

#### IV.4.2. MODELISATION DES RESEAUX LINEAMENTAIRES

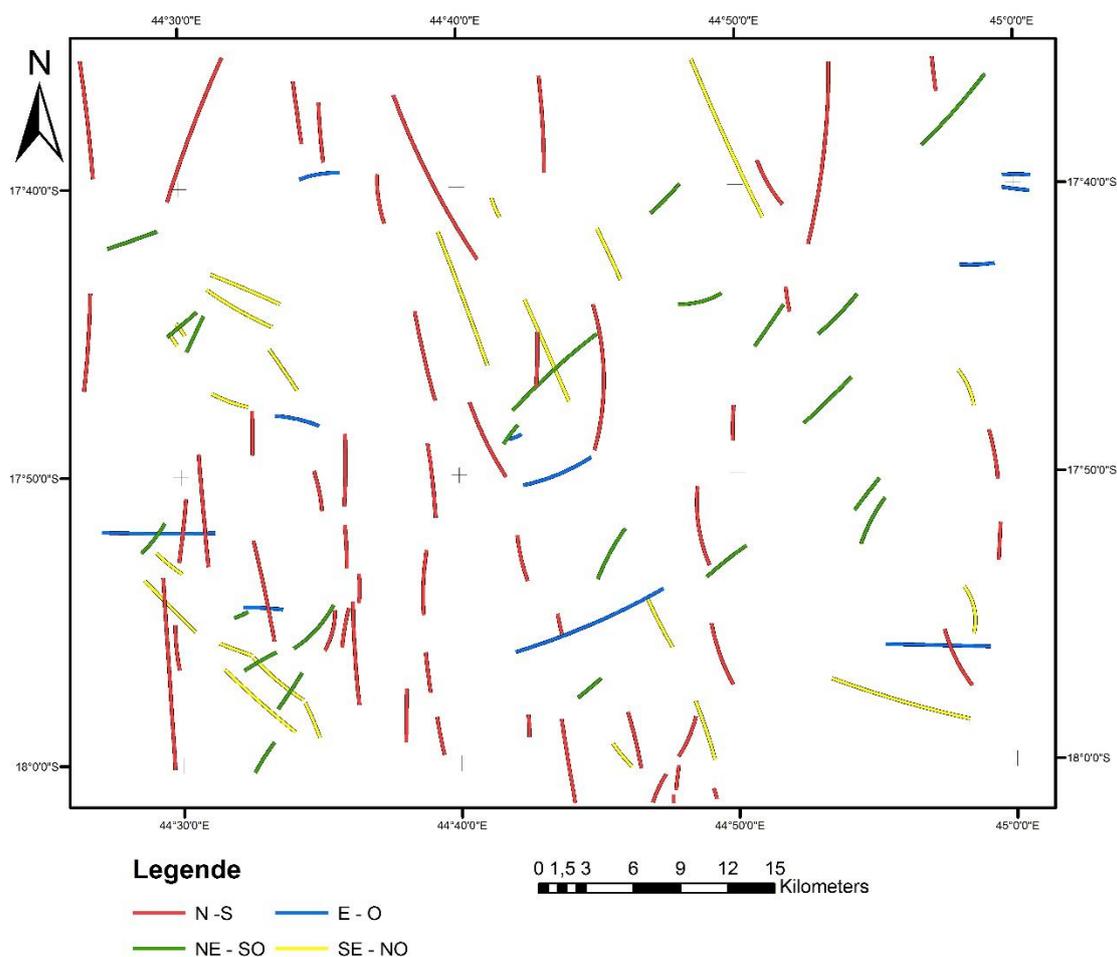


Figure 21 : Carte de synthèse des linéaments

La carte de synthèse des linéaments (Figure 21) représente l'ensemble des segments résultant de la superposition de l'information contenue dans les images satellites et la carte MNT. Elle regroupe au total 108 linéaments, soit une longueur totale de 434,02 km, avec des longueurs variables allant de l'ordre hectométrique à plurikilométrique dont la taille varie de 0,547 km à 12,337 km et une longueur moyenne de 4,01 km.

