

CHAPITRE 6. HYDROGRAPHIE ET LES FORMATIONS VEGETALES DANS LA CUVETTE

La rivière qui draine la cuvette de Vinaninony prend ses sources dans les hauts massifs volcaniques qui constituent la bordure de ce dernier.

6.1. Une hydrographie perturbée par l'activité volcanique

Le réseau hydrographique dans la cuvette de Vinaninony a subi des modifications depuis sa formation. Les profils des cours d'eau ont changé : à l'est, l'effondrement de la cuvette a accentué leur pente, tandis qu'à l'ouest, ils ont été freinés par l'escarpement de faille nord-sud. Le bassin versant est drainé par la rivière Vinaninony et ses principaux affluents : Anorana, Ankazondrano, Ankafotra et Ambatonjolahy (cf. figure 12). En arrivant dans la cuvette, ces cours d'eau sont endigués par des réseaux de drainage pour une maîtrise hydrologique.

La rivière Anorana et Ankazondrano se trouve à l'ouest de la limite de bassin alluviale. Les deux cours d'eau traversent des basaltes, des trachytes et des andésites et qui s'écoulent du nord au sud avant d'arriver dans la cuvette. Elles prennent ses sources dans les massifs élevés qui portent leur nom et elle s'écoule d'est en ouest.

La rivière Ankafotra et son affluent Ambohimandroso se situent au sud-est de la zone alluviale ; elle traverse des basaltes. La rivière Ambatonjolahy au sud de la cuvette se diffère des autres puisqu'elle traverse le socle et les coulées volcaniques. De ce fait, la sédimentation dans la cuvette se présente différemment. De plus, en amont, elles sont de types torrentiels. Mais, il faut aussi en tenir compte des cours d'eau qui drainent le nord de la cuvette en traversant des trachytes, puisqu'ils ont aussi contribué aux apports de sédiment pour combler la cuvette.

La rivière Vinaninony et ses affluents traversent deux types de topographie : la zone élevée et la zone de plaine. Dans la zone élevée, la rivière a une tendance à éroder le substrat sur laquelle elle s'écoule. Tandis que dans la zone plate, la sédimentation y domine. Et sur le versant Est qui borde la cuvette, les réseaux hydrographiques sont denses ; tandis qu'à l'ouest, c'est le contraire.

