

# *Création D'une Base De Données : Inventaire Et Valorisation Du Patrimoine Géologique De La Région Vakinankaratra*

1- ANDRIANAIVO Jane Francia<sup>1</sup>

Ecole Doctorale INGE

Université d'Antananarivo

RAKOTONINDRAINNY<sup>2</sup>

Professeur Titulaire

Ecole Doctorale INGE

## *Résumé*

*:La Région Vakinankaratra possède un grand et précieux patrimoine géologique. Malheureusement, à ce jour, les informations qui concernent ce patrimoine sont insuffisantes et/ou sont difficiles d'accès. Ainsi, ces richesses sont mal /sous-exploitées et ne contribuent pas, comme il se doit, au développement de la Région. Face à cela, cette étude inventorie les différents sites géologiques et gîtes miniers d'intérêt de Vakinankaratra et en crée une base de données. Le principal objectif étant de mettre à disposition de toute personne intéressée (étudiants, investisseurs, hommes d'État, etc.) les informations essentielles sur les patrimoines géologiques de la Région et de contribuer ainsi à leur valorisation. Ce travail d'inventaire s'est fait suivant trois phases. De prime abord, on distingue la phase de l'étude bibliographique qui a été réalisée pour la détermination des sites intéressants. Ensuite, il y a la phase de descentes sur terrain qui a été entreprise pour l'acquisition de plus d'informations et de précision sur les sites. Et pour terminer, on clôture avec la conception de la base de données avec l'utilisation des logiciels Microsoft Office Access, Système d'Information Géographique et Matlab. Plusieurs sites ont été répertoriés et intégrés dans la base de données. Cette étude confirme que la valorisation des patrimoines géologiques offre de nombreuses opportunités que ce soit au niveau du tourisme ou au niveau du secteur extractif. Cela aurait un impact positif significatif sur l'économie, le social et l'environnement de la Région. Toutefois, pour que cela contribue effectivement sur le développement durable de la Région Vakinankaratra, une collaboration multisectorielle est essentielle. Il convient également de noter que les données obtenues, et présentées dans cette étude, ne sont pas exhaustives et nécessitent d'autres travaux d'investigation supplémentaires couteux.*

**Mots-clés:** *Vakinankaratra, géologie, site géologique, gîte minier, tourisme, développement durable.*

**Abstract:** *The Vakinankaratra Region has a large and precious geological heritage. Unfortunately, to this date, informations at this regard are insufficient and/or difficult to find. As a result, this wealth is poorly or under-exploited and does not contribute, as it should, to the development of the Region. This study therefore inventoried the various geological sites and mineral deposits of interest in Vakinankaratra and created a database. The main aim was to make essential information on the region's geological heritage available to anyone interested (students, investors, statesmen, etc.), and thus contribute to its development. This inventory work was carried out in three phases. Firstly, a bibliographical study was carried out to identify sites of interest. Then there was the fieldwork phase, which was undertaken to acquire more detailed information about the sites. Finally, the database was designed using Microsoft Office Access, Geographic Information System and Matlab software. Several sites were listed and integrated into the database. This study confirmed that the development of geological heritage offers numerous opportunities in terms of both tourism and the extractive sector. This would have a significant positive impact on the region's economy, society and environment. However, for this to contribute effectively to the sustainable development of the Vakinankaratra region, multisectoral collaboration is essential. It should also be noted that the data obtained, and presented in this study, are not complete and require further investigation.*

**Keywords:** *Vakinankaratra, geology, geological site, mining gîte, tourism, sustainable development.*

## INTRODUCTION

Madagascar possède un sous-sol riche en ressources minières exploitables et dont la géologie offre de nombreuses opportunités (RAHARINIRINA V., 2013). Cela devrait être un tremplin pour son développement, car dans le monde entier, le secteur minier joue un rôle non négligeable dans le développement économique d'un pays (OCDE, 2009). Pourtant, pour Madagascar, l'exploitation de ces ressources n'a que peu d'effet sur son développement économique (RASOLONDRAINNY E., REJO-FIENENA F., 2017). L'une des principales raisons à cela est que ces ressources sont mal exploitées et/ou sous-exploitées. En effet, la majorité des activités d'exploitation minière de Madagascar s'effectue de façon strictement artisanale et informelle (RAMDOO I. et RANDRIANARISOA A., 2016, R. CANAVESIO, 2009). Puis, les différents sites géologiques ayant un fort potentiel touristique ne sont pas valorisés du fait de l'insuffisance des informations leur concernant (J.-P. RANÇON et al., 2011) ou de la difficulté de leur consultation.

Cette étude se concentre sur la Région Vakinankaratra pour la potentialité économique de ses ressources géologiques et minières (ANDRIANAIVO J.F., 2018). En effet, son sous-sol regorge de nombreuses variétés de ressources minérales telles que les pierres fines et précieuses (EDBM, 2021), les pierres ornementales et les minerais. Son sous-sol comporte également des ressources minérales énergétiques telles que l'uranium (RUFER D. et al., 2014) et le lignite (M. F. RAKOTOMANANTSOA, 2016) ainsi que divers matériaux de construction. De plus, cette région possède des sites géologiques qui découlent du volcanisme (RASOANIMANANA R. R. et al, 2012) offrant des opportunités pour le secteur du tourisme. Cependant, les études approfondies et les inventaires, en bonne et due forme, des ressources du sous-sol de Vakinankaratra se révèlent encore insuffisants. Cela constitue un des blocages au développement de la Région. L'insuffisance des données géologiques et l'utilisation de méthodes de cartographie obsolètes conduisent à la méconnaissance des patrimoines géologiques de Vakinankaratra et à leurs mauvaises exploitations.

De ce fait, les objectifs principaux de cette étude sont :

- de porter à la connaissance de toute personne intéressée les ressources minières exploitables et les sites géologiques valorisables de la Région Vakinankaratra ;
- et de faciliter l'accès et la compréhension de ces informations.

