

# Les perturbations apportées par le volcanisme sur les Hautes Terres Centrales de Madagascar,

## cas du bassin versant de l'Andromba, à Vontovorona

Auteurs : ANDRIAMPENITRA Serge Tovo (Maitre de Conférences, mention géographie, Université d'Antananarivo), ANDRIATSILAVO Rado (Maitre de Conférences, mention sciences de la terre et de l'environnement, Université d'Antananarivo), RASAMIMANANA Louis Michel (Maitre de Conférences, mention géographie, Université d'Antananarivo), RAZAFIMBELO Aina Henintsoa (mémoire, mention géographie, Université d'Antananarivo)

### Résumé

Au Néogène, le volcanisme de l'Ankaratra affecta à son tour la vallée de l'Andromba, au niveau de l'actuelle agglomération de Vontovorona. Les conséquences en morphologie en sont immenses : 4000 à 5000 mètres de coulées volcaniques s'étalant en planèzes sur la presque totalité de la vallée, formation d'un vaste lac de barrage en amont aujourd'hui réduit au lac Lohazozoro et à trois marais dont « le lac Andromba », et faisant place à une vaste plaine alluviale fertile, déviation du nord-ouest vers le nord-est du cours de l'Andromba. Aujourd'hui, deux nouveaux problèmes surgissent; il s'agit de l'évolution rapide de la plaine en terrasse alluviale rendant caduques les infrastructures d'irrigation en place ; il s'agit aussi du déficit hydrique du lac Lohazozoro, château d'eau de Vontovorona, couplé avec le risque de capture des eaux du lac par l'Andromba coulant en contrebas et dont les berges subissent de plein fouet les effets d'une érosion latérale intense ; ce qui aboutira à terme à la disparition du lac.

*Mots clés : érosion latérale, volcanisme, Andromba, morphologie, Vontovorona, plaine alluviale, capture*

### Abstract

In the Neogene, the volcanism of Ankaratra in turn affected the Andromba valley, near the current agglomeration of Vontovorona. The morphological consequences are immense: 4000 to 5000 meters of volcanic flows spreading in planezes over almost the entire valley, formation of a vast dam lake upstream today reduced to Lake Lohazozoro and three marshes including "Lake Andromba", and giving way to a vast fertile alluvial plain, deviation from the northwest to the northeast of the course of the Andromba. Today, two new problems arise; This concerns the rapid evolution of the plain into an alluvial terrace, rendering existing irrigation infrastructure obsolete; it is also the water deficit of Lake Lohazozoro, the water tower of Vontovorona, coupled with the risk of capture of the waters of the lake by the Andromba flowing below and whose banks are suffering the full brunt of the effects of intense lateral erosion; which will ultimately lead to the disappearance of the lake.

*Keywords: lateral erosion, volcanism, Andromba, morphology, Vontovorona, alluvial plain, capture*