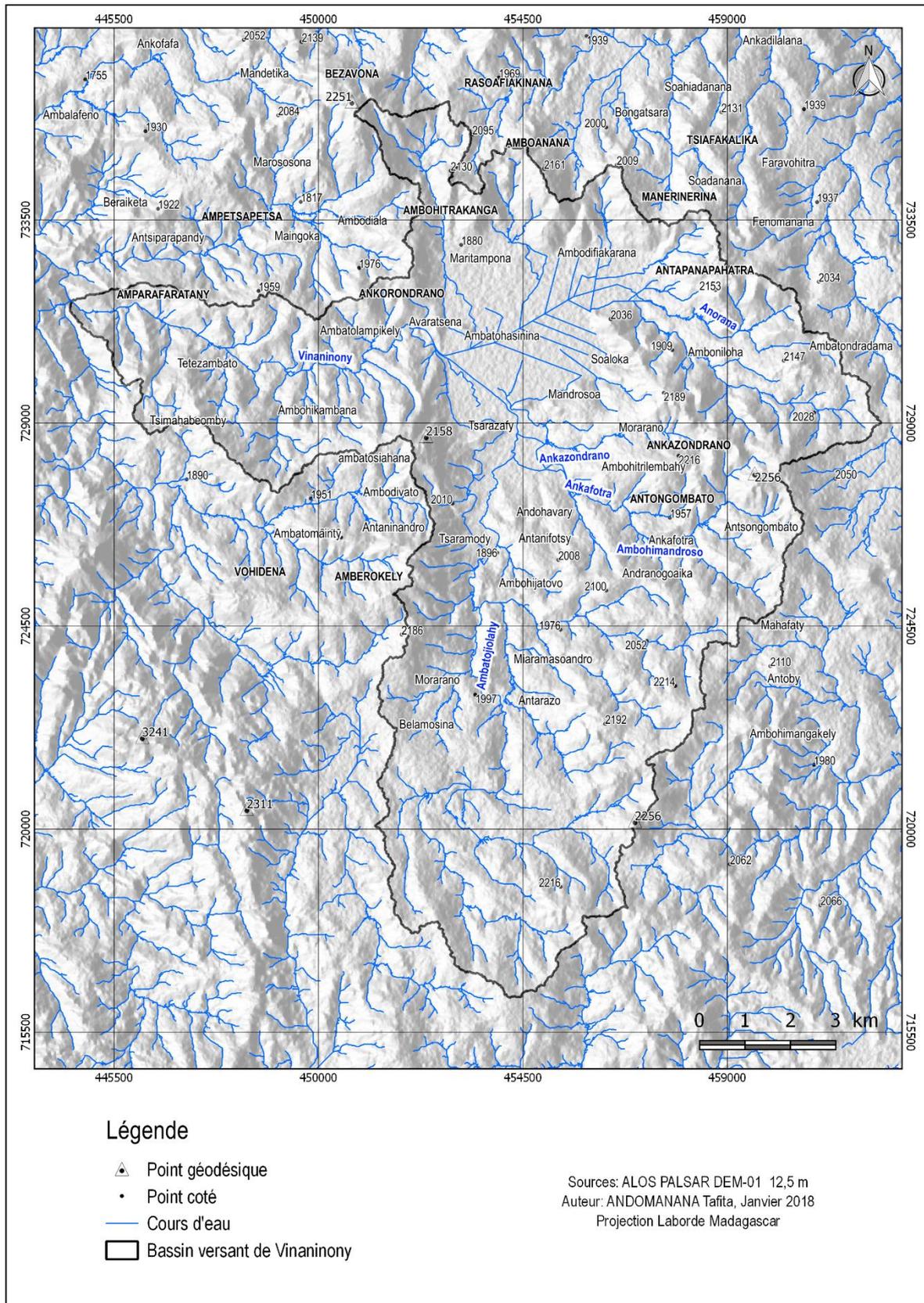


Figure 12. Hydrographie dans le bassin versant de Vinaninony

6.2. Les formations végétales et leurs rôles dans l'évolution de la cuvette

La cuvette de Vinaninony et ses environs contiennent plusieurs types de végétation. Ces formations végétales sont le résultat de l'action de reboisement très récent dans la région pendant la première république.

Straka H. (1996) a fait une étude sur l'histoire de la végétation de Madagascar en effectuant des analyses sur les anciens pollens. La cuvette de Vinaninony était l'une de sa zone d'étude. Pour ce chercheur, la cuvette était occupée par des *éricacées/vacciniacés* ; les formations se terminent à 9500 BP environ. Puis, elle est composée par l'augmentation des *filicinaehsoporeae*. À la fin, il a conclu que la forêt vierge s'est approchée des 1800 à 1850 m d'altitude. En ce moment, les formations végétales les plus dominantes sont les bozaka et les graminées. Ces formations sont dues aux périodes displuviales⁸ et à l'activité humaine (feu de brousse). En effet, la bordure de la cuvette de Vinaninony est toujours soumise au feu. Les feux sont dus au « sorokahitra » mal maîtriser. Les paysans pratiquent cette méthode pour avoir des engrais pour la culture de patate douce ou de maïs. En effet, les cendres mêlées au sol constituent un excellent engrais.

La cuvette de Vinaninony est occupée par des *Acacias dealbata* (mimosa), de *Pinus khesya* (pin d'Indochine) et de *Pinus patula* (pin argenté) (Figure 13). Ces deux espèces de pins (*Pinus Khesya* et *Pinus Patula*) sont les plus dominants. Cependant, les plantations de pins couvrent une faible surface dans la zone. Elles se localisent surtout sur les terrains rocaillieux à pentes fortes (kisilatra)⁹. La plantation de pin s'est développée à la suite de l'application de la politique de reboisement faite par l'État dans les années 70.

Les *acacias dealbatas* sont des espèces très envahisseuses dans la région. En effet, elles commencent à pénétrer dans les champs de culture.

Les formations végétales dans la zone de recherche ont pour rôle de stabiliser les versants des massifs volcaniques, elles permettent aussi la rétention des eaux pluviales. La couverture végétale a pour rôle de protéger le sol contre le ruissellement et l'ensablement des rizières. En ce moment, la dégradation de la forêt ripicole conduit à l'assèchement de la cuvette par la disparition des sources, car la formation végétale a un rôle de rétention d'eau.

⁸ BOURGEAT, F., 1972, *sols sur socle ancien à Madagascar*.

⁹ Kisilatra mot malgache désignant les versants de forte pente.

