

La télédétection

Cette technique du traitement à distance des objets ou des phénomènes à la surface de la Terre permet d'élaborer des cartes qui sont utilisées pour représenter les phénomènes et les éléments sur le terrain.

Ainsi, l'analyse des acquis antérieures et le traitement des données numériques permettent de fixer les objectifs, de mettre les hypothèses de recherches et de planifier les travaux de terrain avec la conception des outils à savoir les cartes thématiques et les fiches questionnaires.

Après de plusieurs phases de prétraitement avec l'acquisition des données et bases de données, le logiciel SIG⁴ permet encore de faire le calcul et la cartographie des différents facteurs de l'USLE (R, LS, K, C). Ainsi, comme résultat par la suite une carte thématique montrant le risque potentiel d'érosion de la zone de recherche.

1.2.3 Les travaux du terrain

Les travaux de terrain ont consisté à faire une vérification des connaissances préliminaires acquises et ont permis de donner une certaine validation ou non pour les hypothèses de recherches posées. Ils se subdivisent en trois étapes :

- Etude et analyse du milieu naturel, de l'espace géographique

Cette première étape vise à récolter le plus d'informations possibles sur les caractéristiques du paysage à partir des observations, descriptions, analyses et interprétations de celui-ci. Les traitements des données numériques et consultations des images satellites permettent en avance de bien organiser les travaux de terrain. Ainsi, les itinéraires privilégiés sont ceux des coupes naturelles comme de l'érosion latérale le long du lit de la rivière, de l'érosion régressive sur les versants, les glissements de terrain autour du lac et les phénomènes d'ensablements.

- Des entretiens et des enquêtes auprès de la population locale

Pour la préparation des travaux de terrain, la présentation aux responsables administratifs locaux (Maire et Chefs fokontany) est primordiale et il en est de même du contact avec les habitants dans et autour de la zone de recherche pour des entretiens et des enquêtes sur la mise en valeur de l'espace et la gestion des ressources naturelles.

⁴ Nous avons utilisé le logiciel libre Qgis version 2.14.1 with Grass/
SAGA Gis/ MapInfo Professional version 11.5 et Global Mapper version 18

Tableau 1. Enquêtes auprès des ménages

Hameaux	Nombre de ménages	Nombre de ménages enquêtés	Pourcentage de ménages enquêtés
Ambohibeloma	45	8	17,7%
Amparihy	20	5	25%
Amboniriana	80	27	33,7%
Soanafindra	23	9	39,1%
Andranomena	12	7	58,3%
Total	182	56	30,76%

Source : auteur, octobre 2017

Le tableau 1 présente le taux d'échantillonnage des ménages enquêtés. Dans ce tableau, il y a cinq hameaux dans et autour du sous bassin- versant d'Andranomena et la taille des ménages est variable d'un hameau à l'autre, il n'y a que 12 ménages à Andranomena, un petit hameau juste tout près du lac et 80 ménages à Amboniriana lequel est le chef-lieu du Fokontany le plus près de la zone de recherche.

Par ailleurs, le pourcentage de ménages enquêtés est aussi variable pour chaque hameau, le taux 17,7% pour 45 ménages à Ambohibeloma s'explique par la distance de ce lieu par rapport à notre lieu d'hébergement. Tandis que le taux 33,7% pour 80 ménages à Amboniriana est expliqué par la proximité du lieu au centre d'accueil et même le soir, les enquêtes ont été encore possibles.