Ceci afin d'inciter et d'encourager les éventuels exploitants et/ou responsables de l'État Malagasy à investir dans le développement du secteur minier de la Région. Cela pourrait permettre de tracer des circuits de mines pour favoriser la formalisation des exploitations et la mise en place de parcs géologiques. Ainsi, cette étude vise à mettre au point une approche responsable, durable et adaptée aux spécificités locales. Elle vise la maximisation des bénéfices socioéconomiques de l'exploitation des ressources du sous-sol tout en minimisant les impacts négatifs.

Pour ce faire, les différents sites géologiques et gîtes miniers de la Région Vakinankaratra sont répertoriés grâce à une documentation approfondie ; et des descentes sur terrain (sur ces sites et gîtes) sont effectuées pour compléter les informations. Puis, ces dernières sont traitées avec les logiciels Microsoft Office Access et le Système d'Information Géographique pour avoir une base de données complète et mise à jour. Et enfin, pour faciliter la consultation de ces données, celles-ci sont présentées en utilisant le logiciel Matlab.

Cette base de données devrait inciter des investisseurs, nationaux ou étrangers, à exploiter durablement les richesses du sous-sol de Vakinankaratra. Cela contribuerait, ainsi, à la création d'emplois et d'opportunités pour les populations autochtones tout en favorisant le développement régional, voire national.

## I. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Zone d'étude

#### 1.1.1. Localisation

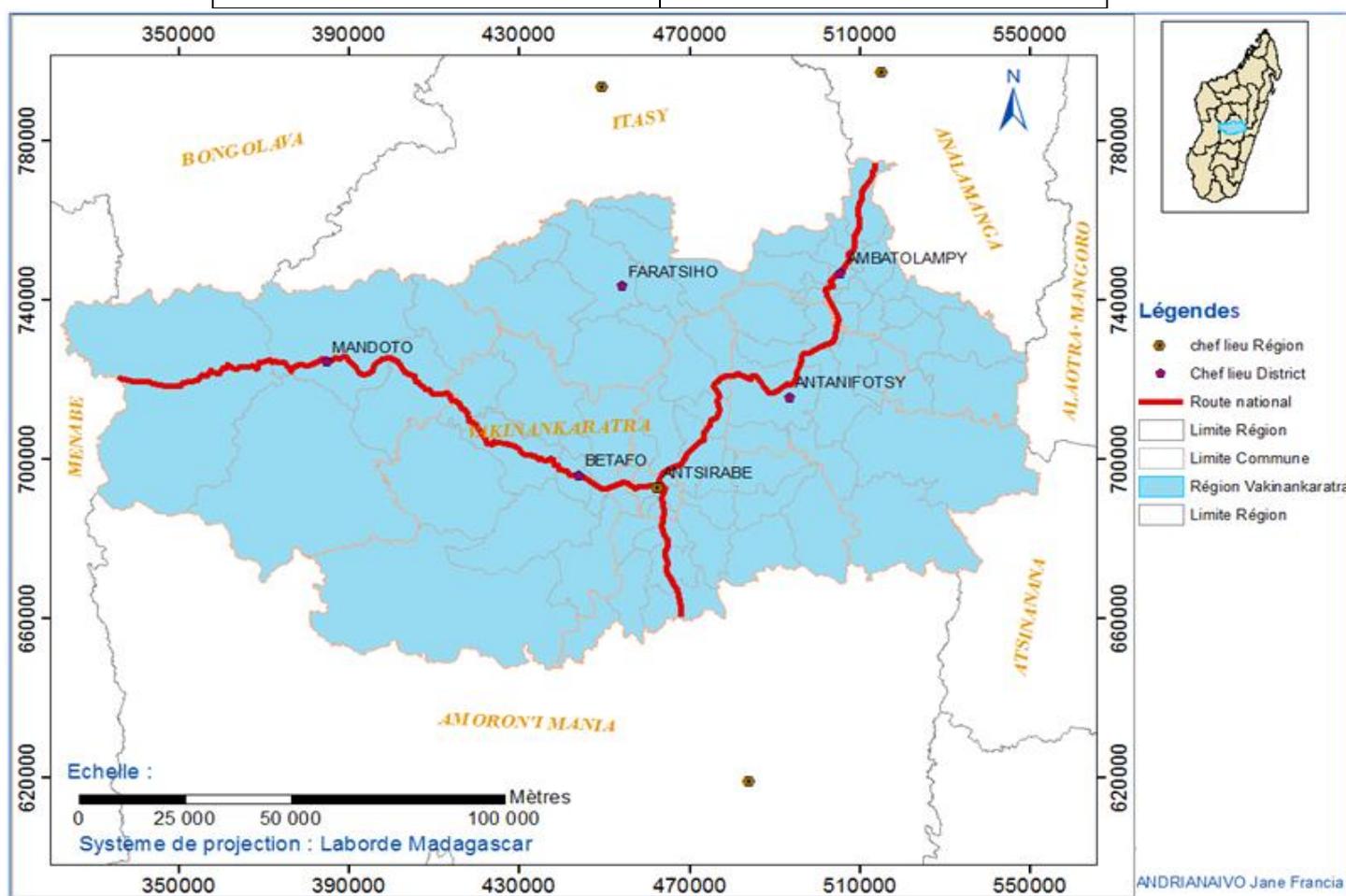
La Région Vakinankaratra se trouve en plein centre de l'île (figure 1). Elle est délimitée :

- à l'Est par les Régions d'Alaotra-Mangoro et d'Antsinanana ;
- à l'Ouest par la Région de Menabe ;
- au Nord par les Régions d'Analamanga, d'Itasy et de Bongolava ;
- au Sud par la Région d'Amoron'i Mania.

La Région Vakinankaratra est limitée par les coordonnées géographiques (Monographie de la Région Vakinankaratra, 2003) qui sont présentées sur le tableau suivant

Tableau 1 : Coordonnées limitant la Région Vakinankaratra

Latitude Sud (X)	Longitude Est (Y)
18°59'00''	46°17'00''
20°03'00''	47°19'00''



Source : BD100 FTM

Figure 1. Localisation géographique de la Région Vakinankaratra

#### 1.1.2. Contexte géologique

La géologie de la Région Vakinankaratra, est essentiellement constituée du volcanisme néogène à quaternaire de l'Ankaratra et de la série schisto - quartzo - calcaire (ou dolomitique) du Sud (RAUNET M., 1981).

