

Echantillons des sols de la plaine de Marovoay

Sur terrain, nos tâches sont multiples. Nous avons organisé notre descente en débutant par familiariser la zone d'étude. Nous avons donc commencé par diverses approches avec les paysans.

Ensuite, nous avons continué par l'observation de la zone suivie de la collecte des échantillons. Nos travaux du terrain se sont terminés par la visite des projets et programmes scientifiques existants à Marovoay.

IV.1 Matériels du terrain

Pour un géologue effectuant une étude sur terrain, des matériels sont indispensables et sans ces appareils, la descente peut aboutir à un échec total ou partiel du travail. Pour notre cas, nous avons amené un GPS qui sert à obtenir les coordonnées géographiques (Latitude, Longitude et l'altitude). Des sacs à échantillons sont utiles pour les différencier en fonction de leur nom indiqué sur le sac. Un carnet de terrain ne doit pas être négligé car c'est un outil indispensable pour une descente sur terrain. Les autres matériels sont le stylo, le marqueur, un Smartphone pour la prise des photos.



Photo 2: Matériels du terrain

A : GPS Garmin ; B : Smartphone (appareil photo) ; C : Carnet du terrain ; D : Marqueur

IV.2 Enquêtes

Notre descente sur terrain a eu lieu le 5 au 15 septembre 2015 durant laquelle nous avons effectué plusieurs travaux pour satisfaire l'étude selon nos moyens (déplacement à pieds aux environs de la Communes Urbaine et Rurale de Marovoay). Des entretiens ont été faits avec plusieurs personnes. Ces personnes sont des paysans riziculteurs, des responsables au sein de l'autorité (Président Fonkotany, administrateur civil de la Commune de Marovoay, etc.) ainsi que des techniciens des projets et/ou programmes locaux (FBM, BVPI, PLAE) de la zone. Les enquêtes effectuées concernent l'historique et la situation actuelle de l'agriculture dans les plaines de Marovoay.

IV.3 Echantillonnages

Nous avons pu prélever 12 échantillons des sols de la plaine de Marovoay durant notre descente. Nous avons choisi de prélevé ces échantillons pour connaître l'existence de la salinité des sols de la rizière. Ces échantillons sont pris selon leurs emplacements par rapport à la mer dans le but de vérifier si cette distance a un effet remarquable pour le taux de salinité de chaque échantillon (de la côte vers l'intérieur). Nous les avons donc pris à des différents endroits selon ce principe. A chaque lieu de prélèvement, nous avons essayé d'obtenir deux échantillons dont l'un en surface et l'autre à peu près à 20cm en profondeur au même point de prélèvement car le taux de salinité peut être différent dans ces deux cas. Cependant, il y a des endroits où nous n'avons pas pu prendre des échantillons qu'en partie superficielle faute des moyens (Echantillons P5/1 TETI et P6/1 TETI).

Les coordonnées de prélèvement de chaque échantillon sont données par le tableau ci-dessous (tableau 6), des coordonnées obtenues à partir du GPS Garmin. Ces coordonnées sont initialement en degré minute seconde sur le GPS.

Sur ce tableau, chaque échantillon porte le nom PX/Y ZONE ou X varie de 1 à 8 et indique l'ordre de la collection, Y indique que l'échantillon a été pris en surface (Y=1) ou en profondeur (Y=2).

Tableau 6: Echantillons des sols de la plaine de Marovoay

Echantillon	Coordonnées		Altitude Z (m)
P1/1 AMB P1/2 AMB	E : 046° 06' 44.01''	S : 16° 09' 56.0''	15
P2/1 AMB P2/2 AMB	E : 046° 6' 42.87''	S : 16° 09' 9.37''	6
P4/1 AMBALA P4/2 AMBALA	E : 046° 06' 52.96''	S : 16° 11' 02.9''	2
P5/1 TETI	E : 046° 54' 03.6''	S : 16° 07' 7.26''	5
P6/1 TETI	E : 046° 63' 47.7''	S : 16° 06' 8.77''	5
P7/1 TETI P7/2 TETI	E : 046° 63' 42.4''	S : 16° 06' 8.19''	5
P8/1 TETI P8/2 TETI	E : 046° 63' 39.6''	S : 16° 06' 8.87''	6

Remarque :

- L'échantillon P3/1 AMB ne se figure pas dans le tableau car il s'agit d'un échantillon indiquant une formation sédimentaire dans la zone étudiée.