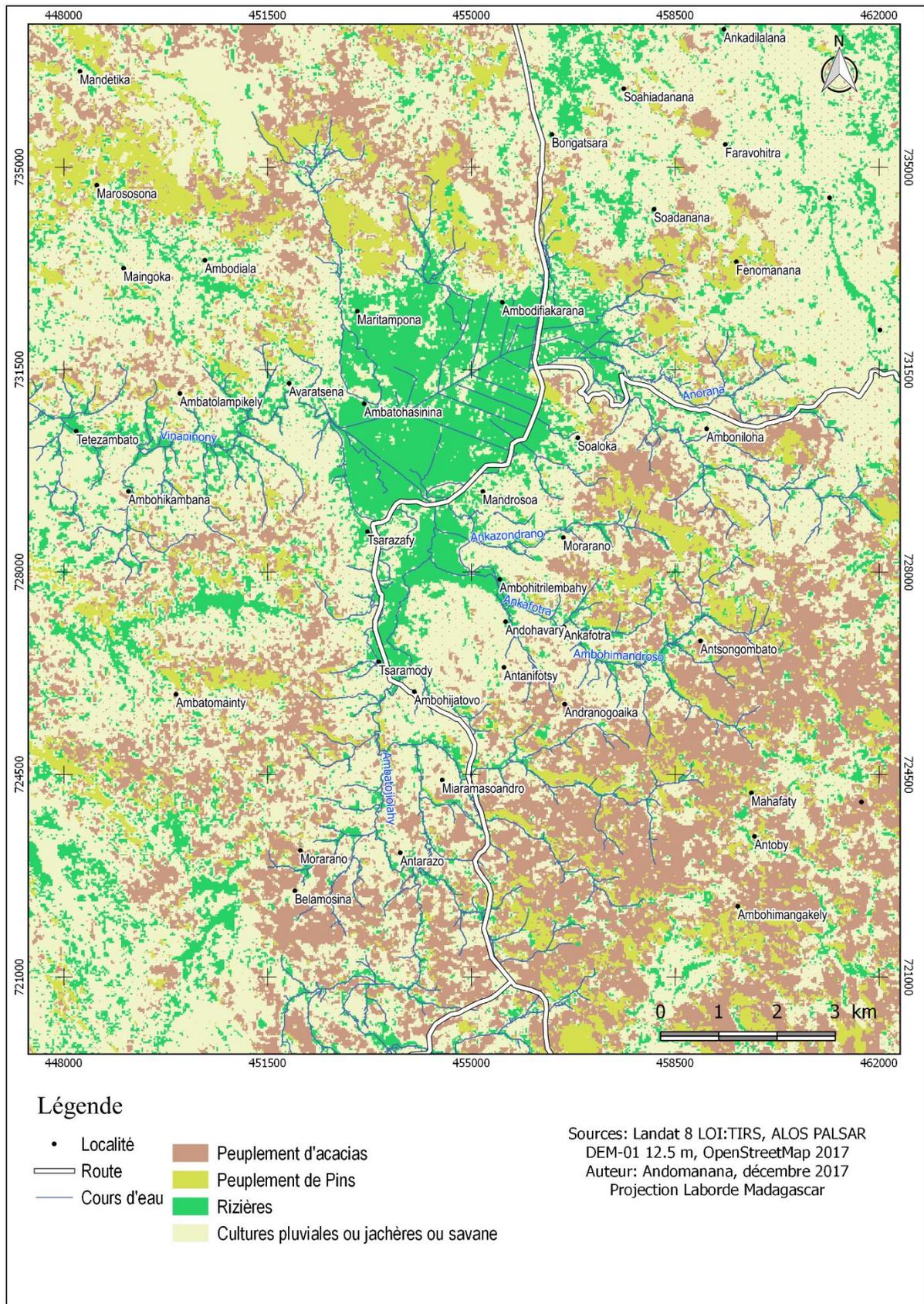


Figure 13. Carte occupation du sol

En outre, le sol est surtout occupé par des champs de cultures. Les champs gagnent la totalité des versants et des parties sommitales des montagnes. Les seules qui ne sont pas mises en valeur sont les versants rocailloux à fortes pentes.

Cette deuxième partie de notre recherche a fait l'objet d'un long travail de réflexion et d'introspection des milieux naturels qui constitue la bordure et la cuvette de Vinaninony.

Pour la troisième essayera d'avancer des résultats scientifiques sur la formation et l'évolution de la cuvette de Vinaninony.

TROISIÈME PARTIE :

LA FORMATION ET L'ÉVOLUTION DE LA CUVETTE DE VINANINONY

Après avoir identifié le cadre physique ; support favorable à la formation et à l'évolution de la cuvette de Vinaninony, il convient maintenant d'avancer les résultats des recherches.

Pour cela, l'analyse se portera sur la relation entre le volcanisme et la formation de la cuvette, et l'évolution de celle-ci dans l'espace et dans le temps.

CHAPITRE 7. LA FORMATION DE LA CUVETTE EN RELATION AVEC LE VOLCANISME

Dans cette partie, la principale préoccupation consiste à déterminer les facteurs qui ont contribué à la formation et à l'évolution de la cuvette de Vinaninony. Ainsi, plusieurs phénomènes vont être analysés. De plus, une approche de connaissance des formations superficielles va être réalisée puisqu'elle peut être le témoin de l'histoire de la cuvette.

7.1. Les acquis antérieurs sur la mise en place de la cuvette

La mise en place de la cuvette de Vinaninony est déjà traitée par deux chercheurs : Mottet G et Raunet M. Les deux chercheurs ont les mêmes points de vue sur la formation de la cuvette intramontagnarde. Mais, l'étude de Mottet est plus approfondie que celui de Raunet.

7.1.1. Point de vue de Mottet G. 1974

Pour Mottet, la formation de la cuvette de Vinaninony est inséparable des petites cuvettes relais qui relie la cuvette de Vinaninony et la cuvette de Faratsiho. La formation de la cuvette s'établit comme suit :

Premièrement, la formation de la cuvette est liée avant tout à son substratum, c'est-à-dire le socle. À la fin du Crétacé, la bordure granitique de Vavavato et des migmatites granitoïdes ont été nivelées.

Deuxièmement, les coulées basaltiques et les empilements acides s'étalent à la fin du Miocène en surface entre 1900 à 2000 m d'altitude. C'est la raison pour laquelle la cuvette de Vinaninony culmine à 1874 mètres.

Troisièmement, une association de fracture de socle de direction nord-sud se produit à la fin du Pliocène et a atteint la zone de Vinaninony. Elle dénivelle le socle et la couverture volcanique de 50 à 200 m.

L'extension du massif de l'Ankaratra a engendré l'affaissement qui va suivre le long de la ligne de fracture. C'est ainsi que s'est formée la cuvette de Vinaninony, le sud-est de la cuvette de Faratsiho et les petits bassins relais.

Pour arriver à cette conclusion, Mottet a analysé la forme de relief qui constitue la bordure de la cuvette. Au nord il démontre qu'il y avait eu un escarpement d'origine tectonique.

Cet affaissement est entraîné par la faille nord-sud et la faille N 30 W qui se trouve à l'est de la cuvette. Donc Vinaninony et Faratsiho se trouvent sur une zone de faiblesse du socle, ainsi il y avait eu un amorçage de formation de graben.

7.1.2. Point de vue de Raunet M. 1997

Pour Raunet, la formation des cuvettes intramontagnardes de l'Ankaratra est indissociable à la formation de ce massif. Ainsi, les effondrements volcano-tectoniques pendant le pliocène sont les conséquences des émissions considérables de lave au Mio-pliocène et du bombement continu du socle. C'est-à-dire que l'effondrement est la compensation du vide sous les appareils volcaniques et le bombement du socle. Ainsi se sont formées les cuvettes intramontagnardes de l'Ankaratra.