Ainsi, trois ensembles géologiques peuvent notamment être distingués (RUFER D. et al., 2014) :

- **Les massifs granitiques**(ou le socle cristallin), généralement dispersés sur la bordure occidentale du massif volcanique de l'Ankaratra dans l'Ouest et dans le Sud (CARRIER A., 1914). Le socle cristallin est constitué de schistes cristallins dont les migmatites et les ectinites (micaschistes et quartzites) ainsi que de roches magmatiques (granites et gabbros). Les

migmatites et les migmatites granitoïdes occupent une grande partie des affleurements du socle. Ce sont des roches à biotite avec quelques passages d'amphibolites feldspathiques.

- **Les massifs quartziques** qui sont les roches sédimentaires (sables) ayant subi une métamorphisation dans le Nord-Est (ACKERMAN D. et al. 2006, GUILLAUMET J.-L. et al., 2008) ;
- **Les cuvettes volcano-lacustres** (RAUNET M., 2008) au centre Est, qui a comme origine l'abaissement du compartiment Ouest après fractures d'une surface initiale. Ces cuvettes contiennent des dépôts de sédiments provenant de la formation des massifs de l'Ankaratra qui aurait joué le rôle de barrage pour le réseau hydrographique s'écoulant initialement vers l'Ouest. Du point de vue pétrographique, toutes les roches volcaniques, depuis les trachytes jusqu'aux ankaratrites, sont représentées dans la Région. Sur le terrain, la détermination précise des roches n'est pas toujours possible. Seul le caractère acide ou basique des roches peut être apprécié. Quant à la classification des éruptions volcaniques de l'Ankaratra suivant leurs âges, la chronologie daterait de la fin du Tertiaire, c'est-à-dire du Pliocène, jusqu'au Quaternaire (LENOBLE A. et al., 1945, LENOBLE A., 1939).

Vakinankaratra possède des gisements de pegmatites riches en minéraux tels que la rhodizite, la danburite, l'apatite magnésite, le triphane, etc. (LACROIX A., 1912).

## 1.2. Méthodes

Des descentes sur terrain ont été réalisées pour collecter et compléter les données.

### 1.2.1. Avant la descente sur terrain

Pour être bien préparé aux descentes sur terrain et pour avoir une base dans les recherches, un travail de documentation a été réalisé. Le but est de récolter le maximum d'informations sur la géologie de la Région Vakinankaratra. Nous avons donc eu recours à la recherche bibliographique, qui consiste à consulter des ouvrages sur la géologie, la géomorphologie, la géographie et les ressources minières de la Région. Cela a été réalisé en visitant le centre de documentation du Service Géologique à Ampandrianomby, le Bureau du Cadastre Minier de Madagascar (BCMM) Ampandrianomby et Antsirabe, la direction des études et de la promotion géologique et minière (DEPGM), la bibliothèque universitaire d'Antananarivo, la bibliothèque de la Mention Mines à l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA) et en consultant des ouvrages disponibles sur internet. Ce travail de documentation a permis d'identifier et de lister les sites les plus intéressants (économiquement). Ce sont ces sites qui feront l'objet des descentes sur terrain.

### 1.2.2. Travaux sur terrain

#### ➤ **Travaux effectués**

Lors de la documentation, de nombreux sites géologiques ont été répertoriés. Cependant, pour avoir une base de données de qualité, on ne va garder que les plus intéressants. Une première liste des sites géologiques et des gîtes miniers a ainsi été établie. Les descentes sur terrain ont permis d'établir la liste définitive des sites à intégrer dans la base de données.

Les données ont été obtenues à partir de documents et d'observations et prises de photos lors des visites de terrain en compagnie de quelques autochtones.

En raison de la vaste étendue de la zone d'étude, les données obtenues sont synthétisées et les sites sont regroupés en sous-ensembles géographiques ou géologiques.

L'objectif est de pouvoir localiser, précisément, les sites et de décrire leurs cadres géologiques ainsi que leurs intérêts économiques éventuels.

#### ➤ **Matériels utilisés**

- *GPS (Global Positioning System)* : c'est un appareil électronique relié à des satellites. Il sert à relever les coordonnées géographiques (latitude, longitude, altitude) d'un point ;
- *Boussole de géologue* : il permet de déterminer les orientations des coupes (c'est-à-dire le pendage et la direction d'une formation) ;
- *Appareil photo numérique* : il consiste à prendre les photos nécessaires (gisements, sites géologiques, gîtes miniers, etc.) ;
- *Carte géologique* : pour se localiser et vérifier les formations géologiques sur lesquelles on se trouve, ainsi que de situer les lieux des gisements miniers éventuels.

### 1.2.3. Après les descentes sur terrain

Après les descentes sur terrain, les travaux suivants sont réalisés :

- L'élaboration des bases de données avec le logiciel Microsoft Access ;
- L'établissement et la numérisation des différentes cartes à partir du logiciel ArcGIS.
- L'utilisation du logiciel Matlab pour la présentation des différents sites géologiques et des gîtes miniers.

➤ **Logiciels utilisés**

- **Microsoft Office Access** : c'est un Système de gestion relationnelle qui permet de ranger toutes ces données dans différentes tables, liées entre elles. Une base de données Access se compose de Tables, requêtes, formulaires, états, macros et modules. Il a pour fonction la numérisation et le stockage des données sous forme de base de données, l'actualisation des données (ajout et mise à jour) et la facilitation de l'accessibilité des données ;
- **Système d'information géographique (SIG)** : c'est un ensemble de procédures manuelles ou informatiques, automatiques, utilisé pour stocker, manipuler et gérer les données géographiquement référencées. Élaborer un projet SIG veut dire élaborer une base de données présentée sous forme cartographique. Les informations sont stockées et structurées sous forme de couches. Le SIG nous permet de faire des traitements (sélections spatiales ou attributaires, croisement des données, calculs statistiques, etc.), de concevoir des cartes à coût réduit (carte géologique, carte topographique, etc.), de faire des requêtes, de multiplier les représentations visuelles facilitant ainsi une bonne interprétation. Ainsi, il facilite la réalisation d'étude pour tous les projets ayant une composante géographique.
- **Matlab** : c'est un système interactif et convivial de calcul numérique et de visualisation graphique. Il est surtout destiné aux ingénieurs, techniciens et scientifiques. C'est un outil qui permet d'intégrer des centaines de fonctions mathématiques et d'analyse numérique.

