coulée de Tsarazaza, la texture des roches collectionnées n'est pas la même, les roches MI-16-04 et MI-16-05 présentent des phénocristaux tandis que MI-16-06 ne présente que des microlites dans le verre. Cela implique que ces deux groupes de roches ne proviennent pas d'un même cône.

L'olivine et le clinopyroxène sont les phases de phénocristaux dominantes des roches alcalines mafiques de la région d'Itasy, avec quelques quantités de plagioclases. Les roches volcaniques à Itasy sont généralement plus riches en phénocristaux d'augite. Les téphras avec des cristaux d'olivine et de pyroxène localisées au N-O d'Ampefy et à Kasigie ainsi que des roches volcaniques près de Kasigie, au sein de la coulée de Manakambahiny et d'Anativato constituent les roches les plus différenciées de l'Itasy.

Les laves volcaniques de Manakambahiny présentent des cristaux d'amphibole de type hornblende brune qui est un phénocristal hydraté. La présence de ce minéral explique la faible teneur de la roche en MgO (Tableau 1). Dans la roche MI-16-03 au sein de la coulée d'Ambalavato, un cristal d'olivine enveloppé par phénocristal de pyroxène est observé. Pour le cas de ce système, les premiers cristaux cristallisés tels que les olivines réagissent avec le magma au fur et à mesure de la cristallisation. La réaction de l'olivine avec le magma forme le pyroxène. Ces deux réactions peuvent résulter de la chute de pression lorsque le magma s'approche rapidement de la surface ou du mélange de magma ou d'autres facteurs entraînant le changement de la composition du magma.

La résorption ou l'assimilation des cristaux d'Augites, des feldspaths et des plagioclases chez quelques échantillons de roches comme la coulée d'Ambalavato (MI-16-02), de Tsarazaza (MI-16-04 ; MI-16-05) et d'Andranonatoa (MI-16-24), et à l'Ouest de Mananasy (MI-16-27) sont le résultat

d'un phénomène de mélange de magma. En effet, la résorption s'agit d'une dissolution d'un cristal déjà formé dans un magma fondu à partir de laquelle il s'est formé. Les cristaux résorbés ont généralement des contours arrondis. Les coulées au Nord de Soavinandriana au Sud de la Lily (MI-16-21) et à Ambodanerana (MI-16-17) et à Ampanataovana présentent des vacuoles de taille arrondie et ovalaire formée par des zéolites, des calcites et des petits cristaux de clinopyroxènes. Les calcites sont des produits d'altération fréquent de certains silicates calciques. De nombreuses xénolites du socle sont rencontrés sur le terrain, comme des xénolites de gabbro, de granite de taille variant de 5 à 10 cm dans quelques échantillons à l'Ouest du lac Kazanga, à Ambodanerana et au Nord de Soavinandriana. La présence de ces xénolites suggère la possibilité d'une contamination crustale du magma. Ce sont des indices mettant en évidence l'existence d'un éventuel système ouvert lors de la cristallisation fractionnée et l'existence de certaines hétérogénéités du magma.

Concernant la géochimie, les roches volcaniques de l'Itasy et de l'Ankaratra par Melluso en 2017 ont une variation considérable dans la composition des éléments principaux. D'après le diagramme TAS selon Le Bas 1986 (Figure 41), les roches volcaniques deux zones sont formées principalement par des foidite, téphrite, basanite et phono-téphrite. Cependant, les taux des éléments alcalins en fonction de la silice sont différents. Les deux courbes de tendance parallèle des deux zones impliquent une origine différente du volcanisme de l'Itasy et de l'Ankaratra. Une grande partie de la variabilité de composition observée dans les roches de l'Itasy peut s'expliquer par des processus de cristallisation fractionnée à partir de l'analyse des éléments majeurs, mineurs et quelques éléments en trace. Les corrélations observées dans les diagrammes de Fenner peuvent induire une cristallisation fractionnée.

