

2.2. Analyse des documents cartographiques

L'utilisation des cartes était une phase inévitable puisque l'étude s'est basée avant tout sur des cartes. Ainsi, les cartes ont permis de retracer l'évolution du relief. L'utilisation des cartes et des photographies aériennes est très avantageuse. Cette méthode aide à comprendre les textes dans les ouvrages consultés. Celle-ci consiste à employer les différentes cartes comme la carte topographique au 1/100 000^e feuille N48 Faratsiho, la carte géologique au 1/100 000^e de Lenoble levée 1938 feuille N48 Faratsiho, afin de savoir le substrat géologique de la cuvette de Vinaninony.

La carte géologique constitue ainsi un support indispensable pour l'étude des formations géologiques. En effet, cette carte a été obtenue à partir du traçage des limites géologiques de chaque couche sur un papier calque, ainsi que les coordonnées géographiques pour le géoréférencer. Puis, le papier calque est numérisé. Pour ce faire, la première étape de la numérisation est le scan suivi de géoréférencement et la vectorisation sur le logiciel SIG. Cette carte a été consultée au sein de la cartothèque de la Mention Géographie et à Ampandrianomby.

En outre, la carte topographique a permis de délimiter la cuvette et de faire une analyse morphométrique. Avec cette carte, les différentes formes de relief qui constitue la cuvette de Vinaninony comme les reliefs élevés, les collines et les dépressions ont été connues. Donc, la carte a permis de faciliter la connaissance des formes du relief de la zone de recherches et de ses bordures. De plus, la carte topographique est bien utile sur terrain que sur table.

À part les cartes, des photographies aériennes et d'images satellites *LANDSAT 8* avec les capteurs OLI/TIRS du 22 juillet 2017 (185x185), de 30 m de résolution ont aussi été utilisées. Cette date a été choisie, car elle correspond aux saisons sèches durant lesquelles la couverture végétale est faible. Elle a beaucoup servi pour mieux voir les formations superficielles dans la cuvette et ses bordures. En effet, la couverture végétale est considérée comme un agent perturbateur pour la télédétection de la formation superficielle.

Les photographies aériennes complètent les lacunes sur les cartes topographiques. La cuvette de Vinaninony est couverte par des photographies aériennes (photographie aérienne compagnie 026/1949, scène 088, 089 et 090). Elles ont permis de se familiariser avec la zone de recherche avant de faire les travaux de terrain ; et aussi de retracer les phénomènes d'érosion et l'aménagement hydraulique dans la cuvette engendrant son assèchement.

Les photos aériennes, les images satellites ainsi que le MNT permettent de ressortir l'évolution de la cuvette. Plus précisément, de faire une évaluation de l'action de l'érosion sur les massifs volcaniques entourant la cuvette autant que l'assèchement de la cuvette qui est marqué par l'action anthropique.

Finalement, ces travaux ont permis de comprendre la zone de recherche et ses environs. Ils facilitent aussi les travaux de terrain sans les remplacer.

2.3. Outils d'analyse et traitement des données

Pour aboutir à la réalisation des supports cartographiques qui aident beaucoup à la compréhension de ce mémoire, l'utilisation des différents logiciels ainsi que des bases de données était nécessaire.

2.3.1. Outils d'analyse

La confection des cartes nécessite plusieurs outils. L'outil le plus utilisé était le logiciel S.I.G ou Système d'Information Géographique (QGIS version 2.18.16), c'est un logiciel libre. Nombreuses sont les cartes réalisées avec ce logiciel comme la carte de localisation, la carte géologique, la carte des itinéraires durant les travaux de terrains... Or, pour pouvoir faire une carte, l'utilisation des bases de données était nécessaire. Ainsi, les bases de données ont été cherchées et téléchargées sur les sites web concernés. À savoir, les bases de données libres sous forme de couches éditables sur un logiciel SIG comme les limites administratives de Madagascar, les routes, etc. proviennent des bases de données du BNGRC et de l'*OpenStreetMap*.

Aussi, des bases de données du MNT de résolution que ce soit 30 m ou 12,5 m ont été utilisés. Ces types de données sont en format image qui contient des données topographiques. L'utilisation du MNT a aussi contribué à la délimitation de la zone de recherche. En effet, la délimitation de la zone de recherche se fait à partir de la limite du bassin versant puisque le comblement de la cuvette est le résultat de la dynamique fluviale, de l'accumulation des sédiments qui sont des dépôts torrentiels ou lacustres au fond de la cuvette. Aussi, les reliefs qui entourent la cuvette de Vinaninony sont inclus automatiquement dans la zone de recherche.