➤ **Conception de la base de données**

La base de données à concevoir doit permettre à l'utilisateur d'avoir toutes les informations essentielles sur le site géologique ou gîte minier qui l'intéresse (nom du site/Gîte, la Commune dans laquelle le site se trouve, le District correspondant, l'accès au site/Gîte, la description générale du site, les intérêts géologiques et miniers du site, localisation des sites/gîtes).

Les données recueillies doivent alors comporter ces informations puis seront traitées avec les logiciels mentionnés précédemment.

## II. RÉSULTATS

### 2.1. Les Sites géologiques et gîtes miniers de la Région Vakinankaratra

Après une étude bibliographique et des descentes sur terrains, les données en infra ont été récoltées. Le tableau 2 compilera l'inventaire des sites géologiques les plus intéressants de la Région Vakinankaratra avec leurs descriptions et localisations respectives. Le tableau 3 présentera, quant à lui, les différents gîtes miniers de la Région.

**Tableau 2 : Sites géologiques de la Région Vakinankaratra**

Sites géologiques	Descriptions
Massif granitique de Vavavato	Il se situe au Nord de Betafo, sur la route directe qui relie Betafo et Faratsiho et contient des granites qui sont en association avec des roches basiques (phénomène rare). Le massif est entouré de hautes murailles rocheuses dentelées en monolithes plus ou moins larges. Ces murailles ont une longueur d'environ 12 km, une hauteur moyenne de 2 250 m et une largeur moyenne de 3,2 m (L. DELBOS, 1957). Il présente des pegmatites uranifères à béryl et offre un cortège de minéraux rares qui peuvent être exploités. Il offre une morphologie intéressante ainsi qu'un paysage unique en son genre. Il est facilement accessible et peut être exploité touristiquement (Nomadays, 2024).
Aiguille de l'Ekena	Elle se situe à 5 km, à vol d'oiseau, au Sud-Est de Soanindrariny. Elle apparaît comme un suc phonolitique classique conique. Sa morphologie est complexe et très accidentée (RATSIMANOSIKA A. H. J., 2012).
Lac de cratère Tritriva	Il se trouve au Sud-Ouest d'Antsirabe, dans la Commune rurale de Belazao, tout près du village de Tritriva. Résultant d'une éruption volcanique (A. BOURDARIAT et H.-J. JOHNSON-LAVIS, 1908), le lac de Tritriva, de forme ovale, s'allonge sur 200 m avec une largeur de 50 m et se prolonge au Nord par un canyon étroit de 20 m de longueur et 7 m de largeur. Sa profondeur est évaluée à 150 m. Le lac Tritriva est considéré comme sacré du fait de sa forme qui rappelle celle de Madagascar. Il est facilement accessible et présente un fort potentiel touristique en offrant plusieurs types d'activités (tourisme géologique, randonnée, plongée, etc. (Ile rouge, 2024)
Maar d'Andraikiba	Il se situe à l'Est à 8 km au Nord Est du Tritriva. C'est un beau cratère vulcanien qui est, aujourd'hui, occupé par un lac de 1 km de diamètre et d'environ 5 km de périmètre (D. RUFER, 2009).
Sources thermales	Vakinankaratra possède d'importantes sources d'eaux thermales (SARAZIN et al., 1986) (BERTIN C. et ROCHER Ph. 2010). Ces sources peuvent être exploitées pour produire de l'électricité : électricité géothermique. Les eaux arrivent à la surface en suivant des fissures favorables le long desquels elles déposent des travertins. Elles sont utilisées à des usages domestiques et thérapeutiques. Le centre thermal d'Antsirabe, réputé pour ses vertus thérapeutiques (A. PEDRAZZINI, 2016), la plus importante station thermale malagasy, est un secteur d'activité important qui contribue au développement économique de la Région Vakinankaratra.
Ranovisy	C'est une source d'eau minérale qui jaillit continuellement au Sud-Est d'Antsirabe par un jet d'unmètre au-dessus des sédiments lacustres. C'est une eau bicarbonatée sodique, très chargée en fer qui colore d'un dépôt rouge l'aurole entourant la sortie du jet. À part le calcium et le sodium, elle contient aussi du potassium et du magnésium, mais en faible quantité. Elle est très peu chargée en gaz carbonique, ce qui n'est pas le cas des autres sources qui sortent naturellement dans les rizières ou les eaux des rivières. Les sources les plus abondantes se trouvent dans la ville d'Antsirabe. Les flancs faillés de la colline d'Ampataka présentent plusieurs sources dont l'une a été captée près du pont de Sahatsiho. L'eau est bicarbonatée sodique et légèrement ferrugineuse. Un autre groupe de sources constitue le groupe de Vinaninkarena sur les bords de la Sahatsiho et de la Manandona. Elles sont très riches en gaz carbonique ; la source dite « Visikely » y est exploitée (J. F. ANDRIANAIVO, 2018)

Le tableau 3 illustre les principaux gîtes miniers de la Région Vakinankaratra, une couleur correspond à une minéralisation caractéristique bien déterminée, ce qui est représenté par la légende suivante:

 Minéralisation en Cu (chalcosine, malachite)	 Minéralisation en SiO <sub>2</sub> (quartz)
 Minéralisation en Cu (erubescite)	 Minéralisation en Talc
 Minéralisation en W (scheelite)	 Minéralisation en Amiante (amphibole)
 Minéralisation en BeO (béryl)	 Minéralisation en Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (corindon)
 Minéralisation en (or natif)	 Minéralisation en Calcaire (cipolin)