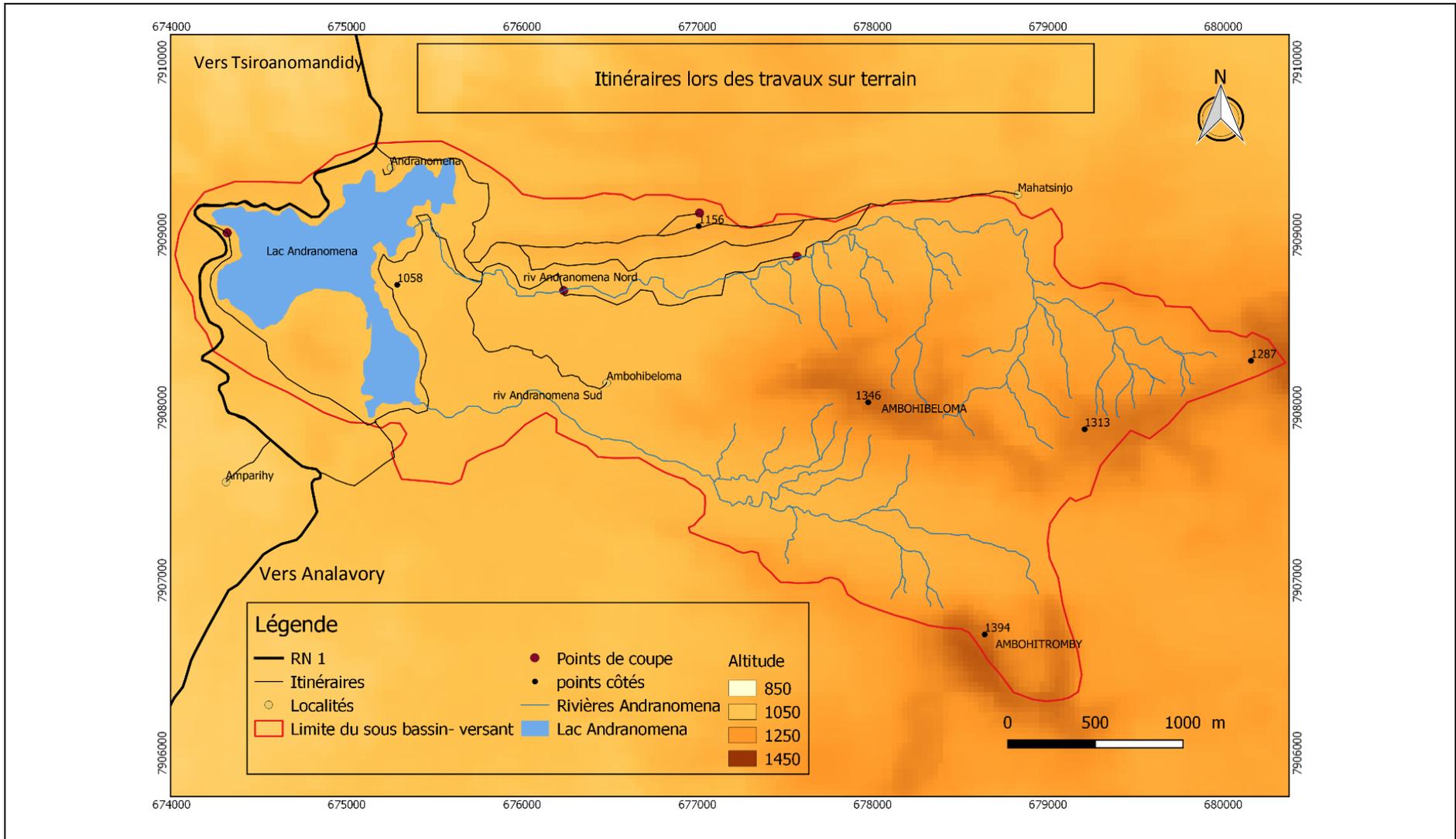


Figure 3. Itinéraires des travaux sur terrain

Source : ASTER GDEM- V2 et conception de l'auteur, décembre 2017

Pour mener les entretiens et les enquêtes, ainsi que l'étude et l'analyse du milieu naturel, la figure 3 présente les itinéraires pour les visites des petits villages mais également les sites privilégiés pour l'étude physique du milieu naturel à travers les points de coupe.

- Problèmes rencontrés et limites de la recherche

D'abord, des sites privilégiés dans le cadre de la recherche restent inaccessibles pour des raisons d'insécurité. (Cf. figure. 3).

Ensuite, des analyses granulométriques qui vraiment coûtent chères, n'ont pas été réalisées. Ainsi, la reconnaissance des terrasses a été effectuée selon le critère altimétrique avec l'étude des coupes naturelles pour décrire les séquences sédimentaires. Par conséquent les datations relatives ne seraient qu'approximatives.

Et enfin, dans une recherche hydrogéomorphologique, les données statistiques de tous les éléments physiques du bassin, notamment le système hydrographique, sont importantes pour la mise en évidence des résultats. Pourtant, dans la zone de recherche, certains calculs tel le débit du cours d'eau n'ont pas été effectués, faute du moyen matériel et des outils de mesure sophistiqués (flotteur, moulinet, sondages électromagnétiques).

L'analyse des acquis antérieurs avec le traitement des données et les travaux sur terrain permettent de caractériser le sous bassin- versant d'Andranomena, de son évolution sur le plan hydrogéomorphologique avec ses aspects d'occupation par l'homme.