CARTE D'ECHANTILLONNAGE

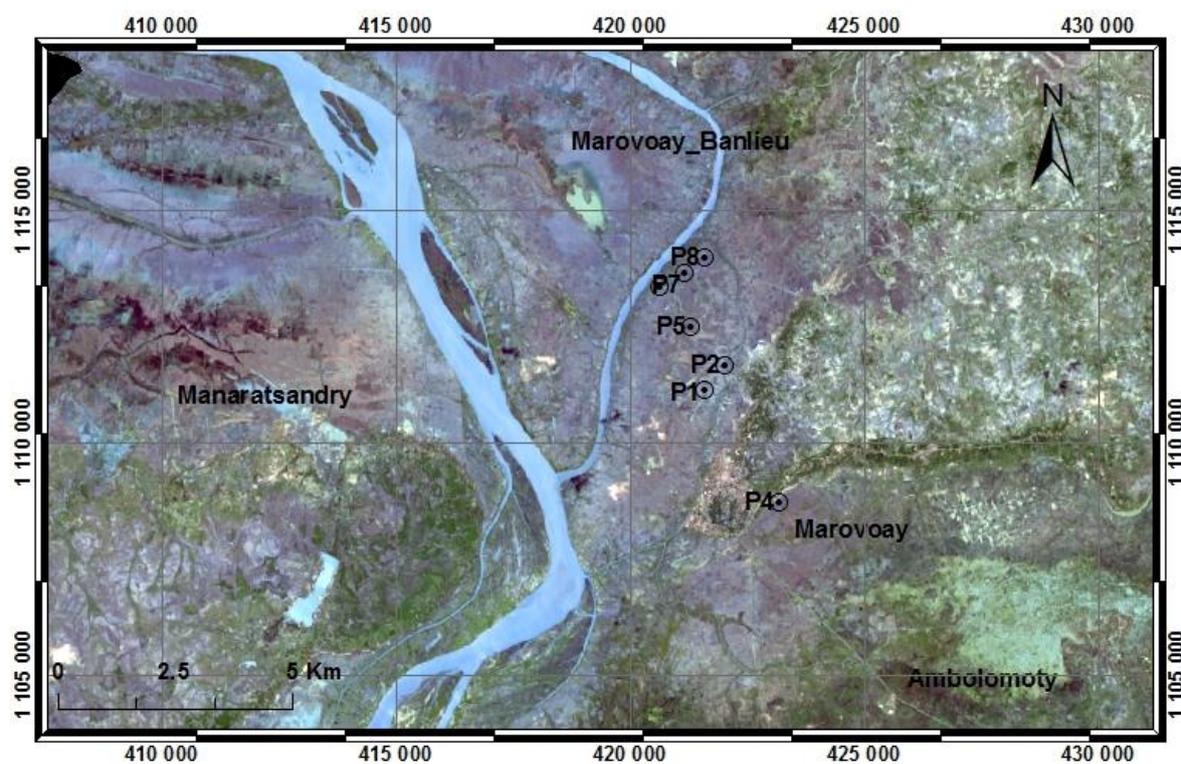


Figure 16: Points d'échantillonnages
Source : Image Landsat 8 de l'USGS

Chapitre V. ANALYSES AU LABORATOIRE

Après avoir fait notre étude sur terrain, notre première attention est de faire l'analyse des échantillons. Une analyse qui a pour but d'évaluer le taux de salinité ainsi que de savoir le pH de chaque échantillon. La méthode basée sur les mesures de la conductivité électrique (CE) du sol est généralement acceptée comme la plus efficace pour la quantification de la salinité des sols [23]. La conductivité, inverse d'une résistivité électrique (en ohms), a longtemps été exprimée en mhos (en inversant l'ordre des lettres). Cette analyse a été réalisée sous la directive d'un technicien de Laboratoire du Génie Chimique de l'ESPA sis à Vontovorona. Pour la réaliser, nous devons passer par plusieurs étapes et aussi avons besoin d'utiliser plusieurs matériels. Ces diverses étapes sont les suivantes :

V.1 Analyses physiques

Plusieurs étapes sont obligatoirement à suivre durant les travaux de laboratoire. Ces étapes sont les suivantes : séchage des sols, broyage et enfin le tamisage. Une fois ceux-ci terminés, on peut ensuite continuer le travail pour les analyses chimiques.