Cette carte de linéaments apparaît polymodale. En effet, elle nous révèle quatre familles importantes d'orientation de linéaments soient : N – S ( $0^\circ$  à  $19^\circ$  et de  $160^\circ$  à  $180^\circ$ ), NE – SO ( $20^\circ$  à  $69^\circ$ ), E – O ( $70^\circ$  à  $109^\circ$ ) et SE – NO ( $110^\circ$  à  $159^\circ$ ). L'orientation N – S est prédominante, regroupant à elle seule 51% de l'information, pour ce qui est des longueurs et un pourcentage de 47% pour ce qui est des fréquences. Les linéaments appartenant à la famille NE – SO, regroupent 16% de la longueur totale et 20% des fréquences. Quant aux orientations E – O et SE – NO, elles représentent respectivement 10% et 22% de l'information en ce qui concerne les longueurs, et un effectif de 10% et 22% pour les fréquences. Finalement, les linéaments

appartenant aux familles E – O sont faiblement représentés, comparativement à ceux identifiés dans la direction N – S (51%).

#### **IV.4.3. INTERPRETATION STRUCTURALE**

Afin de mieux cerner l'étude géostructurale de la zone de Bemolanga, nous avons procédé à une confrontation des résultats avec la carte géologique et quelques informations géologiques.

Toutes les informations relatives à la cartographie et à l'analyse géologique structurale de la zone d'étude sont intégrées dans un système d'information géographique afin de permettre d'une part, l'identification des linéaments déjà connus et d'autre part, l'interprétation des linéaments nouveaux et de faire apparaître leur lien.

La carte géologique d'Antranogoaika et de Morafenobe (Annexe X) montre une grande variété aussi bien dans sa composition lithologique que structurale. Les linéaments géologiques, issus de cette carte sont constitués de linéaments liés aux accidents tectoniques (failles et dykes). Ces linéaments connus sont repartis selon 4 directions :

- La direction N – S la plus importante est la direction d'orientation de 75 % des failles (estimation visuelle sur la carte géologique)
- Il existe quelques particularités des dykes qui apparaissent en curviligne au Sud du Massif de Fonjay ainsi qu'au Sud de la carte géologique. Toutefois, 40% des dykes doléritiques présentes, situées entre le plateau du Bemaraha et le massif de Fonjay prennent une orientation E – O avec quelques dizaines de kilomètres.
- L'orientation des dykes de rhyolites près du massif apparaît dans plusieurs directions : SE – NO, N – S, NE - SO

Les quatre directions d'orientation des linéaments géologiques structurales se retrouvent également au niveau des données d'images satellitaires.

La superposition de l'image Landsat 5 TM, de l'image radar et des données de la carte géologique permet d'identifier un certain nombre de linéaments tracés comme étant des failles, des dykes. Ces linéaments issus de l'image satellite sont souvent parfaitement superposés ou légèrement décalés par rapport aux éléments structuraux de la carte géologique ou encore sont dans le prolongement de ces derniers. Ainsi, environ 80% des failles et 60 % des dykes sur la carte sont parfaitement identifiées sur la carte de synthèse des linéaments (Figure 21).

Etant donnée la précision de l'image satellite, le décalage entre les linéaments géologiques et les linéaments satellitaires peut s'expliquer par le géocodage et le rééchantillonnage qui incitent de l'imprécision dans l'image traitée. En outre, les cartes géologiques de compilation introduisent de l'imprécision par les changements d'échelle et même de système de projection (Laborde en WGS-84).