En premier lieu, les augmentations marquées en SiO_2 allant de 39,86 à 51,83 et Al_2O_3 comprise entre 11,94 et 17,85 et la diminution du Ni variant de 5 à 105 et Cr de 0 à 194 quand le taux de MgO descend implique la cristallisation fractionnée des olivines. Ensuite, La formation des clinopyroxènes est mise en évidence par la diminution générale de la concentration du $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, allant de 0,34 à 0,52 ; du CaO entre 6,31 et 11,97 et du Sc variant du 4 à 29 quand le taux de MgO diminue. Les CaO sont prises par les plagioclases calciques, le clinopyroxène ou les deux à la fois. L'augmentation de Al_2O_3 variant de 11,94 à 17,85, ou Sr (n'est pas montré dans le diagramme de Fenner) avec MgO décroissant suggèrent qu'il y a une phase de fractionnement des plagioclases. La croissance des courbes de Na_2O dans un intervalle entre 3,02 et 5,89 et K_2O variant entre 1,80 et 3,82 quand on diminue MgO suggère que des feldspaths alcalins sont formés. En dernier lieu, la chute de TiO_2 variant de 1,586 à 5,790 quand le MgO diminue indique que les oxydes cristallisés sont importants dans l'assemblage minéralogique. Les FeO^* variant entre 7,21 à 14,71 ont incorporé dans les minéraux

mafiques. Les résultats de l'analyse sont en accord avec les résultats de l'observation pétrographique des roches.

En effet, les variations dans les assemblages minéralogiques et les compositions chimiques des roches mafiques et des roches différenciées sont sensiblement continues, ce qui indique que les basaltes sous-saturés en silice mais ayant un taux élevé en MgO sont les magmas originels des roches différenciées avec un taux faible en MgO. Il y a une importante contrôle chimique et physique sur le développement du magma primaire et ses dérivées. Le magma parental est le produit d'une fusion partielle élevée dans le manteau profond.

A partir de l'ensemble de l'observation, il existe cette évidence d'une fusion à une grande profondeur. La faible teneur en Al_2O_3 de 11,94 des termes les plus magnésiens, par exemple la roche au Sud d'Ampefy, et la forte teneur en FeO ayant une valeur de 11,72 plus proche du taux maximal en FeO qui est de 14,71 ; ainsi que les fortes concentrations en éléments en trace incompatible comme le Ni présentant la valeur maximale de 105 dans cette zone impliquent un fort taux de fusion. Cependant, ce magma subit une cristallisation fractionnée à des profondeurs plus faibles, indiqué par la cristallisation des cristaux de plagioclases observé dans le diagramme Al_2O_3 en fonction de MgO.

Cette cristallisation à différente profondeur du globe est également expliquée par la présence d'une nette séparation formée par deux courbes bien distinctes dans les diagrammes de Harker des roches volcaniques de l'Itasy. Les roches sont divisées en deux groupes géochimiques ; la première groupe se situe dans un taux de MgO faible entre 1,5 à 3,1 ces quatre échantillons ont un taux de concentration en silice élevés variant de 47,86 à 51,83 et le deuxième groupe à partir de 5 à 9,5 de MgO avec un silice faible allant de 39,93 à 43,50. La roche la plus riche en MgO au Sud de l'Ampefy présente un important taux de cristaux ferro-magnésiens tels que les amphiboles, tandis que la roche volcanique d'Anativato, ayant un faible taux en MgO est formé essentiellement de cristaux d'Augite avec une proportion faible d'olivine dans le microlite. Néanmoins, ces deux groupes ont à peu près les mêmes corrélations d'après les diagrammes de Harker établis. L'augmentation des éléments hautement incompatibles tels que La, Ba, Nb, Zr, Rb avec MgO décroissant (n'est pas montré dans le diagramme de Fenner) implique un système de cristallisation fractionnée fermé d'un ou plusieurs magmas parentaux similaires ou des différents degrés de fusion partielle d'une même source.