Voici donc l'étape des analyses physiques nécessaires pour les travaux du laboratoire :

- **Séchage** : le premier travail à faire est le séchage des échantillons en utilisant le four électrique. Le temps de séchage est de 24 heures pour chaque échantillon dont le but est d'éliminer l'humidité de sols qui est impactée par sa nature, ainsi que les conditions météorologiques de la zone de prélèvement.
- **Broyage** : après le séchage, le broyeur à boulets a été utilisé.
- **Tamisage d'échantillon** : Les sols broyés ont encore une granulométrie hétérogène, ce qui nous oblige à utiliser un tamis afin d'obtenir des poudres de sols à une taille homogène de 80 μ m.

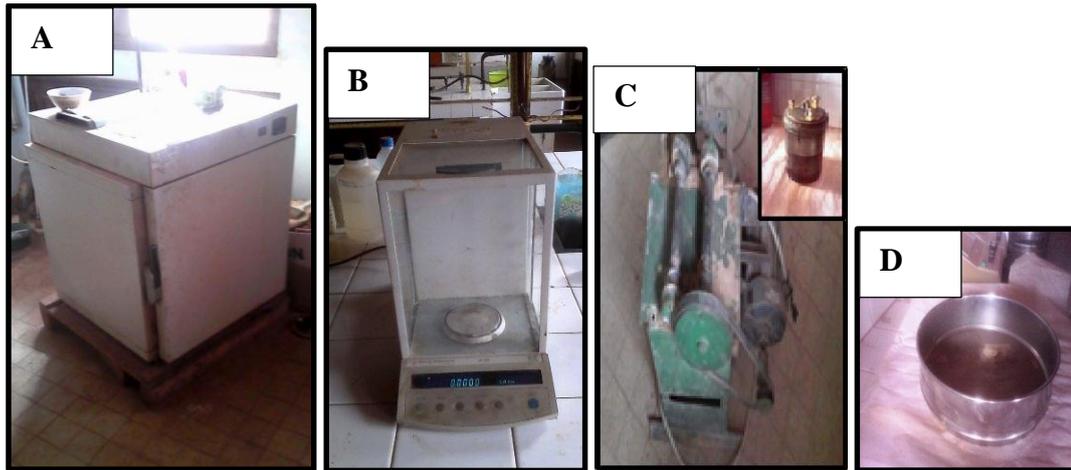


Photo 3: Matériels du Laboratoire du Génie Chimique de l'ESPA utilisés

A : Four électrique ; **B :** Appareil de mesure de la Masse (gramme); **C :** Système de Broyage à boulets ; **D :** Tamis 80µm

V.2 Analyses chimiques

V.2.1 Agitation/lixiviation

Matériels utilisés : agitateur + béccher

Au sein du laboratoire de Génie Chimique, deux appareils d'agitateur ont été utilisés pour obtenir une solution de sol saturée.

On a mesuré 2 g d'un échantillon (figure 17) puis on l'a agité dans 100 ml d'eau distillée pour une durée d'environ douze heures (photo 4) puis le laisser se décanter pendant quelques heures (3 à 4 heures).

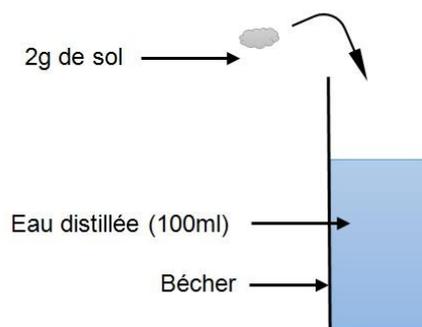


Figure 17: Préparation des sols à agiter dans l'eau distillée



Photo 4: Agitation de sols dans l'eau distillée

V.2.2 Filtration

Matériels utilisés : bécher, entonnoir et papier filtre

L'objectif de cette étape est d'obtenir la solution des sols saturés d'eau saturée.

Le papier est emballé pour que le filtre soit bien effectué sans fuite, puis on le met dans l'entonnoir et on place le tout au-dessus du bécher (figure 18). Lorsque ces matériels sont prêts, on verse doucement la solution du sol agitée dans l'eau distillée vers le papier filtre. La durée de filtration est estimée d'environ 2 à 3 heures.