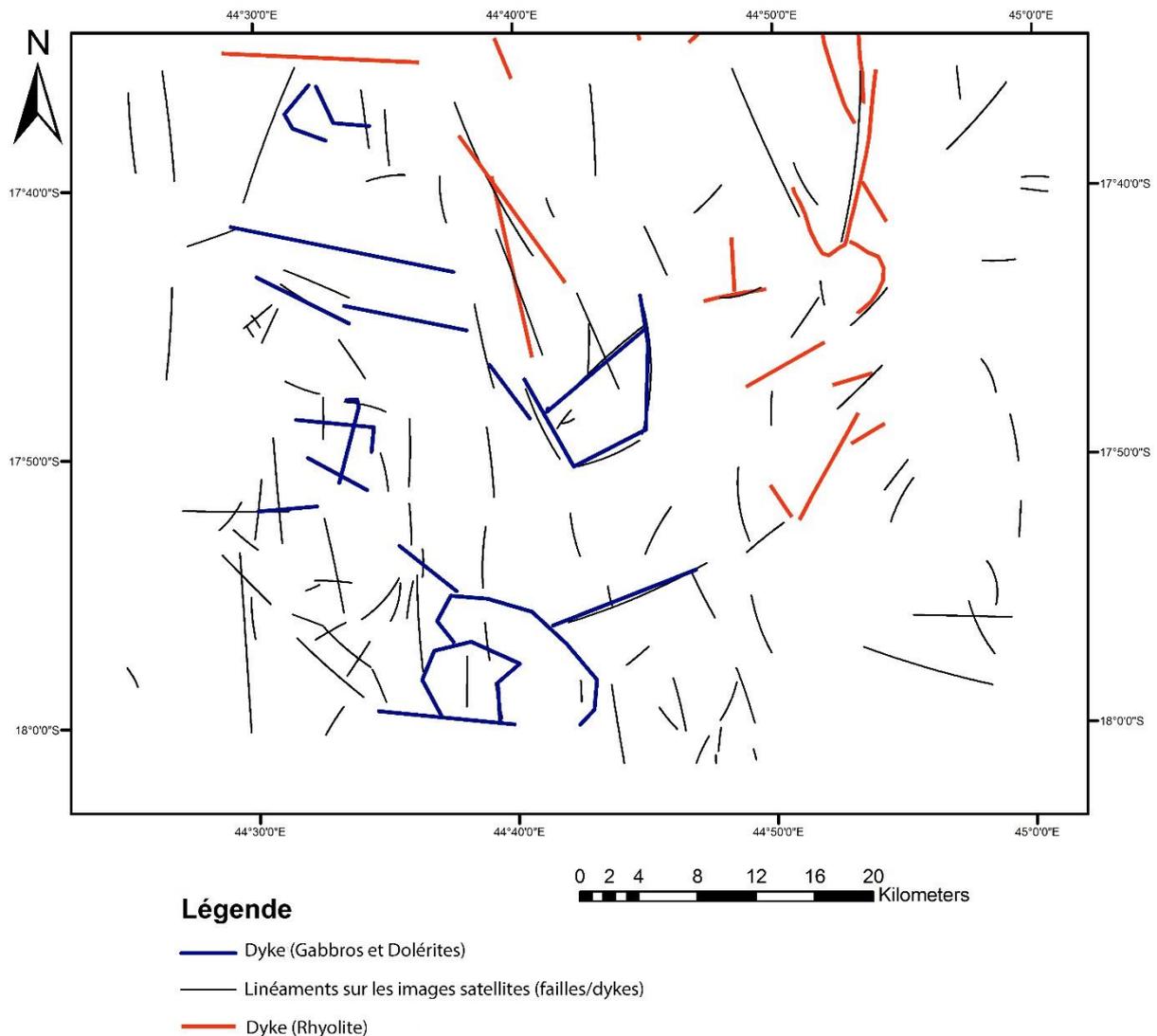


Figure 22 : Carte des linéaments géologiques et de linéaments extraits des images satellites

L'observation de la carte de linéaments géologiques sur la figure 22 permet de constater également une tendance E – O dans l'orientation des dykes de Gabbros et de Dolérites à l'Ouest du territoire, alors que cette tendance est plutôt NE – SO et NO – SE pour les dykes de Rhyolite dans la partie Nord. De plus, on observe beaucoup plus de failles sur tout le territoire que des dykes. Ces failles ne peuvent pas être représentées intégralement sous-forme de linéaments géologiques sur la figure précédente à cause de l'ampleur de notre échelle.