CONCLUSION

Pour conclure, l'étude du champ volcanique monogénique de l'Itasy consistait à l'étude beaucoup plus approfondies des cônes et des roches volcaniques de la zone. D'ailleurs, les études antérieures dans cette zone n'étaient pas très développées, notre étude a permis de donner des détails importants sur la cartographie, la classification et les caractéristiques géochimiques des formations volcaniques dans cette zone. En effet, la pétrographie et la géochimie sont nécessaire pour permettre de remonter à l'histoire et aux conditions de la formation des roches. Des cartes géologiques et des images satellitaires de l'Itasy établi en utilisant le SIG ont permis de localiser et de dénombrer les cônes volcaniques, les dômes volcaniques ainsi que les maars dans le champ volcanique de l'Itasy. L'étude pétrographique à partir de l'analyse des lames minces ont montré que les roches volcaniques de l'Itasy sont essentiellement formées par des roches basaltiques dont les assemblages minéralogiques sont constituées par des clinopyroxènes, olivines, plagioclases et des oxydes, les roches recouvrant cette zone sont généralement riches en clinopyroxènes. La courbe de tendance des laves et téphras de l'Itasy obtenue par l'analyse géochimique des éléments majeurs et de quelques éléments en trace obtenue des échantillons de roches a suggéré un fractionnement des cristaux de clinopyroxènes, olivines et plagioclases et oxydes par le processus de cristallisation fractionnée et que les roches sont essentiellement alcalines. Pourtant, la fusion, génératrice de magmas, peut affecter les différentes croûtes du globe. Entre les magmas les possibilités de mélange impliquant une hétérogénéité des sources et/ou de contamination crustale relié à un système ouvert sont grandes. Notre donnée actuelle ne nous permet pas d'éclaircir et d'affirmer ces hypothèses, une étude approfondie est indispensable pour démontrer ce mélange du magma. Pour cela, on a recours aux analyses des isotopes géochimiques, qui est actuellement en cours. L'obtention d'âges précis des roches volcaniques est importante pour l'évaluation des risques, la prévention des dangers, et des éventuelles explosions pouvant s'abattre sur la population locale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A. Lacroix, Juillet 1961. Madagascar 1/100000. Cartes géologique antérieures 1940 et 1951, projection Laborde Ellipsoïde Hayford. Service géologique de Madagascar, Tananarive
- A. Foucault J.-F. Raoult, Dictionnaire de géologie, 2^{ème} édition Masson.
- Alain Foucault, Jean-François Raoult, Fabrizio Cecca et Bernard Platevoet, Dictionnaire de géologie, Dunod 8^{ème} édition, 396.
- Alain Foucault, Jean-François Raoult, Fabrizio Cecca et Bernard Platevoet, Dictionnaire de géologie, 8^{ème} édition, Dunod, 396.
- Bardintzeff et al., 2010 Bardintzeff, J.-M., Liegeois, J.-P., Bonin, B., Bellon, H., Rasamimanana, G., 2010. Madagascar volcanic provinces linked to the Gondwana break-up: Geochemical and isotopic evidences for contrasting mantle sources. *Gondwana Research*. 18, 295-314.
- Battistini, R., 1964. Problèmes morphologiques du Vakinankaratra. *Revue Géographique Madagascar*, 44-69.
- Bernard Bonin Jean-François Moyen. Magmatisme et roches magmatiques 3^{ème} édition Dunod ,313.
- Besairie H .1969. Carte Géologique. Feuille 5. 1 :500 000. Service Géologique de Madagascar, Antananarivo.
- Besairie H. 1964. Carte Géologique de Madagascar 1 :1000 000. Service Géologique de Madagascar. Antananarivo.
- Besairie, H., 1964. Carte géologique à 1/1,000,000 de Madagascar. Service Géologique de Madagascar, Antananarivo.
- Besairie, H., 1971. Carte géologique à 1/2000000 et notice explicative. Docum. Bur. Geol. Madagascar, No. 184.
- Besairie, H., 1973. Précis de géologie malgache. Annales géologiques de Madagascar. Fascicule XXXVI. Imprimerie Nationale. Antananarivo. 93-113.
- Besairie, H., Collignon, M., 1972. Géologie de Madagascar. Les terrains sédimentaires. Annales Géologiques, Madagascar.
- Burke et Dewey 1972 Burke, K., Dewey, J.F., 1973. An outline of Precambrian plate development. Academic Press, London,1035-1045.
- Bussière and Brenon, P., P. 1959 : Le volcanisme à Madagascar. *Bulletin Volcanologique*. vol. 21,77-93.
- Bussière, 1960, Le massif volcanique de l'ity. Rapport annuel. Service Géologique Antananarivo, 61-62.
- Cartes géologique et métallogéniques de la République de Madagascar à 1/1 000 000. Notice explicative, Juin 2012. Projet de Gouvernance des Ressources Minérales de Madagascar PGRM, 259.
- Ciro Cucciniello, Leone Melluso, Anton P. le Roex b, Fred Jourdan, Vincenzo Morra, Roberto de Gennaro , Celestino Grifa. *Lithos*, 2017. From olivine nephelinite, basanite and basalt to peralkaline trachyphonolite and comendite in the Ankaratra volcanic complex, Madagascar: ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages, phase compositions and bulk-rock geochemical and isotopic evolution 274-275, 363-382.
- Ciro Cucciniello, Leone Melluso, Anton P. le Roex, Fred Jourdan, Vincenzo Morra, Roberto de' Gennaro, Celestino Grifa, 2017. From olivine nephelinite, basanite and basalt to peralkaline trachyphonolite and comendite in the Ankaratra volcanic complex, Madagascar: ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages, phase compositions and bulk-rock geochemical and isotopic evolution, *Lithos*.
- Coffin, M.F., Rabinowitz, P.D., 1987. Reconstruction of Madagascar and Africa: evidence from the Davie fracture zone and Western Somali Basin. *Geophys. Res.* 92, 9385-9406.