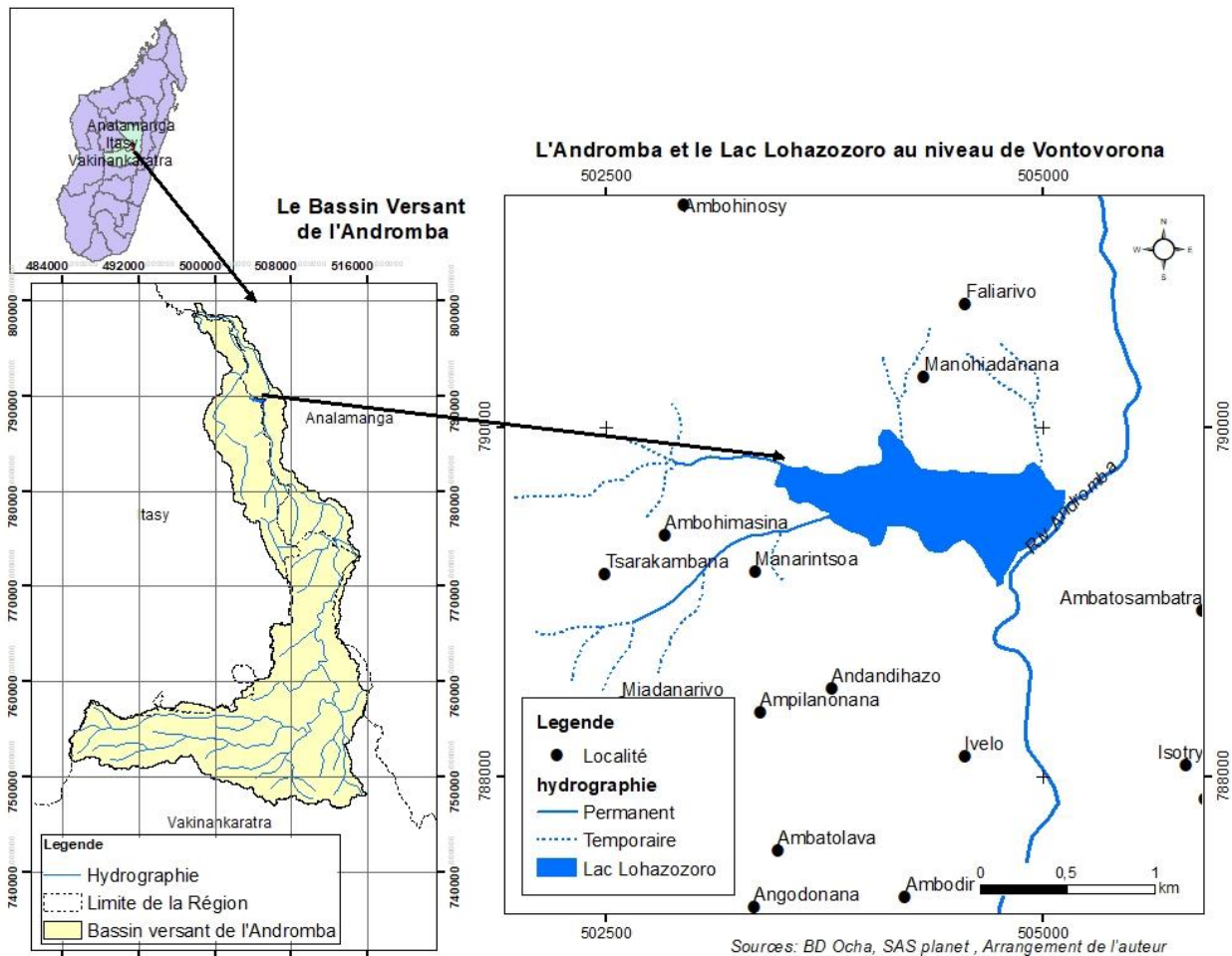
### Introduction

A la fin du Tertiaire, le volcanisme de l'Ankaratra, dans sa quatrième phase affecta la vallée de l'Andromba, au niveau de la localité de Vontovorona (**figure 1**). Toute une série de perturbations hydrographiques et morphologiques semblent en être les conséquences en amont et en aval des coulées volcaniques, conséquences qui continueraient jusqu'à l'heure actuelle : naissance d'un lac de barrage volcanique, celui de Lohazozoro et d'une plaine alluviale, accompagnées de la déviation du cours d'eau principal.

Dès lors, s'agit-il d'un exemple parfait mettant en exergue les effets du volcanisme dans un bassin versant tant au niveau du drainage qu'au niveau des formes de relief ?

La présente étude essaie de retracer la morphogenèse à l'origine des formes de relief actuelles, à travers la succession probable des événements géologiques ou autres avant, pendant et après le volcanisme. Elle insiste sur les conséquences morphologiques. Enfin, elle essaie d'évaluer rapidement les avantages que la population peut tirer de ces changements et de suggérer des pistes d'améliorations de l'aménagement qu'on peut explorer dans le cadre d'un développement et d'une gestion environnementale durables.

L'article contient trois chapitres. Le premier chapitre traitera des matériels et méthodes utilisés durant les recherches, le second exposera les résultats obtenus tandis que le troisième sera consacré à l'interprétation des résultats et aux discussions.



**Figure 1 : Cadre général de l'étude : la vallée de l'Andromba**

## 1- Méthodes et matériels

Les étapes du travail commencent par des recherches bibliographiques ou pour obtenir des données numériques via internet et se continuent par des observations sur terrain, géologiques ou morphologiques et des enquêtes auprès de la population. Il s'agit également de traiter les résultats, de les interpréter et de les discuter.

La recherche bibliographique concerne les documents écrits ou les cartes sur la géologie et sur la topographie. En effet, l'exploitation des cartes préconçues telles que la carte du relief, la

carte des pentes, la carte hydrographique, la carte géologique ou la carte administrative sur la localité, facilite grandement les observations sur terrain.

L'obtention des données numériques via l'internet comme l'image raster du modèle numérique de terrain a facilité l'élaboration des cartes de relief et des divers profils topographiques.

Par ailleurs, les logiciels de cartographie nous procurent une analyse spatiale plus poussée et ils facilitent l'établissement des cartes en exécutant automatiquement le traçage du bassin versant. Il est entendu que des vérifications et rectifications s'imposent durant les observations sur terrain.

Les observations sur terrain, géologiques ou morphologiques, sont indispensables pour trouver des indices et des conséquences des événements du passé à travers les réalités du présent. Par ailleurs, ces observations constituent la base même de la géomorphologie. Il s'agit de lire les paysages. Il s'agit aussi de vérifier les données obtenues à partir de la recherche bibliographique et cartographique. Cependant, lors des observations, il est nécessaire de se munir d'un minimum de matériels adéquats : un pic de géologue, du matériel de géolocalisation ou GPS, un mètre et/ou un double décimètre, un bloc-notes et accessoires, un appareil photo, un moyen de locomotion, un sac pour les prises d'échantillons.

Mais rien ne remplace les enquêtes auprès de la population pour comprendre les formes d'aménagement dont ils sont les acteurs et tous les changements récents dont ils sont les témoins.

Toutes ces méthodes et tous ces matériels sont utiles pour préparer le stade suivant et pousser un petit peu plus loin nos connaissances du terrain.

L'étape suivante consiste à traiter les résultats mais aussi à les rédiger afin de faciliter leur interprétation.

Ensuite, il y a l'interprétation des résultats afin de vérifier la (ou les) hypothèse(s) posée(s) au préalable. Enfin il y a les discussions qui s'imposent au vu des résultats.

## **2- Les résultats**

### ***2-1- Cadre général de l'étude : la vallée de l'Andromba***

L'étude concerne la vallée de l'Andromba au niveau la petite agglomération de Vontovorona. Il s'agit d'une longue vallée entaillée dans le socle précambrien, orientée nord-ouest sud-est encadrée par deux interfluves formées de roches dures et dans laquelle se sont épanchées des coulées volcaniques sur une distance autour de 5000 mètres. L'Andromba prend sa source dans l'Ankaratra et se déverse dans la Sisaony au niveau de la Commune de Mahitsy à 20km à vol d'oiseau au nord de Vontovorona. En amont des coulées volcaniques, la conséquence principale est la formation d'un vaste lac de barrage occupant toute la largeur de la vallée, hypothèse à vérifier sur terrain; le retrait des eaux de ce lac initial par drainage à partir de l'exutoire situé dans la partie nord-est de la vallée a laissé des vestiges encore observables aujourd'hui : ce sont le lac Lohazozoro, trois marécages dont le « lac d'Andromba » et une vaste plaine alluviale fertile. Pour rejoindre l'exutoire, le cours de l'Andromba a été obligé de dévier du nord-ouest vers le nord-nord-est tandis que le lac Lohazozoro n'a subsisté que grâce à la collecte des eaux d'un petit affluent de l'Andromba, la rivière Lohazozoro.

En ce qui concerne le bassin versant de cette dernière, il s'agit d'une unité géomorphologique qui ne communique avec la rivière Andromba que par le trop plein du lac Lohazozoro, trop plein qui n'est plus qu'un ruisseau saisonnier se réduisant en un simple petit filet d'eau pendant l'étiage (photo1).