#### **IV.4.4. INTERPRETATION GITOLOGIQUE**

Le lien entre la présence d'un indice de pétrole et la proximité d'un linéament semble bien exister. La carte des linéaments présente donc une utilité pour la prospection pétrolière si on considère sous cet aspect. C'est d'ailleurs un fait généralement admis en prospection pétrolière que la présence d'un linéament tel que les failles et les dykes peuvent servir comme pièges structuraux dans un réservoir de pétrole. Pour notre cas, les dykes ne servent plus à grand-chose car le gisement est déjà à découvert. Toutefois, ces dykes métamorphisent les terrains encaissants, métamorphisme qui va favoriser à la cokéfaction des grès bitumineux ; la phase organique est alors transformée en une substance carbonneuse.

#### **IV.4.5. DISCUSSION SUR L'IMAGE LANDSAT TM**

Malgré le manque d'information sur l'image de couleur naturelle (bande 3-2-1), il a été possible d'extraire une quantité de linéaments représentatifs suffisants sur celle de l'image en composition colorée (bande 4-5-3). Ceci peut donc s'interpréter de deux façons.

- La première est que la géologie présente sous forme de paysage influence celui-ci au point qu'il est facile d'en faire ressortir de nombreux éléments, comme le cas du calcaire de Bemaraha.

- La deuxième interprétation est que l'image en composition colorée (bande 4-5-3) est bien adaptée à une utilisation à caractère géologique telles que les linéaments. Il semble que les caractéristiques physiques propres à ces trois bandes sont un élément plus important dans cette visibilité que la taille du pixel.

On peut se demander quels phénomènes sont responsables de la visibilité des linéaments géologiques. La topographie est une bonne explication dans plusieurs cas : faille de Bemaraha le long de la falaise du calcaire de Bemaraha, les dykes. L'interaction entre linéaments et réseau hydrographique est certainement un facteur important. Ce lien entre réseau hydrographique et linéament peut exister sous forme d'un tronçon de rivière anormalement rectiligne. Elle reflète l'existence d'une grande diaclase ou d'une faille (figure 22)