- Collins, A.S., 2006. Madagascar and the amalgamation of Central Gondwana. *Gondwana Res.* 9 (1), 3-16.
- Collins, A.S., Razakamanana, T., Windley, B.F., 2000. Neoproterozoic extensional detachment in central Madagascar: implications for the collapse of the East African Orogen. *Geological Magazine* 137, 39-51.
- Collins, A.S., Windley, B.F., 2002. The tectonic evolution of central and northern Madagascar and its place in the final assembly of Gondwana. *Journal of Geology* 110, 325-339.
- Connor, C.B., F.M., Conway. 2000. Basaltic volcanic Fields. *Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, New York, 331-343.
- Daniel Rufer, Frank Preusser, Guido Schreurs, Edwin Gnos, Alfons Berger, April 2014. Late Quaternary history of the Vakinankaratra volcanic field (central Madagascar): insights from luminescence dating of phreatomagmatic eruption. *Bull Volcanol.* DOI 10.1007/s00445-014-0817-7.
- De Wit, M.J., 2003. Madagascar: heads it's a continent, tails it's an island. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences* 31, 213-248.
- Dyment, J., 1991. Structure et évolution de la lithosphère océanique dans l'Océan Indien : apport des données magnétiques. Thèse, Univ. Strasbourg, 374.
- Fournon JP, Roussel J., 1994. Imaging Moho depth at Madagascar through the inversion of gravity data: geodynamic implications. *Terra Nova* 6, 512-19.
- Fournon, J.P., and Roussel, J. 1994: Imaging the Moho depth in Madagascar through the inversion of gravity data: geodynamic implications. *Terra Nova* 6, 512-519.
- G.A. Valentine, T.K.P. Gregg. 2008. Continental basaltic volcanoes-Processes and problems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 177, 857-873.
- Hoffman, P.F., 1991. Did the breakout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out. *Science* 252 (5011), 1409-1412.
- Hottin, G., 1976, Présentation et interprétation du Précambrien de Madagascar (Océan Indien Occidental), *Bull. Soc. Géol. Fr.*, I, 2, 199-206.
- Hulscher, B., Collins, A.S., Dahl, K.L., Fitzsimons, I.C.W., Johnson, S.P., Jonsson, M.K., Passmore, A.R. & Powell, C.M.C.A. Evidence of ~800 Ma and possibly older deformation and plutonism in Madagascar. *GSA-SGTSG Abstracts*. 64: 91-92.
- John D. Winter. *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*.
- Kröner, A., Hegner, E., Collins, A.S., Windley, B.F., Brewer, T.S., Razakamanana, T., Pidgeon, R.T., 2000. Age and magmatic history of the Antananarivo Block, Central Madagascar, as derived from zircon geochronology and Nd isotopic systematics. *American Journal of Science* 300, 251-288.
- Kusky, 2006 Raharimahefa, T., Kusky, T.M., 2006. Structural and remote sensing studies of the southern Betsimisaraka Suture, Madagascar. *Gondwana Research* 10, 186-197.
- Kusky, T.M., Abdelsalam, M., Tucker, R.D., Stern, J.S., 2003. Evolution of the East African and Related orogens, and the assembly of Gondwana (Preface). *Precambrian Research* 123, 81-85.
- Laplaine L., 1957. Etude géologique du massif cristallin malgache à la latitude de Tananarive, *Annales géologiques du service des mines fascicule n° XXIV*, Paris imprimerie nationale.
- Laplaine, L., 1951. Etude géologique des feuilles Tsiroanomandidy et Soavinandriana, *Travaux du Bureau Géologique No.20*, Service Géologique, Antananarivo.
- Laville et al., 1998 Laville, E., Pique, A., Plaziat, J.C., Gioan, P., Rakotomalala, R., Ravalolonirina, Y., Tidahy, E., 1998. Le fosse méridien d'Ankay-Alaotra, témoin d'une extension crustale récente et actuelle à Madagascar. *Bulletin Society de Geology France* 169, 775-788.