**Photo1 : Le ruisseau de Lohazozoro au niveau de son exutoire** (*cliché de l'auteur 2024*)

## **2-2- A l'origine, une double dualité**

A nue dualité pétrographique se superpose une dualité morphologique

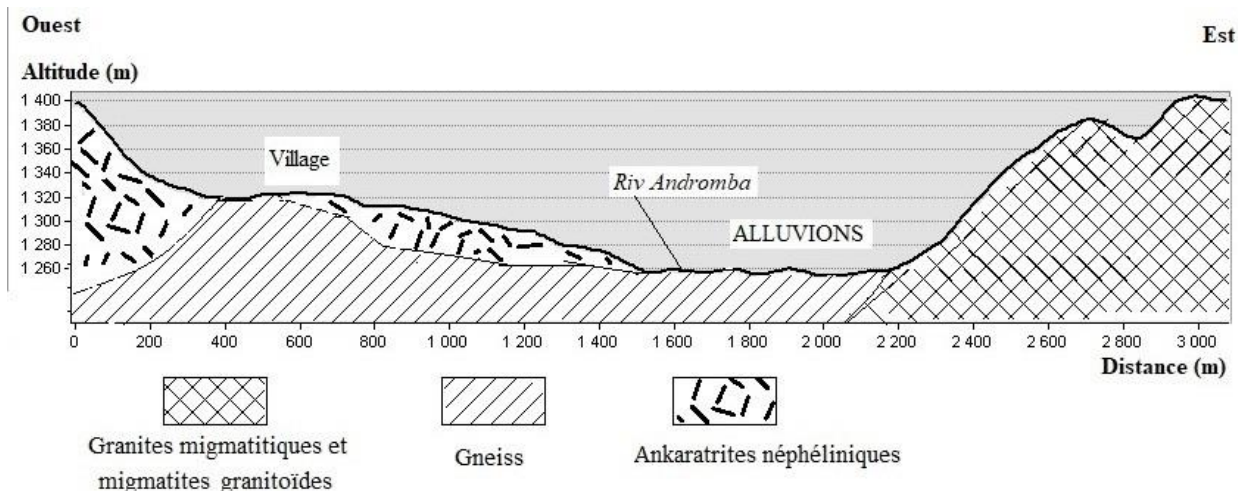
### **a- Une dualité pétrographique:**

Pétrographiquement, la zone comprend deux entités distinctes : le socle cristallin et les coulées volcaniques.

Le socle cristallin du Précambrien comprend des migmatites granitoïdes et des granites migmatitiques s'intercalant avec des lits gneissiques. Les uns et les autres sont disposés en bancs de direction Nord-ouest Sud-est (figure 2).

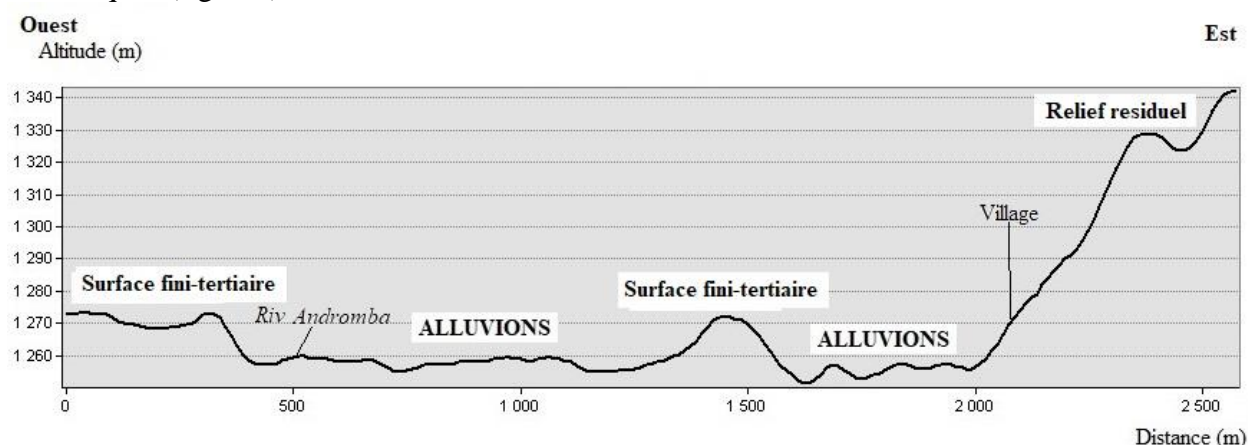
A la fin du Tertiaire, au Néogène, le volcanisme finissant de l'Ankaratra affecta également la zone. Il s'agit d'une éruption punctiforme qui déversait une quantité relativement importante d'ankaratriite, une lave basaltique néphélinique caractéristique de la phase terminale (phase IV) de ce volcanisme. Les coulées volcaniques recouvrent la majeure partie de la vallée, à l'exception de sa partie Est et Nord Est.

Les alluvions tapissent le reste des bas fonds.



**Figure 2 : Coupe géologique schématique montrant les différentes formations géologiques**  
**b- Une dualité géomorphologique**

La dualité géomorphologique concerne le relief du socle ancien et celui des formations volcaniques (figure3).



**Figure3 : profil topographique montrant les témoins de la surface finitertiaire et les bas fonds alluviaux dans la vallée de l'Andromba**

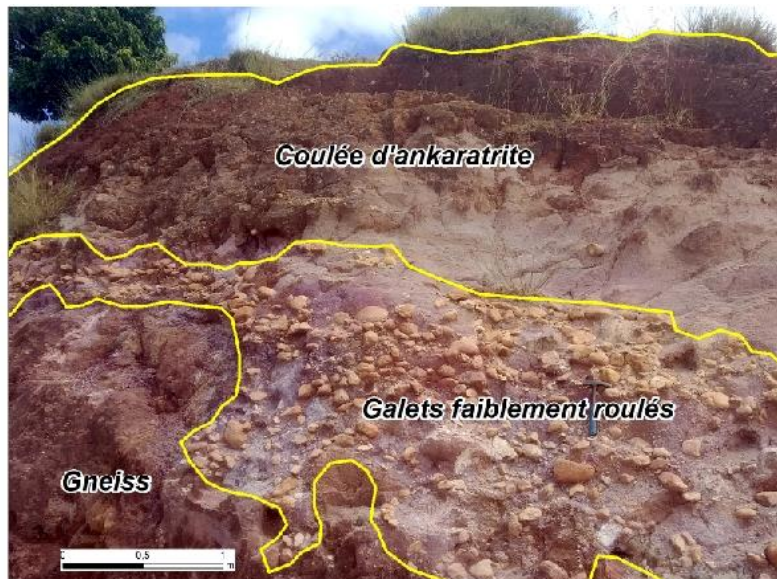
*A droite, relief résiduel : témoin de la surface mi-tertiaire*

Le façonnement des interfluves et des vallées a commencé dès le Précambrien au niveau du socle ancien.