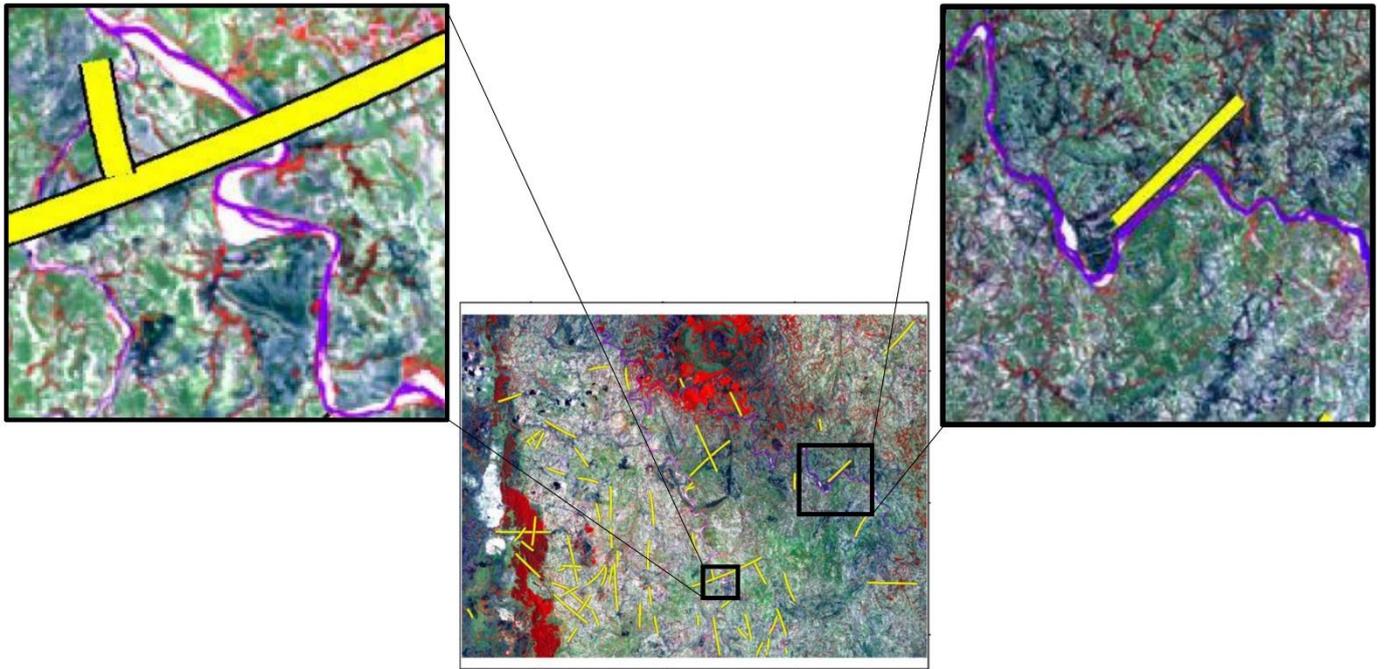


Figure 23 : Réseau hydrographique en parallèle avec un linéament (image LANDSAT 5 TM)

#### IV.4.6. DISCUSSION SUR L'IMAGE RADAR

Les images radar présentent de nombreux avantages. Elles peuvent être prises de jour comme de nuit et ne sont pas affectées par la couverture nuageuse. En général, pour la recherche de linéaments géologiques, les images choisies sont celles captées avec un angle de visée élevé. On cherche à mettre en évidence la topographie. On obtient ainsi des cartes où l'origine des linéaments tient surtout au relief.

Sur la partie Nord, on peut observer un grand massif annulaire nommé Massif de Fonjay. Cette structure annulaire présente peu de linéament. Elle est une formation plutonique, intrusion de gabbro pendant la période du Crétacé.

Sur la partie Ouest de l'image radar, il existe un grand escarpement le long de la côte Est de la formation du calcaire de Bemaraha. Il est possible d'avancer deux explications. La première est que la transgression marine lors du jurassique est le moteur qui a engendré le dépôt du calcaire, laissant comme marque une falaise. La deuxième est que ce grand escarpement est relatif à la faille de Bemaraha avec un soulèvement tectonique dextre .

# Conclusion

Le travail de recherche présenté dans ce mémoire nous a permis d'appuyer les connaissances géologiques concernant la minéralogie, la pétrographie et les structures dans la région de Bemolanga (bassin de Morondava).

La géologie pétrolière utilise la télédétection pour construire un cadre approximatif des réseaux structuraux avec des images satellites disponibles au grand public. Ce cadre en combinaison avec l'analyse des minéraux permet l'interprétation de l'histoire sédimentaire et l'évolution paléogéographique de la formation considérée.

Le but principal de ce présent travail est de montrer l'intérêt des études pétrographique et structurale dans la recherche de pétrole. Concernant la pétrographie, les études minéralogiques permettent de connaître la formation lithologique du milieu. Elles permettent aussi de reconstituer l'histoire de la roche et de la formation par la détermination des indices de minéraux et leur datation. Concernant l'étude structurale, l'analyse des images satellites permettent de corréler et de vérifier les réseaux structuraux sur le terrain. La connaissance de ces réseaux est très importante car c'est une aide à la détermination de limite d'un gisement de pétrole.