Lenoble, A., 1938. Sur la chronologie des éruptions volcaniques du massif de l'Ankaratra. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Paris 206, 613–615.

M. Raunet, 1981, Le milieu physique de la région volcanique Ankaratra-Vakinankaratra-Itasy Madagascar, Institut De Recherches Agronomiques Tropicales Et Des Cultures Vivrières.

Macey, P.H., Miller, J.A., Armstrong, R.A., Bisnath, A., Yibas, B., Frost-Killian, S., Chevallier, L., Mukosi, N.C., Cole, J., le Roux, P. et Haddon, I.G., Notice explicative de la géologie des environs de Miandrivazo-Tsiroanomandidy-Antsirabe, Madagascar central (ZONE E), Projet de Gouvernance des Ressources Minérales (PGRM), 402.

Mahoney, J. J., Nicollet, C. & Dupuy, C., 1991. Madagascar basalts: tracking oceanic and continental sources. *Earth and Planetary Science Letters* 104, 350-363.

Marcel Roubault. Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant, 4^{ème} édition Edition Lamarre, 382.

Meert J.G., Anne Nédélec, Chris Hall, 2003. The stratoid granites of central Madagascar: paleomagnetism and further age constraints on Neoproterozoic deformation. *Precambrian Research* 120 (2003), 101-129.

Meert J.G., Anne Nédélec, Chris Hall, Michael T.D., Wingate, Michel Rakotondrazafy, 2001. Paleomagnetism, geochronology and tectonic implications of the Cambrian-age Carion granite, Central Madagascar *Tectonophysics* 340, 1– 21.

Meert, J.G., Tamrat, E., 2006. Paleomagnetic evidence for a stationary Marion hotspot: additional paleomagnetic data from Madagascar. *Gondwana Research* 10, 340-348.

Meert, J.G., Van Der Voo, R., 1997. The assembly of Gondwana 800–550 Ma. *J. Geodyn.* 23 (3), 223–235.

Melluso, L., Morra, V., 2000. Petrogenesis of late Cenozoic mafic alkaline rocks of the Nosy Be archipelago (northern Madagascar): relationships with the Comorean magmatism. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 56, 129-142.

Melluso, L., Morra, V., Brotzu, P., Mahoney, J.J., 2001. The Cretaceous igneous province of Madagascar: geochemistry and petrogenesis of lavas and dikes from the central-western sector. *Journal of Petrology* 42, 1249-1278.

Melluso, L., Morra, V., Riziky, H., Veloson, J., Lustrino, M., Del Gatto, L., Modeste, V., 2007b. Petrogenesis of a basanite-tephrite-phonolite volcanic suite in the Bobaomby (Cap d'Ambre) peninsula, northern Madagascar. *Journal of African Earth Sciences* 49, 29–42.