Les interfluves sont des reliefs résiduels, témoins de la surface II. Ils sont formés des roches les plus résistantes à l'érosion, migmatites granitoïdes et granites migmatitiques, et présentent des pentes fortes, quelquefois abruptes, avec un relief rajeuni. Les signes d'une intense érosion sont partout visibles. Ici et là, l'érosion a fini par décaper entièrement les roches saines. Et là où celles-ci sont épargnées par l'exploitation en pierres de construction, leur surface ne porte plus par endroits qu'une mince couche de sol squelettique.

La vallée de l'Andromba forme un long couloir de direction nord-ouest sud-est. Ce couloir à fond relativement plat est creusé dans les lits gneissiques tendres. Les observations montrent que la vallée a subi un premier aplanissement qui a laissé des témoins de cette surface III (M. RAUNET, 1997), surface finitertiaire, à différents endroits de la vallée, à quinze mètres au-dessus du niveau des alluvions. Ils sont rencontrés par exemple :

- Juste en amont du lac sur la rive gauche de la rivière, à l'endroit planté d'une magnifique pinède
- Au même niveau que le précédent, mais sur la rive droite du cours d'eau, au-delà de la plaine alluviale (figure3).
- Plus loin au nord, formant le substrat des coulées volcaniques, comme à certains endroits visibles à l'occasion d'une coupe effectuée par l'homme : près de l'exutoire du lac (photo2) mais aussi à cent mètres après le croisement, sur le chemin descendant vers l'exutoire.



**Photo2 : profil montrant les contacts socle en substrat, galets roulés et coulée d'ankaratrite en couverture près de l'exutoire du lac Lohazozoro (cliché de l'auteur 2024)**

*De bas en haut : témoin de la surface fini-tertiaire de gneiss altéré, galets faiblement roulés de piémont, front de coulée basaltique*

Entre ces restes de surface fini-tertiaire, l'érosion latérale a affouillé la vallée et par la suite, le cours d'eau y a déposé au gré de ses changements de lits, les abondantes alluvions observables à l'heure actuelle.

Au stade actuel de son évolution, la rivière Andromba est le siège d'une reprise du cycle d'érosion. En effet, l'érosion régressive reprend et creuse peu à peu dans les alluvions. Une baisse de niveau du lit mineur par rapport au lit majeur est constatée et le creusement des berges atteint 4 à 5 mètres dans les alluvions (photo 3). Dans ce cas précis, l'érosion latérale constitue, à terme, une menace pour la pérennité du lac Lohazozoro. En effet, au niveau de la déviation du tracé vers le nouvel exutoire, elle est en train de grignoter dangereusement la rive gauche du cours d'eau, rive mitoyenne de celle-ci et du lac.



**Photo3 : Effets de l'érosion latérale sur la hauteur des berges, ici 4 à 5mètres (cliché de l'auteur 2024)**

*A droite et à gauche du cours d'eau: 4 à 5m de hauteur de berge suite à l'érosion régressive*

Au milieu de ce relief de socle ancien érodé, autour du monticule de Vontovorona, les coulées d'ankararite se sont épanchées en larges nappes, formant un relief de planèze en pente très faible, relief caractéristique des laves basiques fluides ou très fluides. Seuls les fronts de coulée présentent des pentes plus raides, convexes, observables surtout dans les parties Est et Sud Est au contact des alluvions en contrebas (photo 4).



**Photo4 : Fragments d'ankaratrite sain au niveau d'un talus de la route passant près du monticule de Vontovorona (cliché de l'auteur,2024)**

*Au premier plan : des blocs d'ankaratrite de différentes dimensions*

Ainsi, le contraste est frappant entre le relief érodé, dur, rocailleux et rajeuni du socle ancien et les surfaces reposantes et en pente douce, des coulées volcaniques profondément altérées.

Par ailleurs, en amont des coulées d'ankaratrite, la dépression engendrée par la mise en place de ces dernières est occupée par une plaine alluviale, des marais et un lac, le lac Lohazozoro .

Quels ont pu être les événements successifs à l'origine des formes de relief actuelles observées dans la vallée ? Et quelles en sont les conséquences morphologiques ?

### ***2-3- Une évolution morphologique remarquable***

Pour plus de clarté dans l'exposé, la description de l'évolution morphogénétique comportera trois parties. La première concernera les événements d'avant le volcanisme, la seconde sera consacrée aux événements survenus au moment du volcanisme et de la naissance du lac de barrage et de la plaine alluviale tandis que la troisième traitera des conséquences morphologiques.