7.2. Justification de l'existence des failles dans la zone de recherches

Pour pouvoir justifier l'existence des failles dans la cuvette de Vinaninony, deux méthodes vont être adoptées. La première est l'observation des reliefs qui constitue la bordure de la cuvette que ce soit sur une carte que sur le terrain. La deuxième est le traitement d'image satellite pour extraire les linéaments dans l'image.

7.2.1. Résultat sur l'observation des différentes unités de relief

L'analyse des différentes formes de relief qui bordent la cuvette peut démontrer l'existence d'une ou plusieurs failles. En effet, l'observation du paysage et l'analyse des photographies sur un stéréoscope mettent en évidence l'existence d'une faille qui se trouve à l'ouest de la cuvette. La faille située à l'ouest de la cuvette s'inscrit bien dans le paysage. Elle est prouvée par l'alignement des versants est des trois massifs qui s'y trouvent : Ampetsapetsa, Antaninandro et Mandazo. De même, il est très visible sur la carte topographique (figure 6).

Sur la bordure orientale, trois massifs volcaniques basaltiques s'alignent symétriquement avec des versants raides à l'ouest. Cependant, il est difficile de voir l'existence d'une faille dans cette partie du relief. En effet, la présence de massif de Soaloka perturbe cette formation. Ce massif s'avance dans la cuvette en cachant la cicatrice qu'a subie le relief.

Les différences altimétriques du socle ne sont certes pas des preuves formelles de subsistance de failles (Alsac, C., 1963). Elles peuvent être dues à l'activité de l'érosion. Ainsi, pour plus de précision, le traitement des images satellites *Landsat 8* peut fournir une preuve de l'existence des failles qui est à l'origine de la cuvette.

7.2.2. Analyse des fractures du socle sous logiciel de télédétection

Le traitement d'image *Landsat* 8 est nécessaire pour comprendre la présence des failles dans la zone de recherche. En effet, il est possible de prouver l'existence d'une ou plusieurs failles sous les logiciels de télédétection (ENVI et PCI Géomatica). Suite au traitement d'image, le linéament peut être le résultat des structures artificielles : routes, canaux... Ils peuvent aussi être le résultat des structures naturelles comme : failles, dykes, diaclases... Mais, cette méthode n'est pas plus précise que le visuel humain (photo-interprétation). En compensation le logiciel PCI Geomatica traite l'algorithme d'extraction sous différentes étapes, ce qui induit le traitement à une infime erreur.

Le traitement d'image *Landsat* 8 en néo-bande (ACP) a permis d'extraire les linéaments. Ainsi, l'ACP1 qui contient le maximum d'information était traité. Le traitement de cette néo-bande se fait sous plusieurs étapes :

- Détection de bord : c'est-à-dire que l'image va être lissée pour supprimer le bruit. Dans cette étape, le filtre appliqué est le filtre gaussien ;
- Création d'images de bord binaire ;
- Extraction des linéaments.

En suivant toutes ces étapes, la carte linéamentaire a pu être dressée.