De plus, l'utilisation de l'outil *Google Earth* (7.1.2) offre un grand atout puisque ce logiciel permet de capturer des images satellites de multitudes. L'utilisation de ces deux logiciels a renforcé la compréhension de la réalité sur la zone de recherches.

Le logiciel Microsoft Excel a été utilisé pour les traitements de données issus d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) pour la création du profil topographique.

De plus, le logiciel de télédétection ENVI (*Environment For Visualizing Image*, élaboré par la société « ITTVIS », version 5.0 et 5.1) pour le traitement des images satellites de différentes dates a été utilisé afin de distinguer les différentes formations superficielles dans la cuvette et ses bordures. Le logiciel permet aussi de corriger les anomalies géométriques sur les images satellites. Il aide à la réalisation de la carte issue de la télédétection.

Le logiciel PCI Geomatica est de même utilisé pour l'extraction des linéaments contenus dans les bandes de l'image *Landsat 8*.

Enfin, Rockworks16 est un puissant logiciel qui permet de calculer la longueur et la fréquence des linéaments et leur répartition statistique de l'orientation de plusieurs linéaments.

Lors des travaux de terrain, plusieurs outils étaient indispensables, comme le GPS qui sert à se localiser sur le terrain et à repérer les profils et les échantillons prélevés. Ces coordonnées ont été notées sur les fiches de terrain au cas où on a oublié de l'enregistrer sur le GPS. Un appareil photo, un cahier de terrain et des cartes (topographique, géologique, pré-carte formations superficielles), une bêche, des sachets pour mettre les échantillons des formations superficielles non reconnues lors des travaux de terrain.

2.3.2. Traitement de données

Le traitement des bases de données est nécessaire, car les données brutes ne sont pas vraiment utilisables ou leurs données ne suffisent pas pour pouvoir l'utiliser à notre guise. Prenant par exemple le MNT et l'image satellite, au début, ces données sont des données brutes dont ils nécessitent des traitements pour fournir des informations plus précises. De ce fait, le MNT est traité en éliminant les petits bassins qu'il contient. Et pour l'image satellite³, le traitement est essentiel puisque l'image présente des distorsions très visibles. Ainsi, elle nécessite des corrections géométriques pour éliminer cette distorsion. Et pour la correction radiométrique, le but de cette dernière est de corriger les données dues aux irrégularités des bruits provoqués par le capteur ou l'atmosphère. De plus, la création des nouvelles bases de données à partir des données brutes était importante : ce sont les néocanaux et les indices. Il s'agit de l'ACP, de l'indice de rougeur, de l'indice de végétation, de l'indice de clarté et de

³ cf. Annexe 1.

l'indice de brillance. Les indices ont été utilisés pour pouvoir dresser la cartographie des formations superficielles. Cependant, le choix de composition des bandes d'images satellites était difficile.

Pour choisir la composition en fausse couleur, l'utilisation des propriétés optiques des constituants des formations superficielles est requise. Voici un exemple de leurs propriétés optiques :

Tableau 1. Propriétés optiques des constituants des formations superficielles

Constituant des formations superficielles	Longueur d'onde
Ions ferreux et ferriques	0,63 - 0,69 μm
Goethite et hématite	0,48 - 0,53 μm
Minéraux argileux	1,4 - 1,82 μm 1,4 - 1,9 μm
Matière organique	0,65 et 0,84 - 0,88 μm
Roche siliceuse	9 μm
Eau piégée dans la structure cristalline	1,6 - 1,25 μm
Gypse	1,8 - 2,5 μm

Source : Dewolf Y et al., 2008

De ce fait, les bandes 764⁴ ont été choisies pour une première approche d'étude cartographique des formations superficielles, car elles contiennent les longueurs d'onde recherchées pour l'étude.