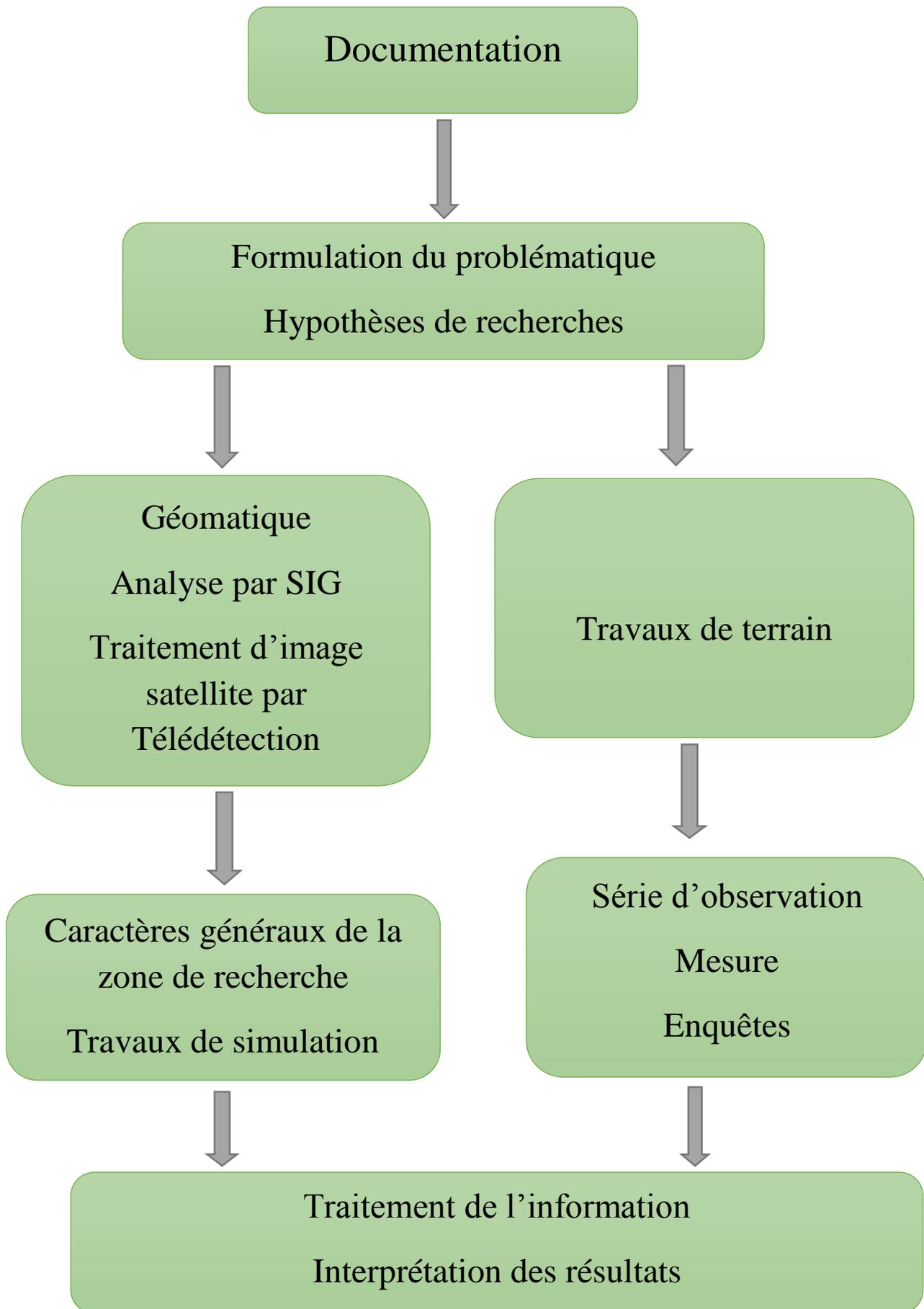


Figure 4. Démarche opérationnelle du travail

Source : conception de l'auteur, novembre 2017

CHAPITRE.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU SOUS BASSIN- VERSANT D'ANDRANOMENA

Pour la région Itasy, une nouvelle organisation du système hydrographique vient du volcanisme quaternaire. Les produits volcaniques ont renforcé le mauvais drainage de la région, renforçant la formation de certaines surfaces marécageuses et lacustres.

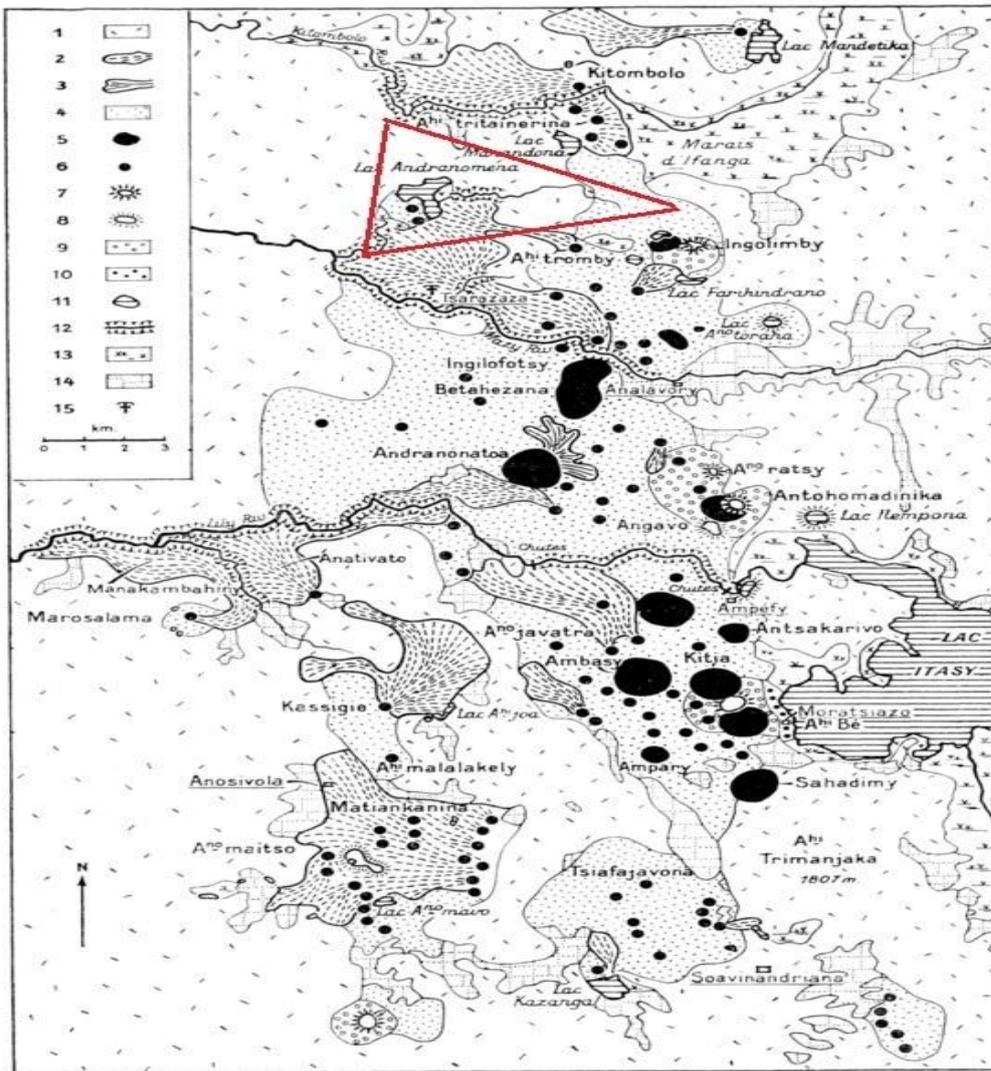
2.1. ANDRANOMENA, UN SOUS BASSIN- VERSANT INFLUENCE PAR LES ACTIVITES VOLCANIQUES