Indice de minéraux : la présence du zircon dans la formation de l'Isalo I signifie que les roches viennent de la formation cristalline du domaine d'Antananarivo et de Bekodoka par les processus sédimentaires (érosion – transport – dépôt). Une partie de sa formation contenant du grenat peut venir du socle du domaine d'Ikalavony (dôme de Bekodoka). La présence de la biotite dans la formation de l'Isalo II indique que sa formation provient du domaine d'Antananarivo ayant comme lithologie l'orthogneiss. L'existence de l'amphibole dans toutes les formations (Sakamena, Isalo) reste indifférente pour la détermination de sa source.

Réseaux structuraux : la plupart des structures prélevées sont des failles et des dykes. La tendance générale des failles est N – S tandis que celles des dykes de dolérites et de rhyolites sont respectivement NE – SO et NO – SE.

Nous proposons à ceux qui veulent entreprendre des études ultérieures telles que la pétrologie, de faire plusieurs prélèvements d'échantillon et de faire les analyses minéralogiques des formations successives de Bemolanga et des analyses géochimiques pour mieux comprendre la qualité et la quantité gisement.

# Références bibliographiques

1. ANDRIAMAMONJY Dominique, 2009. *Evolution tectono-sédimentaire du Jurassique supérieur au Crétacé inférieur dans le bassin de Morondava, limité par les fleuves Manambolo et Mangoky. Contribution à l'exploration pétrolière*. Mémoire d'Ingénieur. ESPA. Univ. Antananarivo. Madagascar.
2. BESAIRIE Henri, 1946. *La géologie de Madagascar*. Ann. Géol. Madagascar, XII, Paris
3. BESAIRIE Henri, COLLIGNON Maurice, 1956. *Lexique Stratigraphique International*, vol.4, Fascicule 11, Madagascar. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
4. BESAIRIE Henri, 1964. *Carte géologique d'Antranogoaika (F44) et de Morafenobe (G44)*, au 1/ 100 000. Service géologique, Antananarivo.
5. COLLIGNON Maurice, 1956. *Le système crétacé à Madagascar*. Volume 77 de Travaux du Bureau Géologique de Madagascar, Travaux du Plan d'Equipement. Service géologique, 1956.
5. COULIBALY Lacina, 1996. *Interprétation structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire*. Mémoire de maîtrise. Université de Sherbrooke. Canada.
6. CREAM, 2013. *Monographie de la région Melaky*
7. DUNOD, 2008. *Géologie Tout-en-un. 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> années BCPST*. Paris.
8. DUNOD, 2011. *Atlas de géologie, pétrologie*. Paris.
9. Frédéric Boulvain, 2014. *Dynamique des bassins sédimentaires*. France.
10. GANNOUNI Sonia, March 2015. *Structural interpretation of lineaments by satellite image processing*. Scientific Research Publishing. Centre de Recherches et des Technologies des Eaux. Tunisie.
11. HARIMALALA TSIVERISOA Herizo., 2003. *Evaluation environnementale stratégique des activités minières à Madagascar*. Mémoire d'ingénieur. ESPA. Univ. Antananarivo. Madagascar.
12. J. de SAINT OURS, 1952. *Etude géologique des grès bitumineux de Bedoa – Bemolanga*. Service géologique. OMNIS.
13. LRHCHA Ilham, 2011. *Cours pratique de télédétection : méthodes et techniques de traitement d'images satellitaires à partir du logiciel ENVI*. Université d'Artois. Montpellier.
14. OMNIS, 1995. *MADAGASCAR: PETROLEUM GEOLOGY AND EXPLORATION POTENTIAL* », SIMON PETROLEUM TECHNOLOGY LIMITED, volume 1: text, United Kingdom, May 1995 (OMNIS)
15. OMNIS, Juillet 1982. *Bemolanga and Tsimiroro source rocks and hydrocarbon generation*. Second international conference on heavy crude and tar sands
16. OMNIS, Septembre 2012. *Journée du Pétrole Amont de Madagascar*. Présentation technique. Hôtel Carlton Anosy