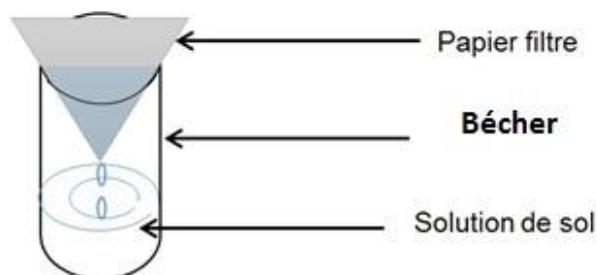


Figure 18: Système de filtrage de la solution de sol saturée d'eau

V.2.3 Mesure du pH et de la Salinité

Matériels utilisés : pH-mètre, Conductimètre à tube à essai

La salinité de sols a été longtemps mesurée par la résistivité des extraits de sol, qui permet de calculer leur teneur en sels solubles. Cette salinité s'exprime en conductibilité spécifique à 25°C, de la solution obtenue à partir du sol, soit le C.E à 25°C en mmhos/cm. Nous avons utilisé comme appareil de mesure la conductimètre (*conductivity metter* HI 8033).

Caractéristique du conductimètre HI 8033

Cet appareil est parmi les appareils de mesure de la conductivité les plus complets. Son utilisation est simple et donne des valeurs fiables pour certaines analyses.

On peut l'utiliser pour la mesure de la conductivité électrique d'ordre supérieure à 3. La conductivité de la solution dépend de la température et, pour cette raison, la température de mesure a été placée à une température standard de 25°C. Heureusement, notre appareil de mesure HI 8033 comme le HI 8633 et HI 8734 compensent manuellement pour une température différente de 25°C.

Mode d'utilisation

Premièrement, on allume l'appareil en le mettant dans la position de la salinité (S). Une fois allumé, on met dans le tube à essai la solution de sol saturée, et lorsque le tube à essai sera rempli, le chiffre initialement zéro (000) va changer selon le degré de salinité de la solution en question.



Photo 5: Conductimètre

Chapitre VI. LES OUTILS SIG

La notion du Système d'Information Géographique (SIG) et de la télédétection est utile pour la compréhension de l'évolution de l'ensablement dans la zone étudiée et aussi pour la production des divers types des cartes. Dans cette étude, notamment pour la notion du bassin Versant, la réalisation des cartes sont indispensables. Ces cartes sont diverses : carte géologique, carte des réseaux hydrographiques, carte des reliefs, cartes de localisation de la zone et carte d'occupation des sols. Pour que ces cartes suivent la norme, nous devons avoir des données à traiter à partir d'un logiciel SIG. Outre les cartes, il y a aussi les travaux de délimitation qui concerne la délimitation du District de Marovoay par rapport aux Districts environnants. La délimitation du Bassin Versant de Marovoay est aussi un autre travail qui nécessite une notion sur le SIG.

VI.1 Les données

Des données géologiques, topographiques et géographiques sont indispensables pour certains traitements. Ces données sont citées par la suite, suivie de leurs caractéristiques.

VI.1.1 Les données rasters

Ce sont des images, avec comme unité de base le pixel (figure 19). Ces images ne permettent pas d'association avec des données alphanumériques en dehors des attributs de chaque pixel. Ces attributs sont peu intéressants pour l'utilisateur de SIG désirant réaliser des cartographies statistiques, puisque celui-ci ne peut connaître que les caractéristiques de chaque pixel de base, et n'a aucune information concernant un secteur géographique plus vaste. De plus, ces attributs ne sont pas modifiables et ne peuvent pas être enrichis d'autres informations. Il est, en effet, possible de créer des données vectorielles à partir des images raster.