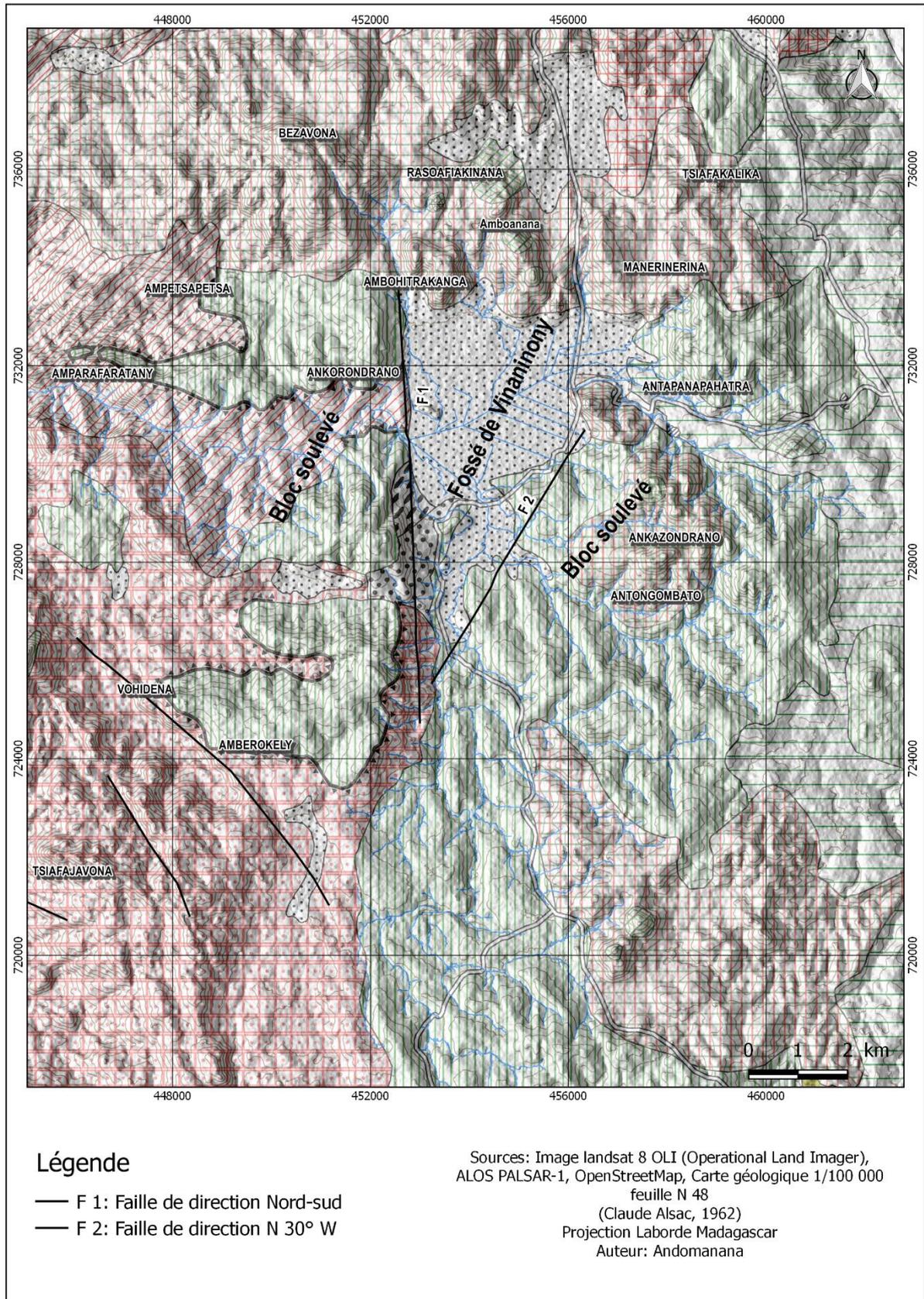


Figure 14. Carte linéaire de la zone de recherche

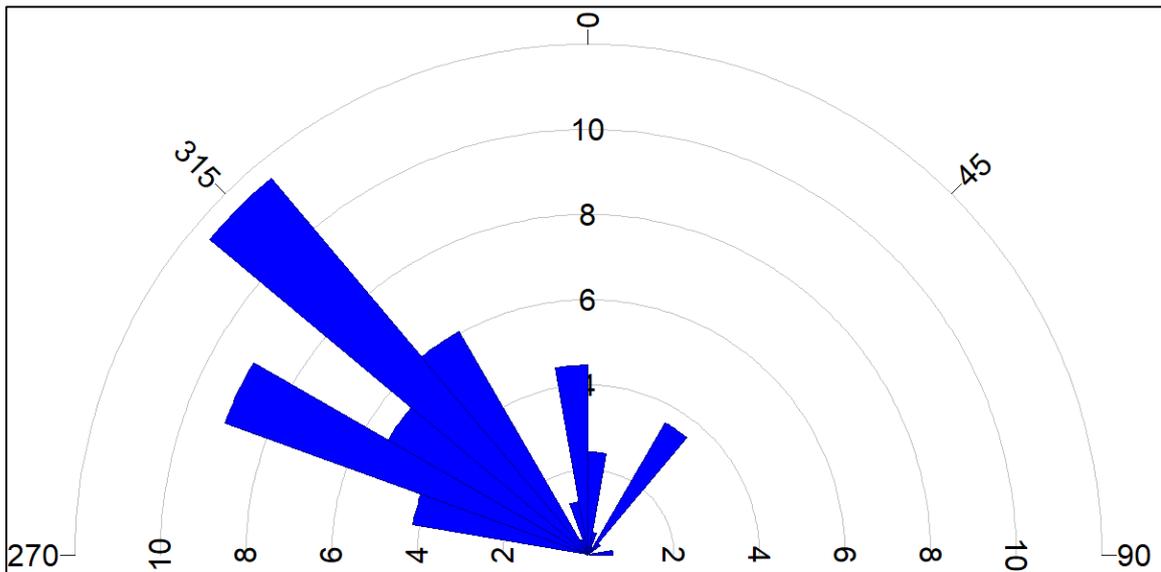
La carte linéamentaire met en évidence deux fractures de direction nord-sud et N 30 ° W. Ces deux fractures sont en effet les deux failles mentionnées par Mottet, G. en 1974.

Avec le logiciel, les linéamentaires tracées sont : les routes, la limite de la surface cultivée, la limite des forêts, les fleuves et les canaux de drainage. Dès lors, il y a une confusion entre les accidents géologiques et les autres linéaments que ce soit naturel ou artificiel.

Pour avoir plus de précision sur l'étude des linéaments, des contrôles des linéaments tracés par le même logiciel ont été effectués. De ce fait, les données obtenues sont exportées sur *Google Earth* en format « *kml* » pour analyser si le linéament correspond à une origine anthropique ou naturelle. C'est-à-dire que si le linéament correspond à une limite des surfaces cultivées ou limite des forêts ou des fleuves ceux-ci sont tous supprimés. Ainsi, les seules qui subsistent devraient correspondre à une fracturation. Cependant, le contrôle de linéament sur *Google Earth* ne suffit pas pour le classer en fracture du substrat. Ils ont été confrontés avec les textes écrits par Mottet dans sa thèse.