#### **a- Avant le volcanisme du Néogène**

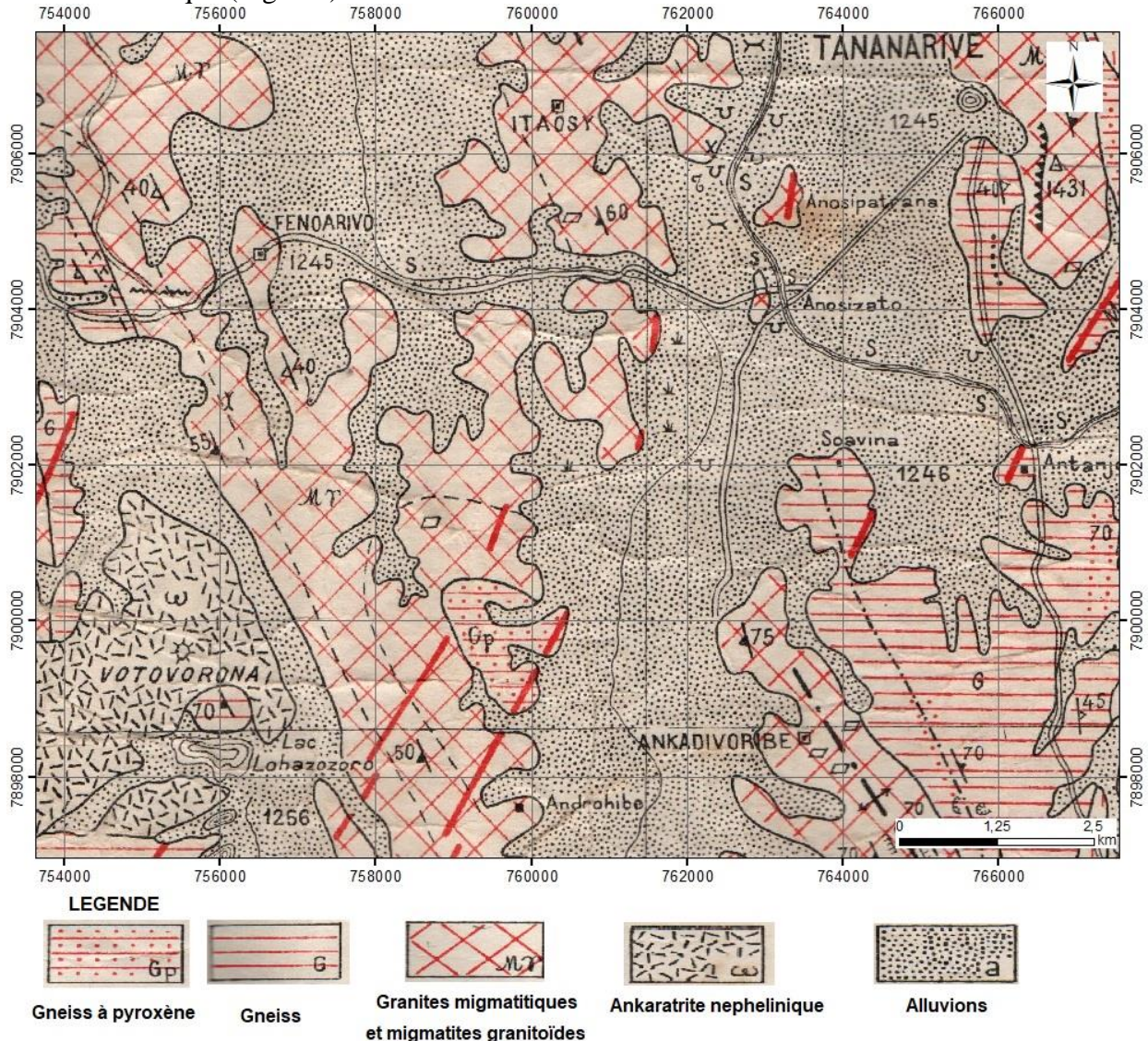
Avant le volcanisme du Néogène, le socle ancien était le siège d'une intense érosion qui l'a creusé et raboté depuis le précambrien, lors de sa mise en place. La vallée de l'Andromba au niveau qui nous intéresse était déjà aussi large qu'actuellement ; son milieu était occupé par un relief gneissique dont la surface, au moment de l'arrivée des coulées de lave, était en train d'être rabotée saisonnièrement par les eaux de ruissellement. Les vestiges de ce relief sont encore visibles en substrat de la formation basaltique, près d'un front de coulée, à l'occasion d'un travail de déblaiement (photo2).

Ce relief en dorsale divisait la vallée en deux parties suivant le sens de la longueur.

La partie gauche de la vallée, aujourd'hui recouverte par la formation volcanique abritait probablement le lit de la rivière Andromba qui coulait parallèlement à l'axe de la vallée. C'est un



long couloir, d'axe Nord-ouest Sud-est comme le montre sa direction en amont et en aval de la coulée volcanique (Figure4).



**Figure 4 : Carte géologique montrant la direction de la vallée de Vontovorona (extrait de la carte géologique P47, 1/100000)**

La partie droite de la vallée abritait sans nul doute un ancien lit, temporairement abandonné, de l'Andromba. Aujourd'hui, le tracé de cette rivière y revient à nouveau.

#### **b-Au moment du volcanisme**

Puis, survint l'éruption volcanique de Vontovorona. Emise à partir de la gauche de la vallée, la coulée d'ankaratrite qu'elle déversait en inondait la plus grande partie, allant jusqu'à barrer complètement le lit du cours d'eau et ne laissant intacte qu'une faible surface de la partie nord est de la vallée (figure4). La dorsale de gneiss au milieu de la vallée constituait sans doute un frein à la coulée, aidé en cela par l'augmentation de la viscosité de la lave qui a déjà parcouru une longue distance à partir du point d'émission. Cela justifie l'existence de la forte pente des

fronts de coulée Est et Sud Est (photo5) et aussi les sinuosités des fronts de coulée dues aux déviations de l'écoulement de la lave au gré des obstacles de la dorsale rocheuse (figure 4).



**Photo 5 : Front de coulée volcanique dans la partie est de la vallée** (cliché de l'auteur,2024)  
*A gauche : le front de coulée volcanique planté d'arbres ; en contre bas : à droite, la vallée alluviale*

### **c- Conséquences morphologiques**

Les conséquences morphologiques de ces perturbations sont nombreuses.

D'abord, en amont, les eaux de l'Andromba barrées par les coulées volcaniques formaient dans un premier temps un immense lac qui occupait entièrement la dépression. En sont témoins une vaste plaine alluviale fertile (photo 6), des marécages et le lac de Lohazoro (photo7).

Dans son développement maximal, le lac de barrage s'étendait sur près de 4 km de long sur 2,7 km de large, soit environ 1000 ha de superficie ou 15 fois celle du lac Lohazoro qui est de 64ha.



**Photo 6 : Plaine alluviale en amont de la coulée volcanique (cliché de l'auteur 2024)**

*Au premier et au second plan, la plaine alluviale au moment de la récolte,  
Au troisième plan, l'interfluve, côté rive gauche de la rivière*



**Photo 7 : Le lac Lohazozoro (cliché de l'auteur 2024)**

*Au premier et second plan, le lac  
Au troisième plan l'interfluve, côté rive gauche de la vallée*

Par ailleurs, autres témoins sans doute, au niveau du talus de la route menant à l'exutoire du lac actuel, on peut observer curieusement une mince couche d'alluvions fines et sombres donc lacustres, entre l'ancienne surface topographique de gneiss sous-jacente et le front de coulée volcanique sus-jacente (photo 8 ). Dans ce lac se sont déposées les alluvions constituant aujourd'hui la large plaine alluviale servant de principal espace rizicole de la vallée.