Tableau 3 : Gîtes miniers de la région de Vakinankaratra

N°	Nom du gîte (Secteur)	Coordonnées		Substances	Minéraux caractéristiques	Morphologie	Direction Générale Minéralisation	Roches encaissantes		Données économiques			Carte géologique 1/100 000	
		X	Y					Âge	Nature	taille	Tonnage	teneur		
7-E-X	MANDRO (ANTSIRABE)	437,0	680,0	Cu	Chalcosine, malachite	Minéralisation disséminée		Archéen	amphibolite	0			ANTSIRABE N-49	
9-F-IX	ANJAMANGA (ANTSIRABE)	513,1	706,0	Cu	erubescite	Minéralisation Disséminée		Archéen	gneiss	0			AMBATOLAHY P-48	
15-E-X	LAMANDY AMPANO (AMBATOFINANDRA HANA)	419	652	W	Scheelite	Alluviale Disséminée	NE	Quaternaire Récent Protérozoïque	Sables cipolin	0			MANANDONA N-50	
5-E-IX	AMPANGABE (NORD ANTSIRABE)	442	738,5	BeO	Béryl	Filons lenticulaires ou amas		Archéen		0			MIANDRARIVO N-48	
6-E-IX	MANJAKONDRO (NORD OUEST ANTSIRABE)	415	734	BeO	Béryl			Archéen			0			MIANDRARIVO N-48
8-E-IX	SAHAMANDREVO (Nord ANTSIRABE)	427,5	730	BeO	Béryl			Archéen			0			MIANDRARIVO M-48
8-E-X	AMBONDRONA (Nord BETAFO)	425	656	BeO	Béryl				cipolins	1	>30		TSANGANDRA NO M-50	
8-E-X	KANAMPANA (Sud BETAFO)	428	679	BeO	Béryl					1			SOAVINA M 49	
4-E-IX	ANTANIFOTSY (ITASY)	463	764,5	Au	Or natif	Minéralisation disséminée		Archéen		0			FARATSIHO N-48	
7-F-IX	ANTSOFIMBATO (AMBATOLAMPY)	516,2	720	Au	Or natif	Veines quartz interstrat	N45°	Archéen	micaschiste	1		1 à 5	TSINJOARIVO P-49	
6-F-IX	ANDRAVORAVO (AMBATOLAMPY)	530,2	727,5	Au	Or natif	Minéralisation disséminée	NS	Archéen	Micaschiste, sillimanite	1			AMBATOLAMPY P-48	
8-F-IX	IALATSARA (AMBATOLAMPY)	505	714,5	Au	Or	Placer		Quaternaire récent	sable	0			ANTANIFOTSY P- 49	
6-E-X	SOAVINARIVO (ANTSIRABE)	493,5	683	Au	Or natif	Veine quartz Interstrat	N40°	Archéen	Gneiss, micash., corniennes	1			ANTANIFOTSY P- 49	
9-E-X	IALAMALAZA (ANTSIRABE)	421	675	Au	Or natif	Placer		Protérozoïque quaternaire	Grès micacés sable	0			TSANGANDRA M-50	

N°	Nom du gîte (Secteur)	Coordonnées		Substances	Minéraux caractéristiques	Morphologie	Direction Générale Minéralisation	Roches encaissantes		Données économiques			Carte géologique 1/100 000
		X	Y					Age	Nature	taille	tonnage	teneur	
4-E-X	TONGARIVO (ANTSIRABE)	474,5	188,5	Au	Or natif	Filons		Archéen	gneiss	1			ANTSIRABE O-49
10-D-IX	BEVITSIKA (BEVITSIKA)	355	713	SiO <sub>2</sub>	Quartz	filons		Protérozoïque	Quartzite	0			ANJOMARAMA RTINA K-49
1-D-X	MALAIKAOVARA TRA (ITREMO)	376	667	SiO <sub>2</sub>	Quartz	Filons		Protérozoïque	Quartzite	0			LAZARIVO L-50
26-E-X	ANTAMBOHOLEH IBE (AMBOSITRA)	467	609	SiO <sub>2</sub>	Quartz	Filons	NE	Protérozoïque	Granite dans quartzite	1			LAZARIVO L-50
12-E-X	IBITY (SUD ANTSIRABE)	463	565	Talc		Couches	NS	Protérozoïque	Talcshistes	1	2500		MANANDONA N-50
11-E-X	SAROBARATRA (IBITY)	462,3	667,7	Amiante	Amphibole	Stockwerk		Protérozoïque	Talcschistes	1	100		MANANDONA N-50
F-X	ANTANIFOTSY- FANDRIANA (EST ANTSIRABE)	490- 532	653- 713	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Corindon	Alluviale, Éluviale		Archéen	micaschiste	1	787		OP .49-50
10-E-X	IBITY (ANTSIRABE)	457,7	671,9	Calcaire	Cipolin	Couches interstratifiées	N 150°	Protérozoïque	Cipolins dans micaschistes	2	23Mt	49% CaO	ANTSIRABE N-49
1-E-X	FIDIRANA (ANTSIRABE)	446,5	695	Matériaux pouzzolaniques		Couches		Tertiaire à quaternaire	Pouzzolane	1			ANTSIRABE N-49
3-E-X	ANTSIFOTRA (ANTSIRABE)	449	693						Pouzzolane	1			ANTSIRABE N-49
5-E-X	TRITRIVA (ANTSIRABE)	451	686,5						Pouzzolane	1			ANTSIRABE N-49
9-E-X	ANTANIMENA (NORD ANTSIRABE)	477	726,2						Cinérites	1			ANTANIFOTSY O-49

## 2.2. Base de données regroupant les « Sites géologiques et gîtes miniers de la Région Vakinankaratra »

Cette base de données a été conçue en vue d'une meilleure présentation des informations sur les sites géologiques et gîtes miniers inventoriés de la Région Vakinankaratra et de leur valorisation. Ainsi, le but de cette étude consiste à faire sortir une fiche (figure 2) dans laquelle sont exposées les informations générales sur chaque site et gîte: le nom du site/Gîte (1) ; la Commune dans laquelle le site se trouve (2) ; le District correspondant (3) ; l'accès au site/Gîte (4) ; la description générale du site (5) ; les intérêts géologiques et miniers du site (6) ; et la localisation des sites/gîtes (7).