La composition colorée est déterminée par la classification non supervisée de type « isodata ». Cette classification calcule les moyennes de nombre de classes, régulièrement distribuées dans l'espace des données. Puis, par itérations successives, cette méthode va affecter les pixels restants au centre des classes sur la base de leur distance minimum. À chaque itération, les moyennes sont alors recalculées. Les pixels sont reclassés en fonction des nouvelles moyennes. Ce calcul continue jusqu'à ce que le taux de pixels changeant dans chaque classe est inférieur au seuil fixé par l'utilisateur ou que le nombre de l'itération soit atteint (Lacombe J.P., 2008). Ainsi, le nombre de classes obtenu est de sept (figure 2). Cette carte a été emportée sur le terrain pour la confronter à la réalité.

⁴ Annexe 3

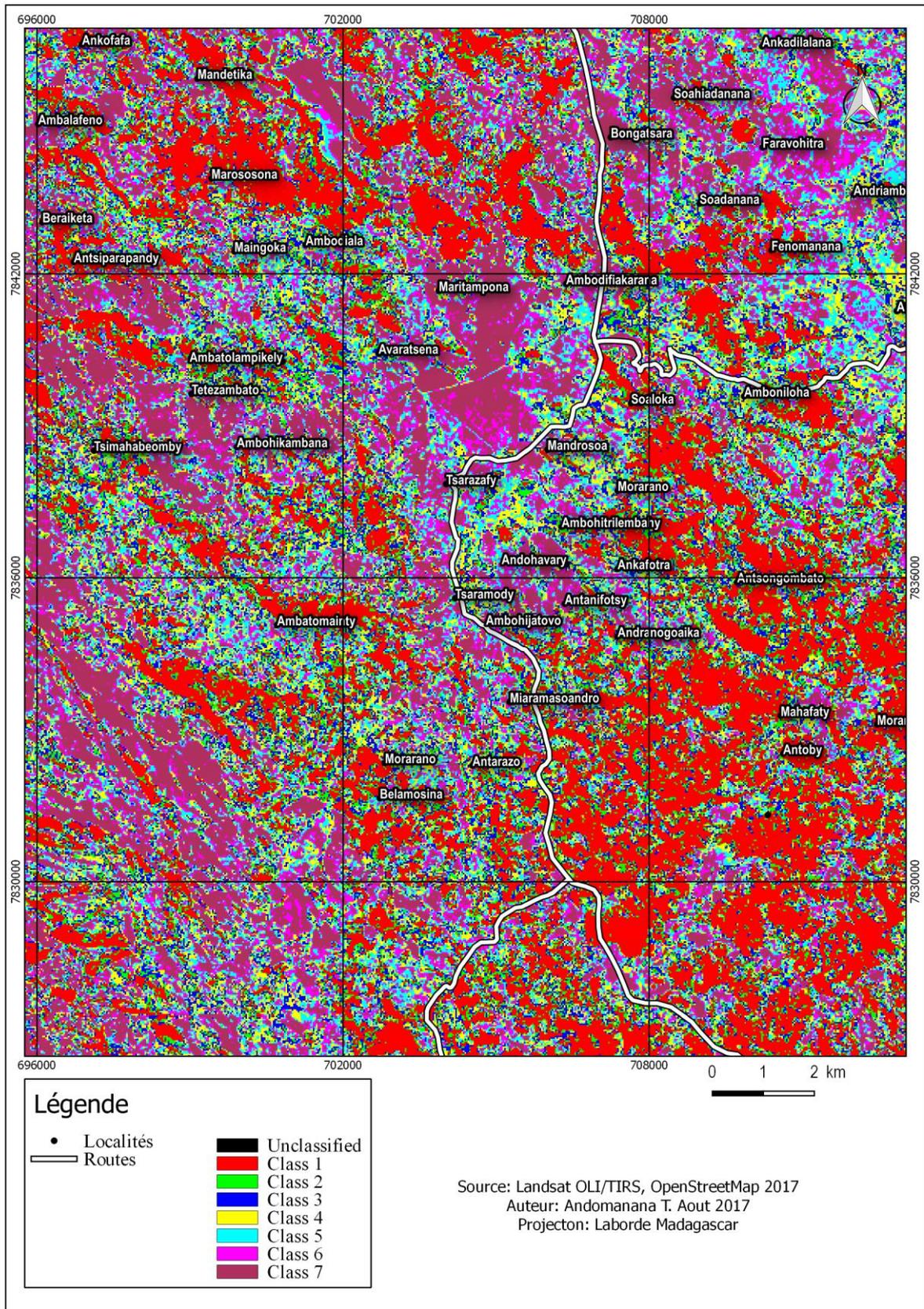
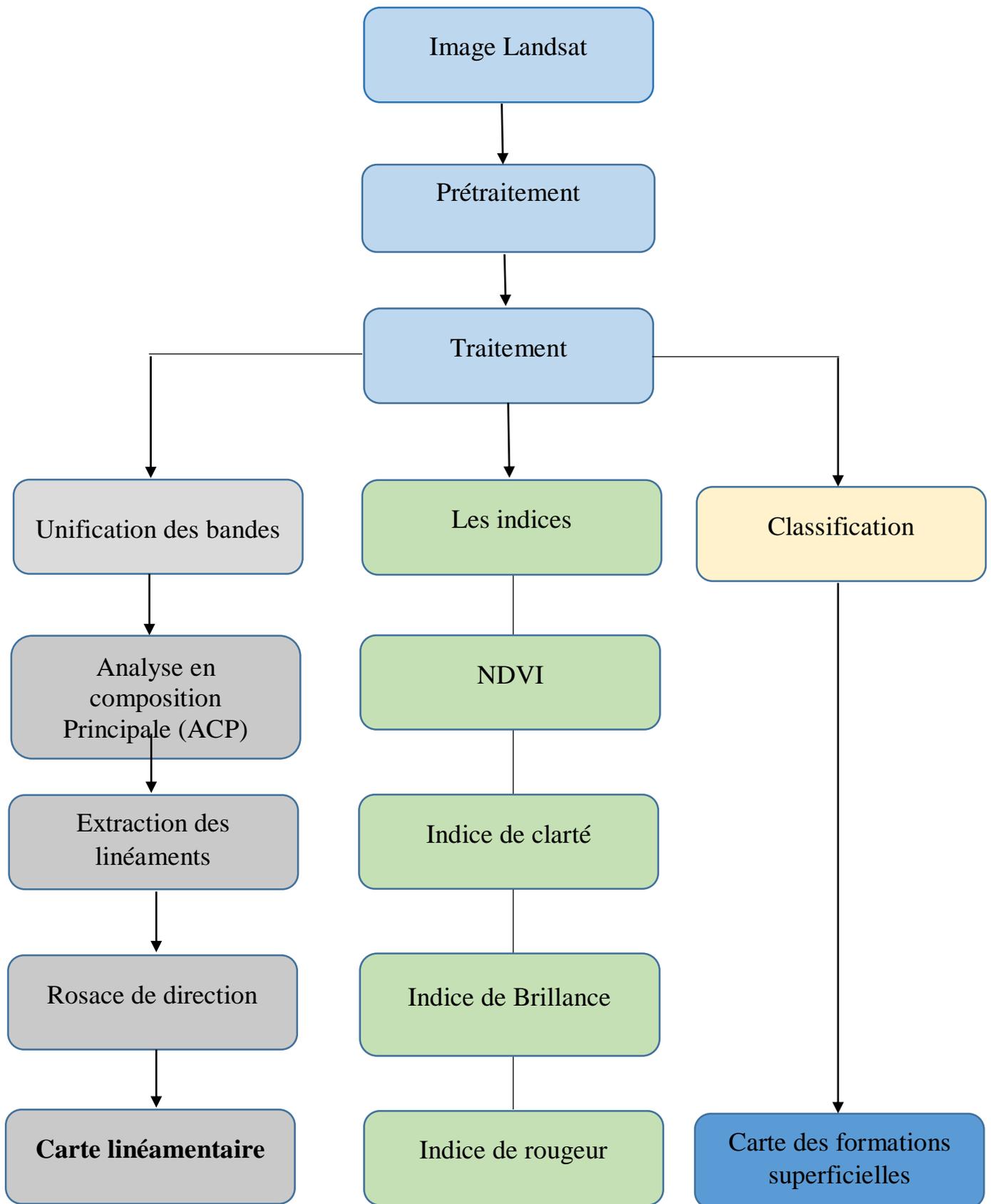


Figure 2. Carte préreconnaissance des formations superficielles

Cependant, lors des travaux de terrain, la classification ne correspond pas aux réalités sur le terrain (figure 2). Les alluvions et les granites ainsi que les lithosols sont classés par le logiciel dans une même catégorie. De ce fait, dès notre retour, choisir la combinaison des bandes est devenu prioritaire. Cependant, malgré la composition colorée choisie, il existe toujours des formations superficielles mal discriminées. Alors, il faut recourir aux compositions principales suivantes : les bandes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 vont donner CP 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8. Ainsi, les trois premiers ACP sont classés afin de montrer une meilleure discrimination entre les différents types de formations superficielles qui constitue la cuvette et ses bordures. (Annexe 1).