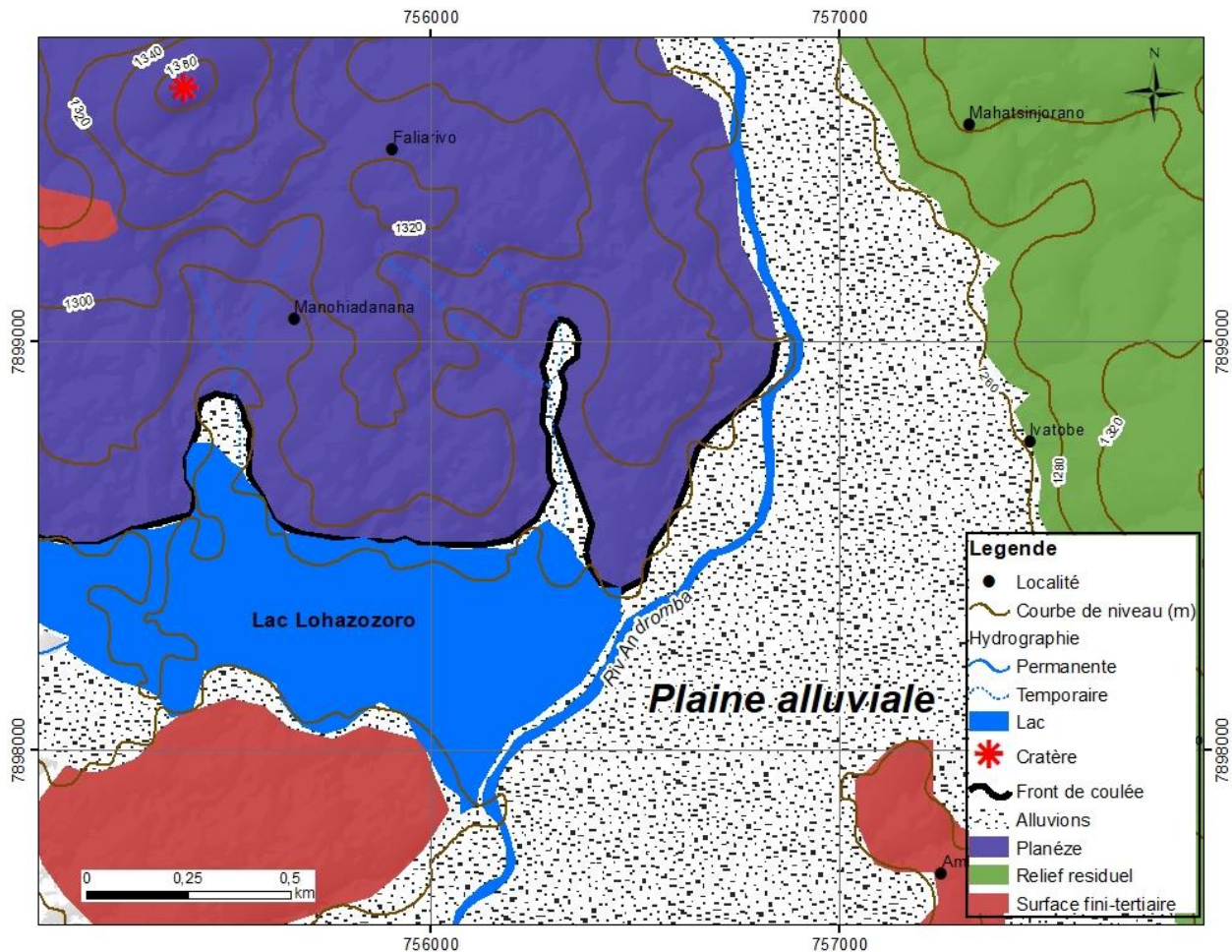
**Photo 8 : Témoin de l'ancien sédiment lacustre, au niveau d'un talus, près de l'actuel exutoire du lac Lohazozoro (cliché de l'auteur 2024)**

*De bas en haut sur la coupe : la surface fini-tertiaire formée de gneiss altéré, une mince couche de sédiments lacustres, le front de coulée volcanique altéré*

Par la suite, le nouvel exutoire voyait le jour et drainait lentement les eaux du lac ; très vite, le retrait des eaux aboutit à l'émersion de la plaine alluviale tandis que, localement, des dépressions évoluent en marécages et en lac. Ainsi, trois marécages sont mis en place dont deux du côté gauche de la rivière et un troisième à droite, celui que les habitants dénomment « lac d'Andromba », sans doute d'anciens bras morts de l'Andromba ou d'anciennes dépressions peu alluvionnées. Une dernière dépression forme un lac encore aujourd'hui, il s'agit du lac Lohazozoro. Tous ces marécages et lacs sont donc des témoins de l'étendue du lac de barrage volcanique quand il avait son maximum de niveau (**figure 5**). Après le retrait des eaux du lac, le drainage vers l'exutoire et l'érosion régressive ont imposé une déviation de l'Andromba vers ce nouvel exutoire. La direction du cours d'eau dévie du nord-ouest vers le nord-est (**figure 1**)

En résumé, le lac de barrage volcanique a donc en grande partie disparu, ne laissant subsister à sa place que quelques marécages, un lac et une belle plaine alluviale fertile.

**Figure 5 : morphologie simplifiée au niveau de la plaine alluviale d'Andromba**



*En amont de la coulée volcanique, des témoins de l'ancien lac de barrage : le lac Lohazozoro et une partie de la plaine alluviale.*

Par ailleurs, dès la mise en place de l'exutoire, l'érosion régressive a commencé et continue jusqu'au stade actuel avec le creusement d'une dénivellation de 4 à 5 mètres entre le lit et le sommet de la berge de la rivière, creusement qui entraîne également l'évolution de la plaine alluviale en terrasse alluviale.