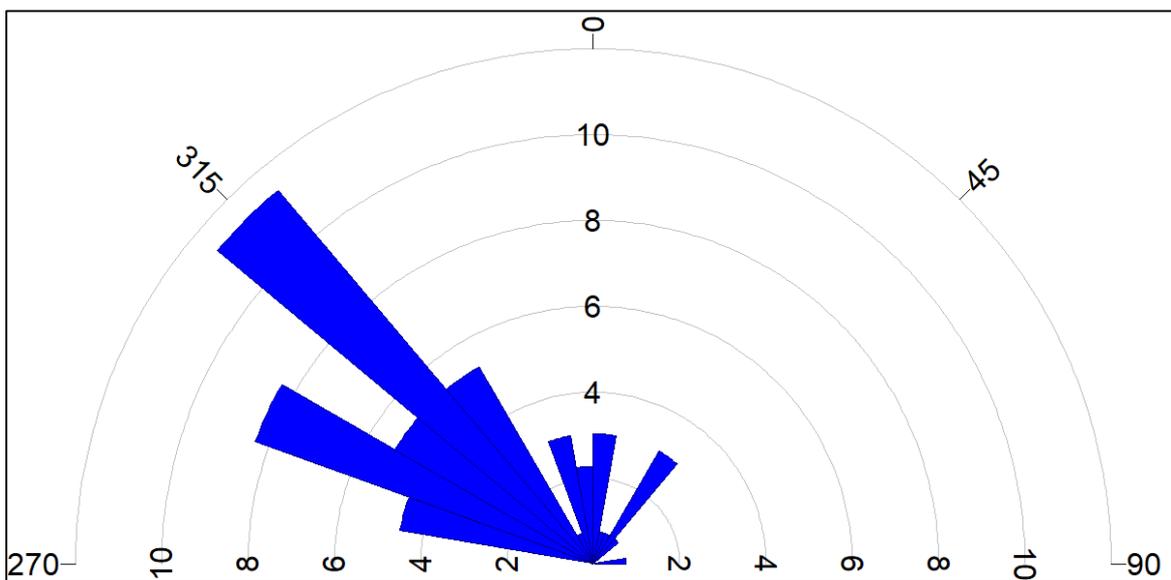
D'ailleurs, la carte obtenue est différente de celle de Mottet, G., car la carte linéamentaire (figure 14) ne montre pas une faille au nord de la cuvette. En effet, Mottet, G., mentionne l'existence d'une faille à la bordure septentrionale de la cuvette qu'il classifie de faille complexe perturbée par les failles nord-sud et N 30 ° W. Pourtant, l'étude des accidents géologiques par l'image satellitaire *Landsat 8* LOI/TIRS révèlent deux accidents géologiques à l'ouest et à l'Est de la zone de recherche. La carte obtenue est différente de celle de Mottet, car la carte issue de l'image satellite ne montre pas une faille au nord de la cuvette. Donc, l'existence de cette faille est douteuse, il peut seulement être une flexure due à l'effondrement de la cuvette de Vinaninony lors de sa formation.

Quant à la longueur et fréquence des fractures, les vecteurs linéamentaires obtenus sous le logiciel PCI Géomatica ont été traités sous le logiciel *rockworks16*. Ce logiciel démontre statistiquement la fréquence de longueur et la fréquence de nombre de linéaments sur une figure.



Source : Image Landsat 8

Figure 15. Fréquence de longueur des failles



Source : Image Landsat 8

Figure 16. Fréquence des nombres des failles

La longueur et la fréquence de fracture sont représentées par la rosace de distribution directionnelle (figure 15 et 16). Au total, il existe 66 fractures incluant les dykes, les filons et les failles. La longueur totale de linéament est de 73320, 85 m. Le linéament le plus important mesure 7440,39 m de longueur.

Les linéaments sont regroupés selon leur propre orientation, de ce fait, ils sont regroupés en dix classes d'orientation par croissance angulaire. L'image de rosaces de longueur et de

fréquence permet de représenter l'intensité de fracture selon leur direction. La direction nord-sud a la plus faible intensité puisque c'est l'une des failles qui constitue l'ouest de la cuvette de Vinaninony. Il en est de même pour la faille de direction N 30 ° W. Les deux failles ne représentent que 2 % des linéaments.

La direction la plus intense est la direction N 315° W. Ce sont les diaclases qui affectent le massif granitique des Vavavato. Ce linéament a une fréquence de 10 %, ainsi la distribution des fracturations sur la rosace directionnelle est homogène.

7.3. Rôle de la tectonique dans la mise en place de la cuvette

La formation de la cuvette de Vinaninony est liée avant tout aux formations volcaniques et tous les phénomènes qui y suivent. Pour Mottet, la fin du Miocène est considérée comme une période tectonique pour l'ensemble de Madagascar. De ce fait, grâce à la carte tectonique au 1/3 000 000 dressé par Henri Besairie en 1961, plusieurs failles ont été observées : la faille Nord 20 ° E appelée direction côte est et la faille Nord 20 ° W sous le nom de direction de Bongolava.

Si l'existence des failles dans la zone de recherches a pu être démontrée, il est maintenant nécessaire d'analyser leurs rôles dans la mise en place de la cuvette. En effet, la partie occidentale de Vinaninony est limitée à l'ouest par une faille de direction nord-sud (F1) et la bordure orientale est limitée par une faille de direction N 30 ° W(F2), Figure 14. Ces deux failles sont la cause de la formation de la cuvette de Vinaninony donnant ainsi une forme rectangulaire à la fosse d'effondrement. La faille nord-sud est très visible que ce soit sur le terrain ou sur la carte topographique puisqu'elle a été rejouée après le recouvrement basaltique Mi- pliocène (Mottet, G. 1974). Mais, la faille N 30 ° W est recouvert par des coulées volcaniques c'est pourquoi il est moins visible sur le terrain.

La faille nord-sud est une faille contraire, c'est-à-dire qu'il y a un renversement de pente. Ainsi, la rivière Vinaninony n'a pas pu franchir cette barrière puisqu'elle est bloquée par cette faille. Cette dislocation a entraîné un barrage de l'écoulement de la rivière de Vinaninony. De ce fait, elle tend à se concentrer dans le fossé d'effondrement formant ainsi un lac au milieu des massifs élevés.