La présence des matériaux volcaniques avec des volumes et des coulées recouvrant la région Itasy est le témoin des mouvements tectoniques qui ont frappé son substratum (MOTTET G., 1974). En déversant en surface les matériaux nouveaux provenant de la profondeur, ce volcanisme a eu des conséquences morphologiques importantes et a constitué un agent modificateur du relief, susceptible à son tour d'altérer considérablement la topographie préexistante : des perturbations de l'écoulement du système hydrographique et de profonds changements dans le régime des sources, en tarissant certaines d'entre- elles et/ ou en faisant apparaitre de nouvelles.

Ainsi, ce volcanisme a donné naissance à de nouvelles formations morphologiques qui ont perturbé les édifices plissés antérieurement et qui ont très souvent renforcé et créé le mauvais drainage de la région et une part importante dans la formation des surfaces marécageuses et lacustres. Parmi les lacs qui se sont formés après les éruptions volcaniques, le lac Andranomena a été qualifié d'un lac de barrage volcanique.

Auparavant, les rivières Andranomena étaient des affluents de la rivière Mazy. Le sous bassin- versant d'Andranomena était alors une portion du grand bassin- versant de la Mazy. Mais après les éruptions volcaniques, les cônes Stromboliens avec les coulées de Basanitoïdes ont barré les rivières (figure 5). Par conséquent, l'écoulement superficiel a été perturbé car les rivières Andranomena n'ont pas pu rejoindre la Mazy d'où la formation du lac qui a constitué l'exutoire du bassin.

Esquisse de carte géomorphologique de massif volcanique de l'Itasy



- | | |
|---|--|
| 1. Socle cristallin | 10. Poudingue lacustre de Moratsiazo |
| 2. Coulées récentes de basanites et d'ordanchites(cheires) | 11. Lac de barrage |
| 3. Coulée hawaïenne trachytique et l'Andranonatoa | 12. Entaille fluviale post-volcanique en gorge |
| 4. Projections et coulées de basanites et d'ordanchites indifférenciées | 13. Marecages |
| 5. Dôme péleén (trachytes) | 14. Rizières |
| 6. Cône strombolien | 15. Gisement lacustre fossilière d'Ampasindava |
| 7. Cratère d'explosion ultravulcanien | |
| 8. Cratère d'explosion ultravulcanien probable | |
| 9. Brèches ultravulcaniennes | |

Figure 5. Esquisse de Carte géomorphologique du massif volcanique de l'Itasy

Source : BATTISTINI R. in Annales de Géographie 1962, Vol.71 et arrangement de l'auteur

2.2. UN PAYSAGE ACCIDENTE A FORMATIONS SUPERFICIELLES EPAISSES MAIS MEUBLES

L'agressivité de l'action de l'érosion hydrique, responsable de l'évolution du paysage, dépend même de la nature et l'état de celui-ci. Des divers phénomènes naturels endogènes et exogènes ont affecté le bâti géologique de l'Itasy et ont rendu le paysage favorable à l'érosion.

2.2.1 Substratum en perpétuelle évolution

Du point de vue géologique, le socle constitue le substrat de la partie centrale et orientale de Madagascar. Suivant les mouvements tectoniques qui l'ont frappé, il est subdivisé en cinq unités tectoniques⁵ (Collins. A.S., 2006). La zone de recherche est incluse dans le bloc d'Antananarivo. Une unité qui a été largement affectée par le métamorphisme au degré très variable et par la granitisation de 550 millions d'années (PETIT M.1974) d'où l'abondance des formations migmatitiques, gneissiques et granitoïdes avec charnockites constituant des ensembles très hétérogènes.

Dans cette structure précambrienne plissée, fracturée et hétérogène, l'érosion différentielle et l'altération ont élaboré une morphologie où alternent des vallées et des reliefs résiduels. Pour la zone de recherche, l'érosion a laissé en saillie les intrusions de granites migmatitiques, plus difficiles à éroder qui ont formé les zones collinaires du côté Est du sous bassin où les rivières prennent leurs sources, comme les collines d'Ambohibeloma et d'Ambohitromby.