En outre, il faut noter que dès l'entrée du lac de barrage, l'écoulement des eaux de l'Andromba ralentissait au fur et à mesure de la montée du niveau des eaux du lac. Cela favorisait l'accélération de l'alluvionnement qui gagnait du terrain progressivement vers l'aval et encomrait peu à peu le lit du cours d'eau. Obligé de se frayer un chemin à travers ses propres sédiments arrachés plus haut dans son bassin versant, un peu comme au niveau d'un mini delta, l'Andromba avançait en zigzaguant et en déposant ses alluvions le long de son cours, de part et d'autre de ses rives. Ce phénomène explique la légère pente de la plaine alluviale entre l'entrée et la sortie du lac.

Par ailleurs, la naissance du lac de barrage lui-même favorise en soi l'alluvionnement en sédiments fins. Toutes les conditions sont ainsi remplies en amont des coulées pour la mise en place d'un lac de barrage suivie de celle d'une plaine alluviale.

A noter que les deux phénomènes évoqués jusqu'ici, érosion régressive remontant le long du cours d'eau à partir de l'exutoire d'une part et alluvionnement descendant à partir de l'entrée du lac d'autre part, sont tous les deux responsables du tracé actuel du cours d'eau

Enfin, il faut constater que les eaux du petit bassin versant de Lohazozoro, désormais ancien affluent de l'Andromba, sont maintenant les seules à alimenter le lac Lohazozoro. Cet affluent peut difficilement être nommé cours d'eau ou rivière. Il s'agit en fait d'un torrent intermittent qui réceptionne les eaux de pluie tombant dans le périmètre de son bassin versant. On peut penser que cet écoulement et ce débit intermittent arriveraient difficilement à terme à alimenter correctement le lac. Aussi, il semble permis de penser que le lac, exploité pour l'approvisionnement en eau de la population est, à l'heure actuelle à son niveau le plus bas et que les aléas du changement climatique en cours ne vont sûrement pas améliorer les choses.

De plus, il faut admettre que le lac est actuellement en train de subir un double déficit, alluvionnaire et hydrique. Le déficit alluvionnaire semble expliquer la limpidité relative du lac pendant toute l'année tandis que le déficit hydrique explique en partie le débit embryonnaire des eaux du lac au niveau de son exutoire, près du pont pour piétons.

En aval, cette fois, une autre conséquence de la déviation du cours de l'Andromba est que le nouveau tracé du cours d'eau au sortir de l'exutoire continue à longer la partie droite de la vallée et n'est plus parvenu à renouer avec son ancien lit, gêné par l'alluvionnement rapide dont il est le siège, qui continue en aval de la partie rétrécie de la vallée. En effet, à ce niveau également, très vite, le nouveau lit se trouve encombré de nouvelles alluvions. Il s'ensuit que, en subsistant jusqu'à maintenant un déficit alluvionnaire toute la partie gauche de la vallée s'est peu à peu transformée en une suite apparemment ininterrompue de marécages sur plusieurs kilomètres.

En conclusion, la mise en place des coulées volcaniques a engendré en amont, la naissance d'un lac de barrage faisant place par la suite à une plaine alluviale et des marécages et lac résiduel témoin ainsi qu'une déviation vers la droite du cours de l'Andromba. Par contre, en aval, un alluvionnement rapide autour du lit du cours d'eau, tout le long de son cours engendre l'abandon de l'alluvionnement dans toute la partie gauche de la vallée, transformée dès lors en marais et marécages.

### **3- Discussions**

Les discussions vont porter sur deux rubriques : la première portera sur des remarques concernant la morphologie proprement dite, la seconde sur l'évolution dans un futur proche de cette même morphologie et son impact probable sur les activités humaines.

Primo, pour expliquer les bouleversements morphologiques observés, il a fallu supposer l'existence préalable d'un exutoire. Cependant, lors de nos observations sur le terrain, plus rien n'indique la présence d'un tel exutoire actuellement. Sans doute, l'alluvionnement a probablement tout effacé mais aussi le fait que l'exutoire se situe dans une zone alluviale donc très facile à éroder a joué également un rôle.

Secundo, l'observation au niveau de la coulée d'ankaratrite montre que la grande majorité de la formation volcanique a subi une forte altération sur toute son épaisseur, attaquant même le substrat gneissique. Le résultat de cette ferrallitisation très poussée est la transformation du basalte en argile rouge, couleur due à la forte teneur en fer de la roche d'origine. Cependant, la ferrallitisation n'est pas allée jusqu'au cuirassement des sols basaltiques comme c'est le cas dans la partie orientale de l'Ankaratra. La différence est due sans doute à une différence de climat entre les deux versants de la chaîne montagneuse. Seules les zones à pente très forte sur le monticule de Vontovorona laissent apparaître des fragments d'ankaratrite saine non altérée (photo 4), ces zones ayant peu favorisé la stagnation des eaux d'infiltration responsables de

l'altération. Vu leur dureté, ces fragments de basalte sont d'ailleurs exploités pour servir de matériaux de construction dans la localité.

En outre, les coulées semblent avoir conservé leur forme topographique d'origine. En effet, leurs reliefs en pente faible, moutonnés, tranchent vivement avec la surface érodée, parsemée de migmatites et de granites sains et parfois très accidentée du socle précambrien alentour. Seuls les fronts de coulée au sud, au sud-est et à l'est de la partie volcanique sont terminés en croupe à pente forte. En effet, à ces endroits, la longue distance parcourue par la lave a fini par la refroidir et la rendre plus visqueuse, ce qui explique la présence des pentes très fortes au niveau des fronts de coulée.

Enfin, trois facteurs semblent expliquer la faible attaque de l'érosion au niveau des coulées volcaniques. Il y a, d'une part, le manque de temps qui a limité l'étendue de l'érosion. D'autre part, la fertilité naturelle des sols basaltiques, même ferrallitisés, a favorisé l'installation d'une couverture végétale qui les protège de l'érosion. Enfin, l'altération a duré assez longtemps pour indurer superficiellement et sur une certaine épaisseur la coulée basaltique.

En ce qui concerne une évolution future probable, la morphologie actuelle semble actuellement exposée à certains risques. Deux problèmes sont apparemment urgents et prioritaires, l'un au niveau de la plaine alluviale, l'autre au niveau du lac Lohazozoro.