17. RABE Christian Andrisoa Zoé, 2002. *Expérimentation en laboratoire sur l'utilisation routière du grès bitumineux de Bemolanga*. DEA. ESPA. Univ. Antananarivo, Madagascar
18. RADELLI L., 1975. Geology and oil of Sakamena Basin, Malagasy Republic (Madagascar). Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.
19. RAJAOMAZAVA Felix, 1992. *Etude de la subsidence du bassin sédimentaire de Morondava (Madagascar) dans le cadre de l'évolution géodynamique de la marge Est Africaine*. Thèse de Doctorat. Centre Géologique et Géophysique. Université des Sciences et Techniques du Languedoc 3405-MONTPELLIER Cedex 5-France
20. RANDRIANARIVONIMANANA Rado Hafaliana, 2015. *Sensibilité acoustique des grès bitumineux de Bemolanga*. Mémoire d'ingénieur. ESPA. Univ. Antananarivo. Madagascar.
21. RANDRIANASOLO N., 2013. *Traitement des données diagaphiques en vue de l'évaluation du potentiel pétrolier du Bloc 3108 de Manja*. Mémoire d'Ingénieur. ESPA. Univ. Antananarivo. Madagascar.
22. RASOANAIVO Sederanomenjanahary Mamy, 2011. *Analyse granulométrique des grès bitumineux de Bemolanga, impacts sur l'imprégnation et support au groupement de faciès*. Mémoire d'ingénieur. ESPA. Univ. Antananarivo. Madagascar.
22. RATEFIARIMINO Anick, *Potentiels de minéralisation des domaines miniers de la société Mines Tany Haga (MTH)*. Fasc. n°1 : Etat des connaissances géologiques et minières. (Conférence)
23. RAZAFIMBELO Rachel. *Echelle stratigraphique du système Karroo*
24. UPDR. 2003. *Monographie de la région Melaky*. Rapport de l'Unité de Politique pour le Développement Rural. MAEP
25. Waele, B., et al., *Provenance and tectonic significance of the Paleoproterozoic metasedimentary successions of central and northern Madagascar*. Precambrian Res, doi : 10.1016/j.precamres.2011.04.004

# Références webographiques

## 1. FABRICATION DES LAMES MINCES

<http://les.mineraux.free.fr/dossier-mineralo/fabrication/fabrication.htm>.

## 2. DES MINERAUX AU MICROSCOPE – LN et LP

<http://igeologue.blogspot.com/2012/05/tp-des-mineraux-au-microscope-ln-et-lp.html?m=1>

## 3. LISTE DES MINERAUX PAR DENSITE

[http://www.geowiki.fr/index.php?title=Liste\\_min%C3%A3raux\\_par\\_densit%C3%A9](http://www.geowiki.fr/index.php?title=Liste_min%C3%A3raux_par_densit%C3%A9)

## 4. FICHE TECHNIQUE DES MINERAUX

[http://www.geowiki.fr/index.php?title=Fiches\\_min%C3%A9aux](http://www.geowiki.fr/index.php?title=Fiches_min%C3%A9aux)

## 5. FORMATION DU PETROLE

[www.connaissancedesenergies.org](http://www.connaissancedesenergies.org)

## 6. ELEMENTS DE SEDIMENTOLOGIE ET DE PETROLOGIE SEDIMENTAIRE

<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/sedim/sedimentologie.htm>

## 7. GLOBAL LAND COVER FACILITY

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

## 8. IDENTIFICATION MICROSCOPIQUE DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES ROCHES SEDIMENTAIRES

<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/TP/TP.htm>

## 9. INTRODUCTION AUX PROCESSUS SEDIMENTAIRES

<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/processus/processus.htm>

# Annexes