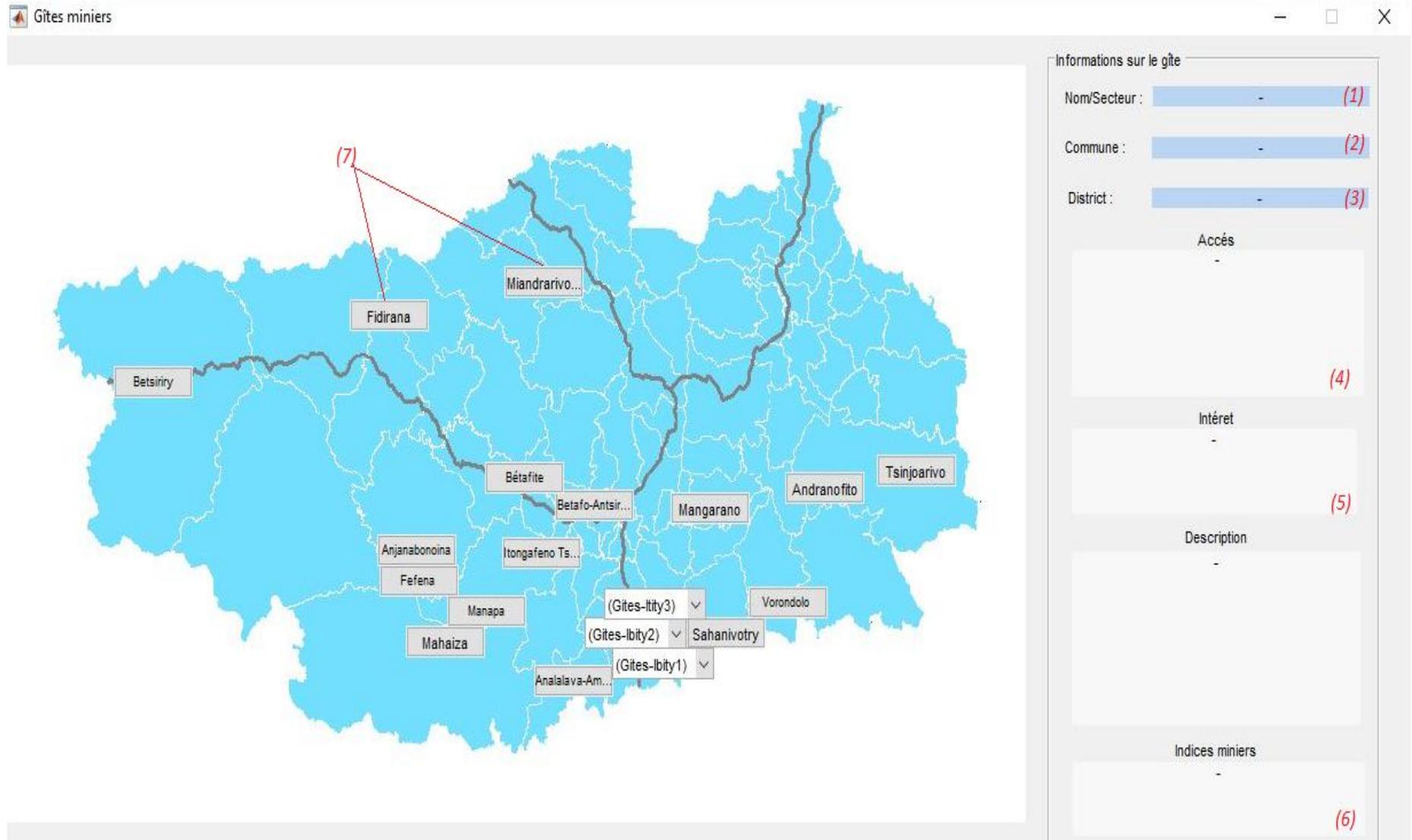


Figure 2 : Interface utilisateur de la base de données

### III. DISCUSSION

Cette étude vise, non seulement inventorier les sites géologiques et gîtes miniers ayant des potentialités économiques, mais aussi à rassembler ces informations dans une base de données facile à consulter. Les données ont été collectées après une documentation approfondie et des descentes sur terrains. Plusieurs sites géologiques et gîtes miniers ont été répertoriés dans la Région Vakinankaratra, montrant des opportunités de développement économique. En effet, les patrimoines géologiques représentent le fondement du terroir et permettent de valoriser les produits locaux et les paysages qu'ils offrent (J.-L. DESBOIS et F. HOBLÉA, 2013).

L'inventaire et la valorisation du patrimoine géologique de la Région Vakinankaratra permettent d'accroître la compréhension et l'appréciation de son histoire géologique. Cela permet également de préserver les différents sites d'intérêt géologique exceptionnel et d'en faire profiter la population locale et les visiteurs ...

Du point de vue touristique, ses exceptionnels sites géologiques constituent un atout majeur pour la Région. D'ailleurs, selon l'étude de RATSIMANOSIKA A. H. J. (2012), la majorité des sites géologiques de la Région Vakinankaratra peut être classée dans la catégorie V de la classification des aires protégées de l'UICN (International Union for Conservation of Nature). La catégorie V représente les Paysages Harmonieux Protégés (PHP). Il s'agit notamment du mont Ibyty, du massif granitique des Vavavato, de la haute muraille fissurée de Vavavato, de l'aiguille de l'Ekena, du lac Tritriva, du maar d'Andraikiba, du massif de l'Ankaratra et des paysages rizicoles des hauts plateaux centraux. D'autres patrimoines géologiques peuvent être classés dans la catégorie VI de l'UICN. Ce sont des Réserves de Ressources Naturelles (RRN) : les sources thermales d'Antsirabe, le champ pegmatitique de Sahatany, le pezzottaïte d'Ambatovita et le betafite.