La deuxième faille de direction N 30 ° W est difficile à apercevoir¹⁰ car elle est recouvert par un massif trachytique. En plus, ce massif s'est formés postérieurement aux formations de la cuvette de Vinaninony puisqu'elle a pu camoufler la cassure du substrat. Elle est une faille conforme, c'est-à-dire qu'elle a accentué l'inclinaison des couches.

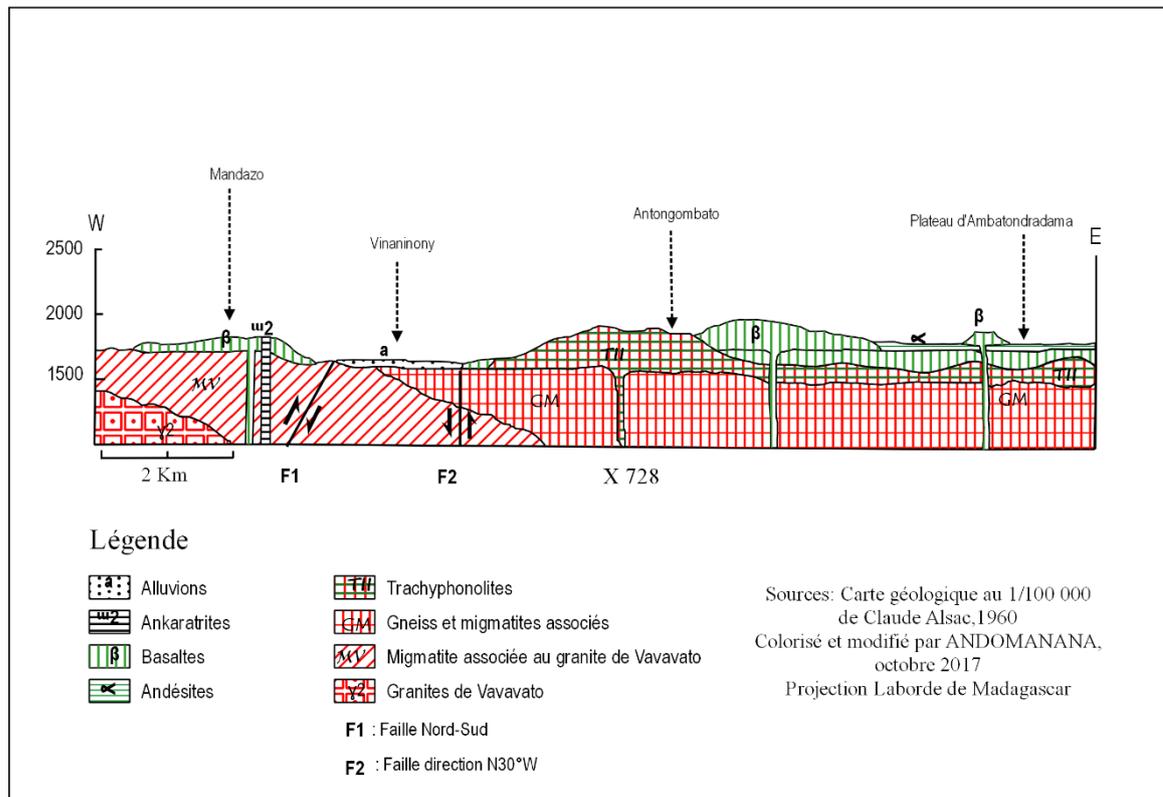


Figure 17. Coupe transversale dans la cuvette de Vinaninony

La figure 17 montre le rôle de la tectonique dans la mise en place de la cuvette. En effet, lorsque la faille nord-sud s'est formée, en même temps, un talus se forme, empêchant ainsi la rivière de s'écouler. Elle démontre aussi l'effondrement du bassin formant des blocs soulevés et un bloc affaissé.

L'effondrement de la cuvette est dû à l'évacuation des matériaux dans le massif volcanique. Pour combler ce vide, quelques parties du massif se sont effondrées donnant ainsi des dépressions dans le massif. Le bloc soulevé correspond au talus rectiligne qui se trouve à l'est et à l'ouest du bassin. De ce fait, les failles ainsi que le volcanisme ont modifié le cours de la rivière Vinaninony. En amont, la rivière Vinaninony est de type torrentiel puisque dans cette

¹⁰ Cf, sous-sous chapitre 8.2.1. Paragraphe 2. Page 49

partie de la cuvette les versants sont constitués par de pente forte (figure 17), traversant les blocs de basalte et le granite de Vavavato. En arrivant dans la cuvette, le cours d'eau change de régime. Il devient très calme puisque la pente est faible et aussi la compétence du cours d'eau s'affaiblie, engendrant ainsi une accumulation de sédiment dans la cuvette. La charge solide de la rivière est ainsi déposée au fond du lac ; au fur et à mesure que le dépôt s'accumule, la rivière a pu s'imposer à la forme. Celle-ci est le résultat du rehaussement du fond du lac.

Donc, les deux failles ont piégé les sédiments, par la suite ils ont participé à la formation de plâtitudes de la cuvette.

7.4. Les formations superficielles, témoin de la genèse de la cuvette

La cuvette de Vinaninony, un milieu effondré devenu un lieu de sédimentation des dépôts apportés par les différents cours d'eau qui drainent la cuvette.

Pour compléter les acquis sur la formation de la cuvette, quelques forages ont été faits. Ceci a pour objectif de savoir les formations superficielles qui constituent la cuvette.

7.4.1. Transect

Les profils de forage sont interprétés selon la classification de la FAO en 2015.