Mottet, G., 1981. L'Ankaratra et ses bordures (Madagascar). Thèse, Univ. Lyon III, 1, pp. 21–61.

Mottet, G., 1982. Tectonique et volcanisme dans le massif du Tsaratanana-Ankaizina (Nord de Madagascar). *Bull. Assoc. Géogr. Fr.*, Paris 59, 485, 109–112.

Nédélec et al., 1995) Nédélec (1998) Paquette, J.L. et Nédélec, A., 1998. A new insight into Pan-African tectonics in the East-West Gondwana collision zone by U-Pb zircon dating of granites from central Madagascar. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 155, 45-56.

Notice explicative de la géologie des environs de Miandrivazo-Tsiroanomandidy-Antsirabe, Madagascar central (ZONE E), Projet de Gouvernance des Ressources Minérales (PGRM), Macey, P.H., Miller, J.A., Armstrong, R.A., Bisnath, A., Yibas, B., Frost-Killian, S., Chevallier, L., Mukosi, N.C., Cole, J., le Roux, P. et Haddon, I.G., 402 page.

P Fourmarier. Principes de géologie, Tome premier, 3^{ème} édition Revue et complétée, 419-439.

Paul Lemoine, Etude géologiques dans le Nord de Madagascar, 521.

Piqué, A., 1999. The geological evolution of Madagascar: an introduction. *Journal of African Earth Sciences* Vol. 28, No. 4, 919–930.

Piqué, A., Laville, E., Chotin, P., Chorovicz, J., Rakotondraompiana, S., Thouin, C., 1999. L'extension à Madagascar du Néogène à l'actuel : arguments structuraux et géophysiques. *Journal of African Earth Sciences* 28, 975-98.

Rakotondrainibe, 1977. Contribution à l'étude de la sismicité de Madagascar, Thèse Science, Université de Madagascar.

Rakotondraompiana, S., 1992. Gravimétrie de Madagascar et structure de la lithosphère, Thèse Université d'Antananarivo.

Rakotondraompiana, S.A., Albouy, Y., Pique, A., 1999. Lithospheric model of the Madagascar Island (western Indian Ocean): a new interpretation of the gravity data. *Journal of African Earth Sciences* 28, 961-973.

Rakotondrazafy, M., Madison Razanatseho, M.O., Nédélec, A., Ralison, B., Fitzsimons, I.C.W., Wingate, M., Meert, J.G., 2001. The Cambrian Carion granite of Madagascar: a case of late-Panaf-rican shoshonitic magmatism. *Gondwana Research* 4, 746-747.

Rakotosolofo, N.A., Torsvik, T.H., Ashwall, L.D., Eide, E.A., De Wit, M.J., 1999. The Karoo Super-group revisited and Madagascar-Africa fits. *Journal of African Earth Sciences* 29 (1), 135-151.

Rambolamanana G., 1999. Topography of the Moho under the central region of Madagascar. International Center for Theoretical Physics (ICTP), Trieste, Italie.

Rambolamanana Gérard, Martin J. Pratt, Michael E. Wysession, Ghassan Aleqabi, Douglas A. Wiens, Andrew A. Nyblade, Patrick Shore, Fenitra Andriampienomanana, Tsiriandrimanana Rakotondraibe, Robert D. Tucker, Guilhem Barruol, Elisa Rindraharisaona, 2017. Shear velocity structure of the crust and upper mantle of Madagascar derived from surface wave tomography. *Earth and Planetary Science Letters* 458, 405-41.

Ranaivonandrasana, F., 1995, Etude de la sismicité de la Région de l'Itasy, Rapport de D.E.A, Université d'Antananarivo.

Rasamimanana, G., 1996. Caractérisations géochimiques et géochronologiques des trois épisodes magmatiques (Crétacée, Miocene terminal et Quaternaire) à Madagascar, associés aux phénomènes de rifting. Thèse Doctorat Sciences, Université Paris-Sud, Orsay, 234.