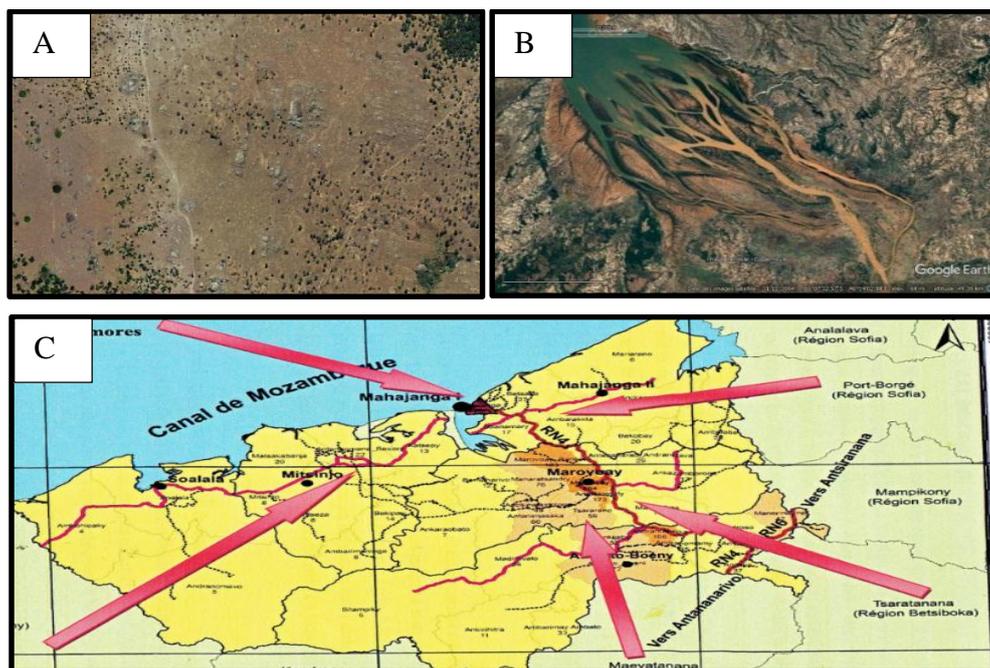


Figure 19 : Exemples des données rasters

Source : A : extrait d'une orthophoto aérienne d'Avaradrano, Antananarivo ; B : image satellitaire prise par le logiciel *Google Earth* ; C : image scannée [19]

VI.1.2 Les données vecteurs

Les éléments géographiques représentés grâce à des données vecteurs sont localisés par des coordonnées (X, Y). Ils sont constitués de trois types d'entités : point, ligne et polygone. Les points servent à la représentation de symboles ponctuels : ville sur une carte, arbre sur une parcelle, des points d'échantillonnages, etc. Les lignes servent à représenter les routes, rivières, les réseaux hydrographiques, etc. Les polygones servent à représenter tous les objets surfaciques : régions, parcelle sur une carte du District, parcelle sur une carte communale, carte géologique, etc.

Les données vecteurs traitent les objets géographiques individuellement, c'est ce type de données qui va principalement servir pour la réalisation de cartographies statistiques. Elles permettent en effet d'individualiser des secteurs géographiques et d'y associer des attributs quantitatifs (*attribut table*). Le type de fichier utilisé dans ce travail est le format de fichier « *shape* » ou couche (.shp), forme qui traite diverses entités de façon indépendantes, sans relation spatiale.

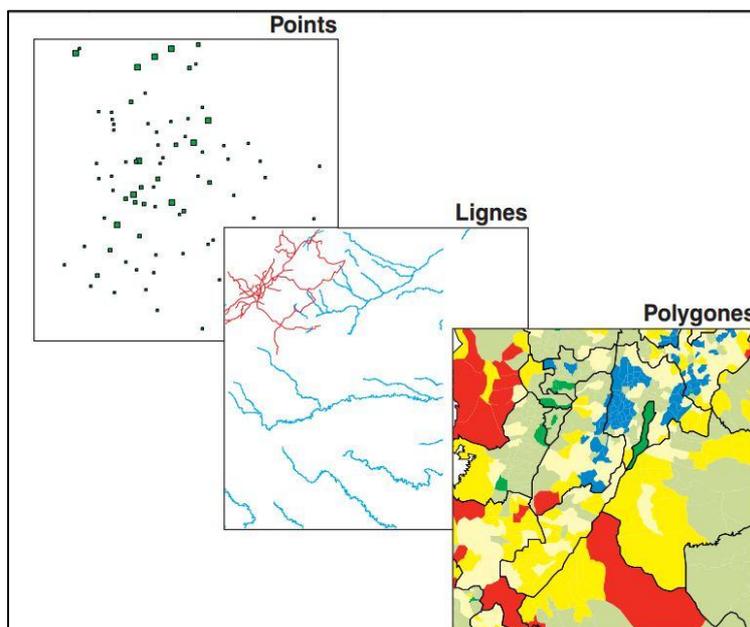


Figure 20: Données vecteurs

Source : [07]

VI.2 Les Logiciels

Trois différents logiciels sont utilisés pour satisfaire notre recherche. *Google Earth* est utilisé pour obtenir des images satellitaires sous le format JPG. ArcGIS et Envi sont les logiciels de traitements de données.