Des vallons et des vallées ont été creusés dans les bancs gneissiques. De part et d'autre de la colline d'Ambohibeloma, des vallons ont été creusés et où circulent les rivières Andranomena. Puis, du côté Ouest du bassin, une vallée large s'épanouit jusqu'à la bordure occidentale du lac et qui est délimitée par des cônes Stromboliens. Ainsi, sur le plan topographique et sédimentologique, cette vallée large du côté Ouest du sous bassin constitue une zone préférentielle de dépôts.

Les facteurs endogènes (la lithologie, les accidents tectoniques) et les facteurs exogènes (érosion et altération) sont responsables de la morphologie du paysage. En conséquence, cette structure commande la succession de collines avec de vallons et/ ou vallées suivant l'alternance de bancs de granites migmatitiques et de gneiss ou migmatites gneissiques qui ont des résistances différentes lors de l'attaque de l'érosion différentielle.

⁵ Antongil Block, Antananarivo Block, Tsaratanana Sheet, Bemarivo Belt et Neoproterozoic metasedimentary belts

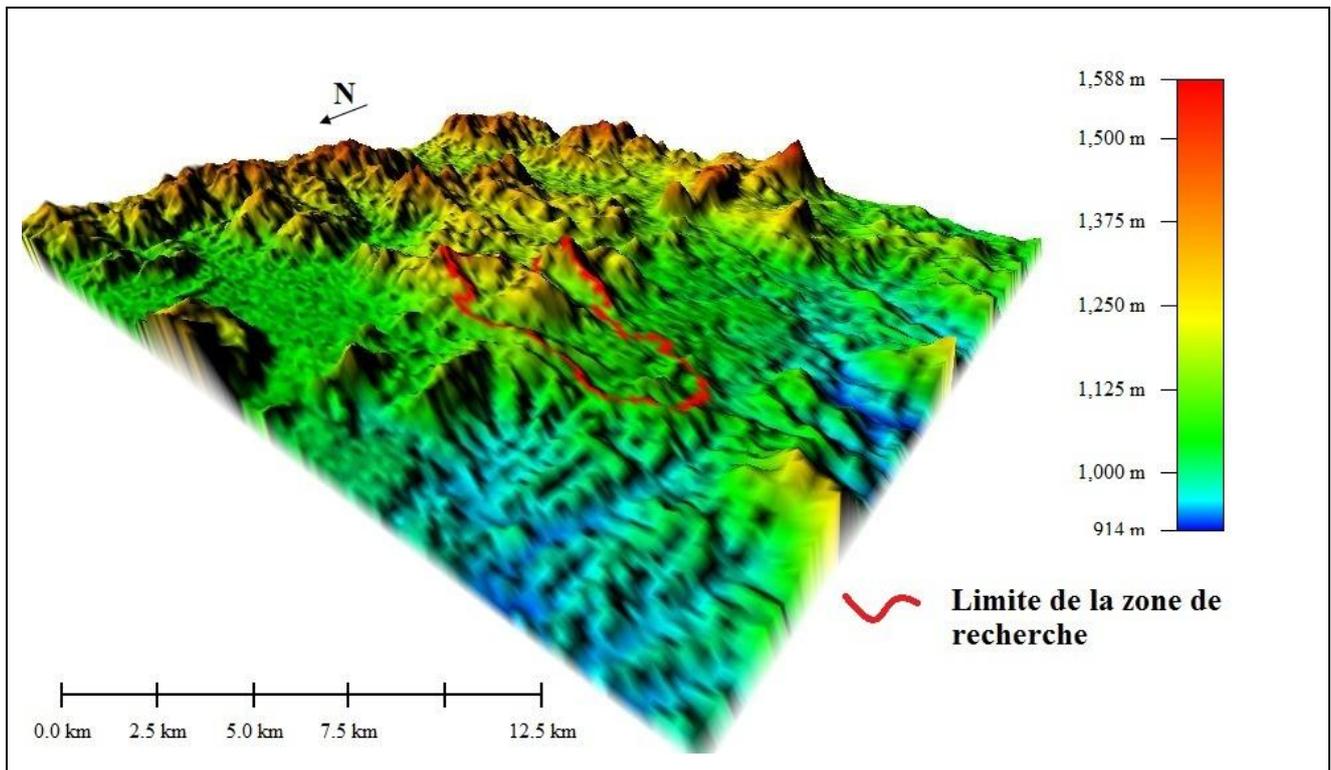


Figure 6. Carte en trois dimensions couvrant la zone de recherche

Source : MNT ASTER GDEM- V2

Cependant, l'altération a pu dégager dans ces différentes roches des formations superficielles aboutissant à des éléments de relief fragiles.

2.2.2 Un paysage aux formes fragiles

L'altération des roches préexistantes (granites migmatitiques et de gneiss ou migmatites gneissiques) et l'action de l'érosion différentielle ont permis à toutes les unités topographiques du paysage d'être recouvertes de couches meubles en surface.