Rasamimanana, G., Bardintzeff, J.-M., Rasendrasoa, J., Bellon, H., Thouin, C., Gioan, P., Piqué, A., 1998. Les épisodes magmatiques du Sud-Ouest de Madagascar (bassin de Morondava) marqueurs des phénomènes de rifting crétacé et néogène. *Comptes Rendus Académie Sciences Paris* 326, 685-691.

Regnault, 1998 Bertil, D. and Regnault, J.M, 1998: Seismotectonics of Madagascar, *Tectonophysics* 294, 57-74.

Robert Hagermann, Michel Treuil. Introduction à la géochimie et ses applications. Tome I, 445.

Robert Hagermann, Michel Treuil. Introduction à la géochimie et ses applications. Tome II, 296.

Schandelmeier et al., 2004 Schandelmeier, H., Bremer, F., Holl, H.G., 2004. Kinematic evolution of the Morondava rift basin of SW Madagascar from wrench tectonics to normal extension. *Journal of African Earth Sciences* 38 (4), 321-330.

Segoufin, J., Patriat, P., 1980. Existence d'anomalies Mésozoïques dans le bassin de Somalie. Implications pour les relations Afrique Antarctique Madagascar. *C.R. Acad. Sci., Paris* 291, 85-88.

Shackleton, R.M., 1996. The final collision between East and West Gondwana: where is it? *Journal African Earth Sciences* 23 (3), 271-287.

Stern, R. J., 1994. Arc assembly and continental collision in the Neoproterozoic East African Orogen: implications for the consolidation of Gondwanaland. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 22, 319-351.

- Storey, B.C., de Wit, M.J., Anderson, J.M., Anderson, H.M., Rubridge, B.S., Thomas, R.J. (Eds.), 2000b. Special Issue, Gondwana-10, Event Stratigraphy of Gondwana. Proceedings, volume 2: Journal of African Earth Sciences, vol. 31, 1.
- Storey, B.C., Rubridge, B.S., Cole, D.I., de Wit, M.J. (Eds.), 2000a. Special Issue, Gondwana-10, Event Stratigraphy of Gondwana Proceedings: Journal of African Earth Sciences, vol. 29, 1.
- Storey, M., Mahoney, J.J., Saunders, A.D., 1997. Cretaceous basalts in Madagascar and the transition between plume and continental lithosphere mantle sources. In: Mahoney, J.J., Coffin, M.F. (Eds.), Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic, Planetary Flood Volcanism: Geophysical Monograph, vol. 100. American Geophysical Union, 95-122.
- Storey, M., Mahoney, J.J., Saunders, A.D., Duncan, R.A., Kelley, S.P., Coffin, M.F., 1995. Timing of hot spot-related volcanism and the breakup of Madagascar and India. Science 267, 852-855.
- Timothy M. Kusky, Erkan Toraman, Tsilavo Raharimahefa, Christine Rasoazanamparany. 2010. Active tectonics of the Alaotra-Ankay Graben System, Madagascar: Possible extension of Somalian–African diffusive plate boundary. Gondwana research 18, 274-294.
- Torsvik, T.H., Ashwal, L.D., Tucker, R.D., Eide, E.A., 2001. Neoproterozoic geochronology and palaeogeography of the Seychelles microcontinent: the India link. Precambrian Res. 110 (1), 47-59.
- Torsvik, T.H., Tucker, R.D., Ashwal, L.D., Eide, E.A., Rakotosolof, N.A., de Wit, M.J., 1998. Late Cretaceous magmatism in Madagascar; palaeomagnetic evidence for a stationary Marion hotspot. Earth Planet. Sci. Lett. 164, 221-232.
- Tucker et al., 1999 R.D. Tucker, L.D. Ashwal, T.H. Torsvik. Neoproterozoic silicic magmatism in northern Madagascar, Seychelles and NW India: Clues to Neoproterozoic supercontinent formation and dispersal (abstract). EOS Trans. Am. Geophys. Union 80 (1999), 372-373.
- Valentine, G.A., Gregg, T.K.P., 2008. Continental basaltic volcanoes-processes and problems. J. Volcanol. Geotherm. Res. 177, 857–873.