Leur paysage, leur spécificité et leur historique peuvent constituer de supports d'un projet visant la mise en place d'un itinéraire culturel et scientifique (C. VENZAL, 2013), cela peut inclure la création de parcours éducatifs, de musées géologiques. D'ailleurs, la mise en place de stratégies de tourisme géologique est une des approches courantes pour valoriser les sites géologiques d'intérêt. De plus, certaines études soulignent l'importance de la sensibilisation du grand public et de l'éducation à la géologie pour promouvoir la valorisation du patrimoine géologique (REYNARD et al. 2013). Pour Vakinankaratra, son volcanisme, les reliefs plans du bassin d'Antsirabe, de Vinaninkarena au Sud à Sambaina au Nord, avec leur presque parfaite horizontalité, offrent un paysage spectaculaire.

Outre ces opportunités touristiques, cet inventaire a présenté les différentes ressources minières exploitables de la Région. Ainsi, du point de vue industriel, l'inventaire et la valorisation des sites miniers peuvent encourager l'exploration et l'exploitation minière responsable en favorisant l'utilisation de technologies et de pratiques durables et en minimisant l'impact environnemental.

Ainsi, la valorisation des gîtes miniers et des sites géologiques peut stimuler l'investissement dans les industries extractives, augmenter les opportunités d'emploi et améliorer les conditions socio-économiques de la population locale. Les sources géothermales de la Région ont une importance sur l'économie et le tourisme (L. ANDRIANAIVO et V.J. RAMASIARINORO, 2013). De plus, cela contribuerait à la protection et à la préservation de ces patrimoines et de l'environnement en général. Ces impacts concernent alors le plan social, culturel, économique et environnemental.

Toutefois, la valorisation de ces patrimoines géologiques requiert encore des travaux d'aménagement comme la construction des voies d'accès, des établissements d'hébergement et de restauration.

Avec l'utilisation d'outils modernes à l'instar des logiciels, cette étude a également contribué à l'avancement des techniques d'exploration et d'évaluation de ces ressources du sous-sol.

### IV. PERSPECTIVES

Les sites géologiques et les gîtes miniers répertoriés dans cette étude ne représentent pas l'exhaustivité du patrimoine géologique de la Région Vakinankaratra. Cela signifie que le travail est à continuer et devrait être réalisé d'une façon plus approfondie et avec la contribution de plusieurs spécialistes (géologue, biologiste, géographe, sociologue).

Les informations recueillies sur les sites inventoriés dans cette étude restent limitées. Les descentes doivent être refaites sur la base d'études bibliographiques plus élargies. Il ne s'agira pas alors d'un travail d'inventaire uniquement, mais plus d'une étude plus poussée sur l'origine et sur la géologie des sites et des milieux environnants.

## V. CONCLUSION

L'insuffisance des connaissances sur les patrimoines géologiques de la Région Vakinankaratra conduit à leur mauvaise et sous exploitation. Pourtant, si celles-ci sont exploitées et valorisées convenablement, elles pourraient favoriser significativement le développement durable de la région. Pour pallier ce problème, cette étude a visé le répertoriage des sites géologiques et des gîtes miniers de Vakinankaratra en fournissant des informations précises sur leurs caractéristiques, leurs localisations et leurs intérêts. Ces informations ont été obtenues grâce à une étude bibliographique qui a permis de reconnaître les sites d'intérêts - sites qui ont, ensuite, fait l'objet de descentes sur terrains afin de recueillir plus d'informations.

Pour faciliter la consultation et la mise à jour de ces informations, une base de données a été créée avec l'utilisation des logiciels Microsoft Office Access (pour l'élaboration de la base de données), SIG (pour la création de cartes accompagnant les informations de la base de données) et Matlab (pour la présentation de la base de données).

Au cours de cette étude, plusieurs sites géologiques ont été répertoriés. Ils présentent de forts potentiels touristiques. Leur valorisation permet, outre de contribuer au développement économique de la région, de préserver également l'environnement et le milieu naturel desdits sites. Cette étude a également répertorié les différents gîtes miniers exploitables de la région.

Il s'avère donc évident que l'inventaire et la valorisation des patrimoines géologiques contribuent largement à l'enrichissement des connaissances et au développement de la Région d'étude voire du pays en entier. Cette étude nous a permis de retracer les circuits miniers de la région ; pour ainsi les mettre au profit et à la disposition des utilisateurs (les étudiants, les responsables de l'État, les investisseurs et les acteurs économiques...). Une telle démarche donnerait une idée modèle pour l'étude des autres régions de Madagascar à vocation éco touristique.

Néanmoins, la base de données élaborée dans ce cadre ne représente pas encore exhaustivement le patrimoine géologique de Vakinankaratra. Par conséquent, des recherches bibliographiques et des descentes sur terrain supplémentaires devront être entreprises. Il convient également de noter que le développement effectif de la région nécessite une collaboration multisectorielle.