Bref, après les travaux de terrain, la composition colorée choisie est clarifiée avec la classification supervisée, car la localisation des formations superficielles dans la cuvette était connue après cette étape. Elles ont été classées en 9 classes. Le type de classification est le maximum de vraisemblance. C'est-à-dire la distribution des pixels dans chaque classe suivent une loi normale. Chaque classe est définie par une courbe de densité de probabilité. La méthode calcule la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée. Le pixel sera affecté à la classe avec laquelle la probabilité est plus élevée. (Lacombe, J.P., 2008).



Source : ANDOMANANA Tafita, octobre 2017

Figure 3. Organigramme des différentes étapes pour la réalisation de la carte linéament et formations superficielles

2.4 Problèmes rencontrés et limites de la recherche

Pendant les différentes étapes de la recherche, de nombreux problèmes ont été rencontrés. Lors des travaux bibliographiques, l'état de certaines livres ne peut résoudre nos objectifs, car elles sont trop usées et parfois ils manquent des pages, généralement les plus intéressants.

Ce problème concerne aussi les cartes. En plus, le problème se focalise sur la numérisation (numérisation et géoréférencement). Or, cette étape s'avère incontournable pour que les cartes soient acceptables et utilisées comme fonds d'interprétations. Toutefois, la numérisation a été assez difficile puisque la carte n'est pas pliable. Alors, la nouvelle carte obtenue reste floue.

Lors des travaux de terrain, le problème se situe au niveau des infrastructures routières. Les voies de communication dans la zone de recherche sont des routes secondaires, inaccessibles pendant la saison des pluies.

Le problème le plus frappant dans la zone de recherche est l'insécurité. En effet, le mois d'octobre s'avère un mois dur pour les paysans et qu'ils l'appellent « *andro mafy* », sur ce, ils se dérobent entre eux. Aucun garanti ni de poste avancé pour surveiller le territoire. Les surveillances pendant les nuits fatiguent les producteurs.

L'un des problèmes était aussi la platitude du fond de la cuvette. En effet, le centre de la cuvette est très plat ce qui n'a pas permis de voir les formations superficielles. En plus, la rivière ne s'est pas encaissée dans cette zone. Par conséquent, c'était difficile de voir les formations superficielles.

Un des problèmes à ne pas négliger c'est le comportement de la population locale qui est très réservée. Dès qu'elles voient un étranger, elles pensent aux exploitants de saphir parce qu'en ce moment il c'est un sujet très répandu dans la commune.

De plus, concernant le drainage de la cuvette, les paysans ont chacun leur calendrier sur le drainage à Vinaninony ce qui risque d'engendrer une confusion dans notre base de données. Donc, la recherche des documents sur ces travaux dans les archives de la commune a été nécessaire. Malheureusement, ces documents restent introuvables, car d'après les dirigeants, les paysans ont révolté le 20 août 2007⁵ et ont brûlé plusieurs documents communaux.

⁵ Mécontentement de la population envers les forces de l'ordre.

Dans le cadre de la réalisation de la carte des formations superficielles, les formations végétales posent de problème puisqu'elles sont considérées comme des bruits qui perturbent la réponse radiométrique du sol. De plus, pour aboutir une carte des formations superficielles précise, il s'avère nécessaire de mesurer les propriétés optiques de chaque formation superficielle en laboratoire afin de les classer sur une image. En outre, l'image *Landsat* permet de ressortir les différentes formations superficielles. Pourtant, sa résolution ne convient pas vraiment à la zone de recherche. Malgré cela, le travail doit avancer. Donc, l'utilisation d'image de haute résolution Spot est requise pour des formations superficielles détaillées. Cependant, l'image Spot est chère, alors on s'est contenté de l'image *Landsat*.

Pour compléter cette étude, les enquêtes auprès de la population riveraine s'avèrent très utiles pour finaliser la recherche.