VI.2.1 Google Earth Pro

Google Earth Pro est un logiciel qui nous permet de voyager dans le monde via un globe virtuel et d'afficher des images satellites, des plans, des reliefs et des bâtiments en trois dimensions (3D). Il s'agit d'un logiciel qui contient des images de grande résolution de l'ordre de 30m à 60cm (SPOT, *Quickbird*, *Ikonos*,...). Ces images sont issues d'entreprises de commercialisation d'images et sont archivées sur le serveur de Google Earth qui est accessible par connexion à l'internet. Elles sont mises à jour au fur et à mesure. Le logiciel *Google Earth* existe sous plusieurs versions, une version gratuite et une version payante *Google Earth Pro*. Dans les deux cas, l'utilisation gratuite des images présentées par le logiciel n'est autorisée que par des captures d'écran ou une utilisation en ligne. Ce logiciel est utilisé dans notre cas comme outil de collecte de données. Les données que nous avons obtenues sont des images satellitaires prises à des différentes années (données multi-temporelles).



Photo 6: *Google Earth Pro*

Source: Interface d'ouverture du Logiciel *Google Earth*

VI.2.2 ArcGIS 10.2

Le logiciel ArcGIS est un logiciel du Système d'Information Géographique (SIG). Il s'agit donc d'un outil informatique nous permettant d'intégrer, de localiser et de représenter des données qui ont ou non une dimension géographique. Comme il s'agit d'un SIG, ses principales fonctions sont donc :

- La saisie, le stockage et la gestion de données
- Le traitement, l'analyse, la sélection et l'affichage de données.
- La production de cartes, des rapports, tableaux et autres synthèses d'information.

VI.2.2.1 Fonctionnement du logiciel

Ce logiciel est un système regroupant des logiciels clients c'est-à-dire ArcView, ArcEditor, ArcInfo et ArcExplorer ainsi que des logiciels serveurs qui sont l'ArcSDE et ArcIMS.

ArcView : c'est un SIG permettant de visualiser, d'interroger, d'analyser et de mettre en page les données. Il fournit des outils interactifs pour explorer, sélectionner, afficher, éditer, analyser, symboliser et classifier les données ou pour créer automatiquement, mettre à jour ou gérer les métadonnées.

ArcCatalog: il fournit à l'utilisateur des fonctions de :

- Manipulation des données (créer, définir, déplacer, renommer, ...)
- Consultation des données (affichage, interrogation,...)
- Documentation des données (métadonnées)

ArcMap : c'est l'application centrale d'ArcView qui permet de réaliser les tâches suivantes :

- Visualiser des données spatiales et attributaires (étiquetage, symbologie, filtrage d'entités, ...)
- Saisir et mettre à jour ces données (numérisation d'entités, saisie de données attributaires, fonctions de capture, fonctions de construction, ...)
- Analyser et croiser les différentes couches d'information (interrogation, sélection, croisement, création de zones tampon, calcul d'itinéraires, ...)
- Créer des mises en page cartographiques afin de présenter ces résultats (cartes, rapport, diagrammes,...)
- ArcToolBox : elle permet de traiter les couvertures, les grilles, les TIN, ... elle présente également un ensemble de plus de cent outils de conversion, de traitement et d'analyse présentés sous la forme d'assistants.

VI.2.2.2 Délimitation du Bassin Versant de Marovoay

Malgré la possibilité du traçage du bassin versant manuellement en utilisant une carte topographique d'une zone, l'évolution de la technologie dans le domaine scientifique permet d'utiliser la méthode numérique pour délimiter le BVM en utilisant des données vecteurs (*Shape file*) et des données raster (SRTM Madagascar) produit par la FTM, sous ArcGIS 10.2.2. Comme il s'agit d'un traitement des données à partir d'un logiciel sans reconnaissance de la caractéristique statique des sols du BV, le bassin obtenu est un bassin versant topographique, l'obtention du bassin versant hydrologique demandera encore plus un travail sur terrain pour la reconnaissance de la nature des sols. Selon la définition d'un BV, le BVM est obtenu de la façon que tous les excédents s'écoulent par une seule section à l'exutoire, l'exutoire du BVM se situe dans le fleuve de Betsiboka. Le travail est réalisé à partir de ce principe. Connaissant la continuité du fleuve de Betsiboka, le bassin aura une surface très vaste mais comme il s'agit du BVM, le traitement concerne seulement la surface incluse dans la limite administrative du District de Marovoay.