## Références

- A. BOURDARIAT et H.-J. JOHNSON-LAVIS, Note sur le remarquable volcan de Ttriva, Au centre de l'île de Madagascar, Bull. de la Sec. Belge de Géologie, 1908, p103-115
- A. CARRIER, Le massif de l'Ankaratra est ses abords (Madagascar). In : Annales de Géographie, t.23, n°127, 1994. pp 60-71. DOI : <https://doi.org/10.3406/geo.1914.8196>.
- A. H. J. RATSIMANOSIKA, Inventaire des héritages géologiques de Madagascar et propositions de géoparc, Université d'Antananarivo, ESPA, Département de géologie, mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur géologue, 2012.
- A. LENOBLE, E. MANQUIN et E. BOUREAU, *Les dépôts lacustres pliocènes-pléocènes de l'Ankaratra*, Ann. Géol. Du Services des Mines, 1949, fasc.18.
- A. LENOBLE, Le bassinlacustred'Antanifotsy-Ianaborona, Bull. Académie Malgache, XXII, 1939
- A. PEDRAZZINI, R. DELSIGNORE, A. MARTELLI, S. TOCCO, Thermal balneotherapy in Antsirabe-Madagascar : Water analysis and its applications in an African Context, in Acta bio-medica : AteneiParmensis 87(1-S): 25-33, 2016
- C. BERTIN, Ph. ROCHER. (2010) – Diagnostic préliminaire relatif à deux projets écotouristiques dans la Région du Vakinankaratra (Madagascar) : patrimoine géologique et thermalisme. Rapport final. Rapport BRGM RC-57952-FR, 84p, 29 ill., 2 ann.
- C. VENZAL, (2013). Analyse touristique d'un itinéraire géologique : étude de sept sites de la Route géologique transpyrénéenne dans la vallée d'Aspe (France). Cahiers de géographie du Québec, 57(162), 333–357. <https://doi.org/10.7202/1026523ar>
- D. ACKERMAND, G. MORTEANI, T. RAZAKAMANANA, (2006), Lazulite-bearing metaquartzite of the Itremo Group (central Madagascar); Scientific significance and economic importance.5-18
- D. RUFER, Characterization and age determination of Quaternary volcanism in the southern Ankaratra region (central Maadagascar) through novel approach in luminescence dating, Université de Bern, PhD Thesis, 2009
- D. RUFER, F. PREUSSER, G. SCHREURS, Late Quaternary history of the Vakinankaratra volcanic field (central Madagascar): insights from luminescence dating of phreatomagmatic eruption deposits. *Bull Volcanol*76, 817 (2014). <https://doi.org/10.0007/s00445-014-0817-7>
- E. RASOLONDRAINY, F. REJO-FIENENA, Les enjeux mines et environnement et impacts environnementaux des grandes mines à Madagascar, Madamines,
- E. REYNARD, C. HOLZMANN, D. GUEX, N. SUMMERMATTER. (Eds.). Géomorphologie et tourisme, Actes de la Réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm), Finhaut, 21-23 septembre 2001, Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et Recherches n° 24, 2003, pp. 203-211.
- EDBM, Guide Investisseur, Investir dans la Région Vakinankaratra, 2021.
- G. SARAZIN, G. MICHARD, RAKOTONINDRAINY et L. PASTOR, Geochemical study of the geothermal field of Antsirabé (Madagascar), *Geochemical Journal*, Vol. 20, No. 1, pp. 41-50, 1986
- I. RAMDOO et A. RANDRIANARISOA, Secteur extractif à Madagascar : quel appui à la société civile?. Document de réflexion, E C D P M, N°185, 2016
- Ile rouge, Ttriva, un lac sacré aux histoires fascinantes, [En ligne] <https://www.ile-rouge.com/lac-ttriva-lieu-historique-antsirabe/> consulté le 15/02/2024
- J. F. ANDRIANAIVO, Contribution à la valorisation du patrimoine géologique et des gîtes miniers de la Région Vakinankaratra, Université d'Antananarivo, ESPA, Mention Ingénierie Minière, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Mines, 2018.
- J.-L. GUILLAUMET. J.-M. BETSCH ET M.W. CALLMANDER. 2008- Renaud Paulian et le programme du CNRS sur les hautes montagnes à Madagascar : étage vs domaine. *Zoosystema* 30 (3) : 723-748.
- J.-L. DESBOIS, F. HOBLÉA, Le patrimoine géologique, marqueur territorial du parc naturel régional du Massif des Bauges, Tourisme Géologique (géotourisme), Espace 315, 2013, pp. 122-130.
- J.-P. RANÇON, P. GRAVIOU, H. THEVENIAUT, Inventaire et valorisation du patrimoine géologique de l'Outre-mer français. Géosciences, 2011, 14, pp.100-109.
- L. ANDRIANAIVO et V.J. RAMASIARINORO, Importance des ressources géothermales naturelles sur le tourisme, in Mada-Hary, vol. 1, p19-33, 2013
- L. DELBOS, Les granites des Ambatomiranty de Behenjy et des Vavavato près de Tananarivo à Madagascar, Service géologique, 1957.
- LACROIX Alfred, Sur Quelques minéraux des pegmatites du Vakinankaratra (Madagascar), in *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, volume 35, 2, 1912. pp. 76-84. DOI : <https://doi.org/10.3406/bulmi.1912.3497>
- M. F. RAKOTOMANANTSOA, Valorisation du lignite dans le bassin d'Antsirabe, *Editions universitaires européennes*, 2016.
- M. RAUNET, Initiation à la lecture des paysages morpho-pédologiques de Madagascar, Formation des ingénieurs et techniciens des opérations du projet BVPI/SEHP. 2008.
- M. RAUNET, Le milieu physique de la région volcanique Ankaratra – Vakinankaratra – Itasy (Madagascar), Aptitude à la culture du blé pluvial, Projet blé, *Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières, Pédologie*, Ministère du Développement Rural et de la Réforme Agraire, 1981.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, Unité de politique de développement rural (UPDR), Monographie de la Région de Vakinankaratra, 2003
- Nomadays, Madagascar, Trek en Terra Incognita, les Vavavato, [En ligne] <https://www.nomadays.fr/destinations/madagascar/circuits/trek-en-terra-incognita-vavavato> consulté le 15/02/2024
- OCDE (2009), « Les minéraux au service d'une croissance pro-pauvre », dans *Natural Resources and Pro – Poor Growth : The Economics and Politics*, Editions OCDE, Paris. DOI : <https://doi.org/10.1787/9789264041844-13-fr>

- R. R. RASOANIMANANA, G. NICOUD, M. MIETTON et A. PAILLET, « Réinterprétation des formations superficielles pléistocènes du bassin d’Antsirabe (Hautes Terres Centrales de Madagascar) », *Quaternaire* [En ligne], vol. 23/4 | 2012, mis en ligne le 01 décembre 2015, consulté le 12 février 2024. URL : <http://journal.openedition.org/quaternaire/6431> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/quaternaire.6431>
- R. CANAVESIO, « Institutionnalisation de la protection environnementale et développement de l’artisanat minier dans les espaces sensibles de Madagascar », *Études caribéennes* [En ligne], 12 | Avril 2009, mis en ligne le 15 avril 2009, consulté le 26 janvier 2024. URL : <http://journals.openedition.org/etudescaribeennes/3622> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.3622>
- V. RAHARINIRINA, Madagascar : conflits « globaux » autour des projets extractifs et agraires, ALTERNATIVES SUD, VOL. 20-2013 / 57