Des couches d'altérites épaisses sur les flancs du versant

Les versants sont couverts d'altérites rouges issues de la désagrégation mécanique et d'altération chimique de la roche- mère : du granite et/ ou du gneiss et/ ou de la migmatite.

La zone de recherche est caractérisée par l'existence de lambeaux de la surface d'aplanissement du niveau intermédiaire (S2) avec des collines lourdes et des vallées plus ou moins étroites, sur le plan morphologique. Le fait que le paysage ait été attaqué par l'érosion différentielle explique l'expansion des sols ferrallitiques surtout sur les versants dans la partie supérieure du sous bassin. Ils sont caractérisés par leur richesse en matières minérales résultant d'une libération importante de sesquioxyde de fer et d'alumine lors d'une très forte altération de la roche, et en contact

avec l'atmosphère, le fer est rouillé par oxydation d'où la couleur rouge pour ce type de sol. Au contraire, sa teneur en matière organique reste encore très faible.

Quant aux sommets des collines, les lithosols recouvrent les parties sommitales comme ceux des collines d'Ambohibeloma et d'Ambohitromby (Cf. figure 10). Cette formation est caractérisée par des sols à minéraux bruts, des sols caillouteux, c'est-à-dire que l'altération chimique est très limitée et c'est la désagrégation mécanique qui a favorisé la fragmentation des roches d'où la présence des blocs rocheux éparpillés également sur les versants collinaires.

Ces altérites rouges formés de sols ferrallitiques recouvrant les versants collinaires dans le sous bassin- versant sont des formations polyphasées car ils ont évolué dans des conditions environnementales différentes. Dans des conditions climatiques très humides sous couvert forestier auparavant, qui ont été favorisé l'altération intense de la roche- mère et sous un climat à deux saisons contrastées avec la prédominance de la formation savanienne actuelle (GOODMAN S.M, 2010).

En outre, un autre phénomène intervient également pour d'autres couches qui sont remarquables en surface, ce sont les activités volcaniques. En effet, il s'agit d'un volcanisme postiche, c'est- à- dire mis en place sur un paysage déjà bien formé et qui va désorganiser par la suite le fonctionnement de celui- ci. Ainsi, sous l'action de l'érosion, les produits volcaniques donnent naissance également des couches meubles de couleur noirâtre.

Dans la plupart des cas, les altérites rouges sont fossilisées sous les produits volcaniques avec les coulées de basanites, qui ont été expulsés ultérieurement. Mais ils sont souvent aussi exhumés par l'érosion.