Concernant la plaine alluviale en amont des coulées basaltiques, on a noté que l'érosion régressive a creusé un talus haut de 4 à 5 mètres dans les berges de l'Andromba. La conséquence de cet abaissement du lit de la rivière est l'évolution rapide de la plaine en terrasse alluviale. Suite à cette évolution, les infrastructures d'irrigation et de drainage en place sont devenues caduques et insuffisantes. Elles ont besoin d'être transformées résolument en infrastructures d'irrigation suffisamment performantes en profitant du potentiel hydrique de l'Andromba. Dans le cas contraire, la production agricole, rizicole et potagère ou fourragère, qui a un beau potentiel mais qui est déjà perturbée, risque d'être sérieusement mise en danger.

Quant au second problème, on a noté que la berge mitoyenne entre l'Andromba et le lac s'amenuise de plus en plus suite à une érosion latérale intense. Sa largeur n'est plus que de 5 ou 6 mètres à certains endroits proches du point de déviation vers l'ancien exutoire. A ces niveaux, le risque d'une rupture de la digue est réel dans un futur proche. Dès lors, les eaux du lac Lohazozoro se déverseront en trombe dans l'Andromba situé à 4 ou 3 mètres plus bas. Les impacts sur l'approvisionnement en eau de l'agglomération de Vontovorona seront catastrophiques. Il est urgent de prendre les mesures qui s'imposent, entre autres: renforcement de la digue entre le lac et le cours d'eau, renforcement des rives du cours d'eau, ou travaux de captage des eaux de l'Andromba pour alimenter le lac, ou encore travaux de rectification du tracé de la rivière pour éloigner le danger de rupture de la digue..

En conclusion, ce survol rapide des problèmes de morphologie montre encore une fois le caractère évolutif des formes de relief et de l'hydrographie. Cependant, malgré tous ses efforts, certains indices disparaissent ou demeurent cachés aux investigations du chercheur. Par contre, profiter du moindre hasard rencontré sur le terrain comme le creusement d'une route, d'un talus ou les effets de l'érosion est une chance à saisir coûte que coûte. En outre, les quelques suggestions avancées le sont toujours dans une perspective de développement durable.

## **Conclusion**

Diverses hypothèses ont été posées au commencement de la présente étude au niveau de la vallée de l'Andromba, entre autres, dans quelle mesure les faits morphologiques suivants sont-ils des conséquences du volcanisme ? En amont des coulées volcaniques, on note la

présence du lac de Lohazozoro, un lac de barrage volcanique et d'une plaine alluviale, on note également une déviation de la rivière Andromba tandis qu'en aval, l'alluvionnement est intense mais seulement au niveau d'une partie de la vallée. Comment les événements ont-ils évolué dans le temps depuis l'éruption volcanique pour expliquer les réalités observées sur le terrain ? Nous avons tenté de répondre à ces questions par des recherches bibliographiques, des recherches sur terrain et des enquêtes auprès de la population. Les résultats ont été traités, interprétés et discutés. Les conclusions suivantes s'imposent.

Une éruption volcanique a bien eu lieu, déversant des coulées basaltiques faisant barrage au cours d'eau Andromba en plein milieu de la vallée. Les conséquences morphologiques en sont multiples. D'abord, un lac de barrage a bien pris naissance mais c'était un plan d'eau immense par rapport au lac actuel Lohazozoro dans lequel se sont déposées d'abondantes alluvions. L'assèchement de ce lac originel à partir de son exutoire a engendré l'émersion d'une vaste plaine alluviale fertile, mais a laissé subsister localement des marécages dans les dépressions en situation périphérique dans la vallée donc en déficit alluvionnaire présumé car loin des eaux riches en alluvions de l'Andromba. La plus grande de ces dépressions est occupée par le lac Lohazozoro qui n'est pas, de ce fait, le lac de barrage mais ce qu'il en reste après retrait des eaux aspirées par l'exutoire. La déviation de l'Andromba n'est pas non plus une conséquence première du volcanisme, elle s'est faite tardivement après seulement la phase lacustre et la reprise de l'érosion régressive et latérale. Après que les eaux du lac aient fait sauter l'exutoire, l'alluvionnement continue en aval, préférentiellement sur la droite de la vallée, engendrant ainsi un déficit d'alluvionnement sur toute partie gauche de la vallée laissée de ce fait aux marais et marécages sur des kilomètres.

Cependant, le développement de la vallée doit maintenant faire face à au moins deux défis majeurs, urgents et prioritaires. Il s'agit de s'adapter à l'évolution rapide de la plaine en terrasse alluviale sous peine de perturber sérieusement la production agricole. Il s'agit également de lutter contre une rupture imminente de la mince digue entre le lac Lohazozoro et la rivière Andromba, rupture qui risque d'être catastrophique pour l'approvisionnement en eau potable de l'agglomération de Vontovorona et de ses environs.

## **Bibliographie**

- 1 BESAIRIE H, 1973, « Précis de géologie Malgache », fascicule n°38, imprimerie nationale, Tananarive.
- 2 BESAIRIE H, 1957, « Le Volcanisme à Madagascar », Travaux du bureau géologique n° 83, Service géologique Antananarivo pp145-157
- 3 BIROT P, 1955, « Les méthodes de la morphologie », PUF, paris, 1955, 177p
- 4 Carte géologique, 1963, Tananarive-Manjakandriana, feuille 047, service géologique, 1/100000
- 5 DERRUAU M, 1958, « Précis de géomorphologie, édition Masson, Paris, 396p.
- 6 MOTTET G, 1974, « Contribution à l'étude géomorphologique des Hautes Terres Volcaniques de Madagascar, le massif de l'Ankaratra », tome II, 446 p.
- 7 PETIT M, 1969, « Contribution à l'étude de surface d'aplanissement sur les Hautes Terres Malgaches » Planche IV- V in annales de Géographie n° 246, Tananarive, ORSTOM, Pp158 -187



- 8 PETIT M, 1974, « Contribution à l'étude morphologique des reliefs granitiques à Madagascar », Imprimerie Centrale, Tananarive, 307P
- 9 Raunet M, 1997, « Les ensembles morphopédologiques de Madagascar », CIRAD, Montpellier, 133p