Le forage est fait avec une bêche (*angady*). Evidemment, ce n'était pas une bonne méthode puisqu'il n'est pas plus précis qu'un forage à la tarière. En effet, la *bêche* entraîne une perte des structures dans les horizons des sols et les profondeurs des horizons sont imprécises. Mais au moins en absence du matériel adéquat, il permet de voir les profils pédologiques.

Les fosses pédologiques forment un transect oblique perpendiculaire à l'écoulement des eaux vers l'exutoire du fleuve. La longueur du transect est de 1,4 km. Au total, 11 forages ont été réalisés tout au long de ce transect. D'ailleurs, les profils des forages n'ont pas été tous présentés. Seul ceux ayant des répercussions sur la recherche vont être affichés.

Ainsi, la figure 18 montre la localisation des forages dans la cuvette autant que les coupes naturelles. Cela dit, la notion des formations superficielles n'est pas facile à comprendre,

car « *elle est trop superficielle pour le géologue, trop profonde pour les pédologues* » (Pomerol, 2008, p. 11).

Par définition, les formations superficielles sont des formations continentales ou littorales, meubles ou secondairement induré provenant de la désagrégation mécanique (clastites), de l'altération chimique (altérites), de l'accumulation de matière organique (organites) ou des matériaux issus de : séismes (séismites), de volcanisme (volcanites), de l'action de l'homme (anthropique) (Dewolf, Y., 2008). L'étude des formations superficielles dans ce mémoire s'avère indispensable puisqu'elle est considérée comme témoin de l'histoire du relief terrestre.

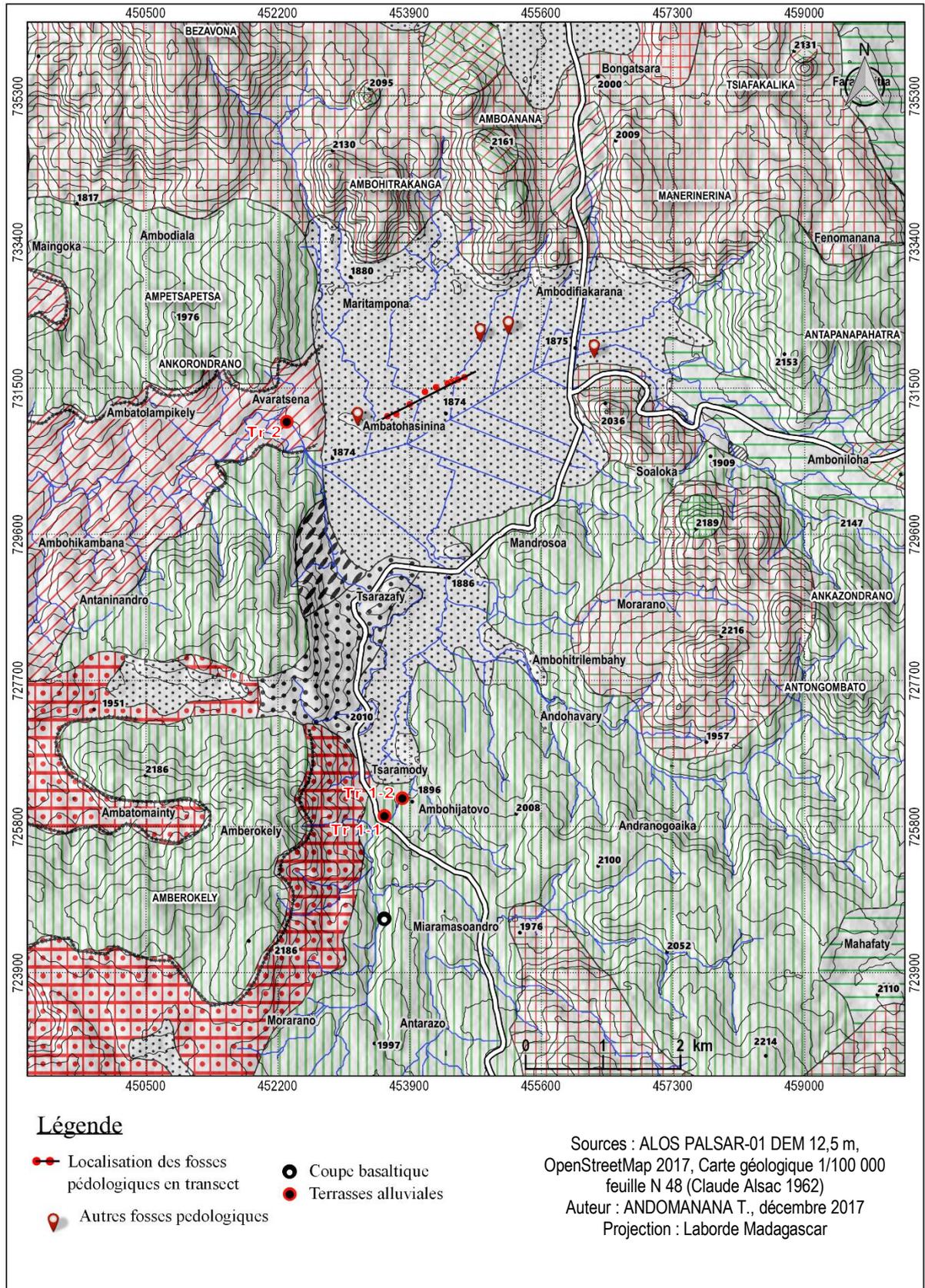


Figure 18. Localisation des forages et des coupes naturelles