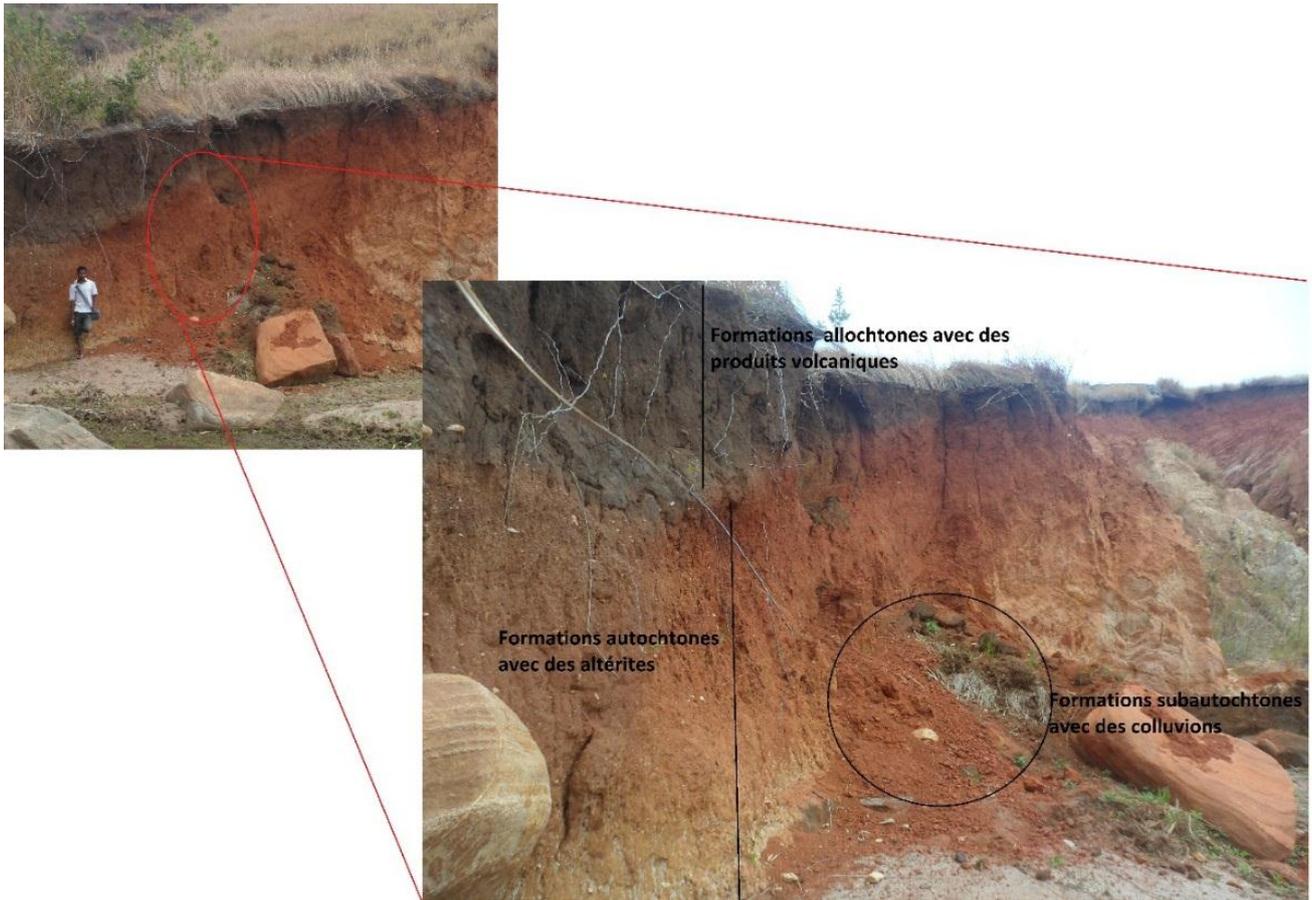


Photo 1. Coupe naturelle des formations Superficielles à plusieurs caractères

Cliché de l'auteur, Octobre 2017

La coupe de la photo 1 présente la superposition de deux couches différentes : des produits volcaniques formés de pyroclastites et de lapilli dans la partie supérieure et des altérites à la base.

Elles sont séparées par un passage brusque. En fait, le climat très humide du passé a favorisé l'altération intense des roches in situ, qui est à l'origine de la présence des couches d'altérites très épaisses pouvant atteindre 2 à 3 m d'épaisseurs. D'ailleurs, l'action de l'érosion et l'altération des produits volcaniques ont donné des couches meubles de couleur noirâtre très répandus en surface dans la partie inférieure du sous bassin (figure 6) et qui pouvant atteindre à 1,50 m d'épaisseur.

Les couches d'altérites au bas du versant sont constituées par des produits volcaniques et des altérites, par les phénomènes de glissement et d'éboulement sous l'action de la pente et de la gravité.

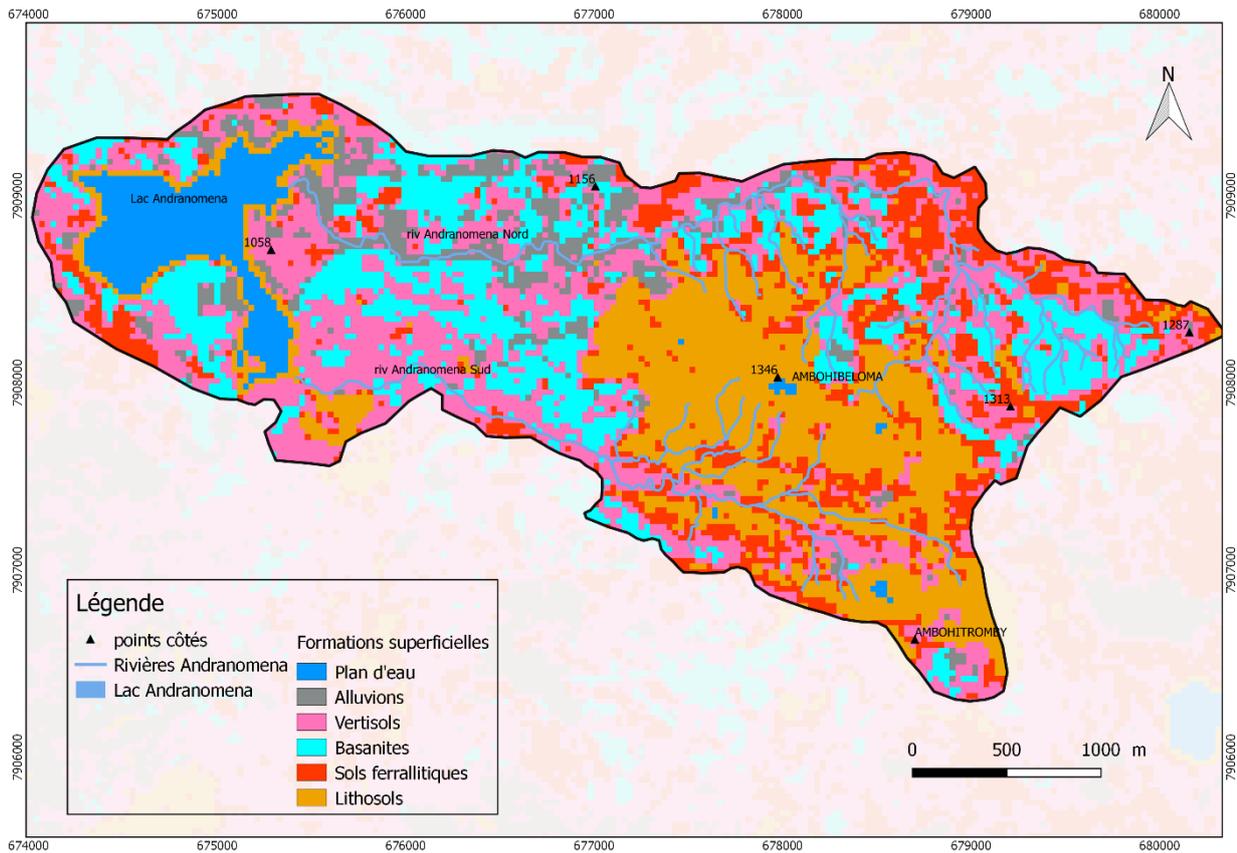


Figure 7. Les formations superficielles de la zone de recherche

Source : Image Landsat 8 OLI/ TIRS, 03 juillet 2017, conception de l'auteur

Des formations à prédominance hydromorphes dans la vallée

La majeure partie des bas-fonds est constituée essentiellement par de sols typiques pour l'environnement physique de ce milieu notamment la topographie et les conditions hydrologiques.

Les vertisols et les alluvions, catégorisées dans les sols hydromorphes, recouvrent le cours supérieur et le cours moyen de la rivière, dans des vallons situés de part et d'autre de la colline d'Ambohibeloma et ceux des sédiments fins pour la basse vallée.

Les dépôts hétérométriques au niveau du cours moyen de la rivière Andranomena Nord deviennent assez remarquables pendant la période d'étiage. Les produits sont variés, de dimension centimétrique allant de galet, du gravier, et du sable ; la plupart d'eux sont émoussés et d'autres sont encore anguleux, cette forme traduit leur dureté ainsi que la distance parcourue par la rivière qui les a transportés. Leur origine est aussi diverse : les produits de couleur clair qui sont constitués essentiellement du quartz proviennent à l'altération du granite et les autres produits de couleur sombre proviennent à la désagrégation mécanique des roches volcaniques avec des Basaltes.

Quant aux dépôts fins, des sables fins, des argiles et des limons recouvrent la basse vallée. Ce sont des particules propices aux activités agricoles d'où la valorisation intense de cet espace. Aussi, le travail du sol permet de reconnaître la propriété physique du sol à partir de sa couleur et de la dimension des sédiments.



Photo 2. Des dépôts hétérométriques dans le lit mineur de la rivière Andranomena Nord

Cliché de l'auteur, octobre 2017

Bref, la zone de recherche renferme plusieurs types de formations superficielles : altérites, vulcanites et clastites. Chaque formation qui recouvre le paysage actuel renseigne sur l'évolution climatique et la dynamique tectonique et fluviale, ancienne et actuelle. De là, la nature et la forme du paysage du sous bassin sont fragiles et facilement attaquées par l'érosion hydrique.

2.3 LES ASPECTS D'OCCUPATION DE L'ESPACE PAR L'HOMME

Le sous bassin- versant d'Andranomena touche deux communes, il occupe une superficie un peu plus grande dans la commune rurale d'Analavory par rapport à celle d'Anosibe Ifanja (figure 1). La population des deux communes restent faibles. Dans la commune d'Analavory, il y a eu 60 717 habitants en 2015 (source : PCD 2015- 2019 de la commune d'Analavory). Ainsi, ce nombre de population est encore moyenne par rapport à l'étendue de la surface de la commune, avec une superficie de 406 km² soit une densité de 149, 5 habitants par km².

Parmi les cinq hameaux autour de la zone de recherche, nous avons entrepris des enquêtes auprès des ménages. Nous avons enquêté 56 ménages sur 182 soit 30, 76% des ménages (Cf. tableau 1). Ainsi, un des résultats des enquêtes concernant la situation socio- économique actuelle de la population est d'abord la taille des ménages avec une moyenne de 6 personnes par ménage.

Par ailleurs, le taux de scolarisation reste encore faible, la plupart de la population n'a fait leur étude qu'au niveau du primaire ou pour une certaine minorité jusqu'au collège. Ainsi, par rapport à cette situation sociale, l'activité principale de la population est l'agriculture. Les produits agricoles sont en grande partie autoconsommés et d'autres sont destinés au marché.

En conséquence, la situation socio- économique de la population riveraine rend le paysage fortement anthropisé, les bas- fonds sont déjà réservés à la riziculture irriguée et les versants antérieurement dominés par la savane sont destinés aux cultures pluviales. Or, ces travaux d'aménagement déstabilisent le paysage naturel en accélérant les processus naturels de l'évolution du paysage et perturbent le fonctionnement du réseau hydrographique en déviant l'eau dans son lit par la création des canaux d'irrigation.

Conclusion de la première partie

Du point de vue du milieu naturel, le sous bassin- versant d'Andranomena a été remarquablement influencé par le volcanisme. Des matériaux volcaniques ont créé un barrage en amont du point de confluence de la rivière Mazy d'où la création d'un lac de barrage qui constitue l'exutoire du bassin.

Par ailleurs, le paysage naturel de la zone de recherche, comme celui de la région volcanique de l'Itasy tout entier, est fragile. Il est constitué essentiellement par des formations superficielles.

Sur le plan humain, dans la zone de recherche, l'activité principale de la population riveraine est l'agriculture. Cette économie basée sur le secteur primaire rend le paysage fortement anthropisé.

Ainsi, cette nature même des couches superficielles avec le cadre physique du milieu naturel en générale et la mise en valeur de l'espace par la société humaine ont favorisé la dynamique du paysage dans la zone de recherche.