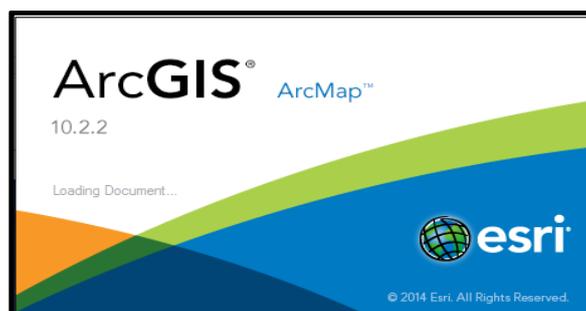


Figure 21: ArcGIS 10.2.2

Source : Interface d'ouverture du logiciel ArcGIS

VI.2.3 Envi 4.5

C'est un logiciel de la télédétection. Par définition, la télédétection, *Remote Sensing* en anglais, est l'ensemble des méthodes qui permet de connaître à distance les propriétés d'un objet ou d'un terrain. D'une manière plus particulière, ce mot désigne actuellement les méthodes qui utilisent des capteurs embarqués à bord de satellites artificiels permettant d'obtenir des images ressemblant à des photographies.

Envi 4.5, en son tour, permet le traitement de ces données à partir de la réflectance, qui est une propriété spectrale capable d'identifier des objets de la surface terrestre. En effet, cette méthode permet la connaissance des signatures spectrales des objets sur une image comme l'occupation des sols dans cette étude.



Figure 22: Logiciel Envi 4.5 version
Source : Interface d'ouverture du Logiciel ENVI 4.5

VI.2.3.1 Méthodologie de l'analyse spatio-temporelle de l'occupation des sols

La notion de la télédétection optique est utilisée pour la classification de l'occupation des sols. La télédétection passive applique les méthodes optiques par l'enregistrement des rayons visibles et l'infra-rouge émis, réfléchi ou réfracté.

Les photographies aériennes, les SPOT, Landsat et IKONOS sont des données utilisables pour ce genre de traitement.

Cette étude met en valeur la connaissance des objets qui absorbent, transmettent ou réfléchissent les énergies lumineuses en utilisant la propriété de réflectance d'un objet terrestre obtenue par la formule suivante :

$$\text{Réflectance} = \frac{R}{A + T + R} \quad (7)$$

R : Energie réfléchie

A : Energie absorbée

T : Energie transmise

Le diagramme suivant résume la méthodologie de la classification.

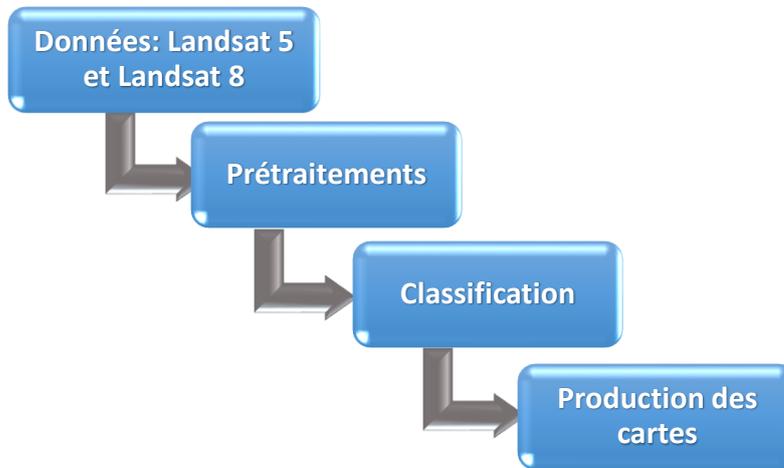


Figure 23: Etape de la réalisation de la carte d'occupation des sols

VI.2.3.2 Données

Les images du Landsat sont les données utilisées pour la classification. Landsat 5 pour celle de l'année 1997 et Landsat 8 pour l'image de l'année 2017.

Nous allons utiliser une combinaison de 4 bandes par date: Visible + Proche infrarouge (rouge, vert, bleu, PIR) c'est-à-dire les bandes 5, 4, 3, 2 pour Landsat 8 et 4, 3, 2, 1 pour Landsat 5. Ces images sont téléchargeables sur le site officiel de l'USGS [24].

VI.2.3.3 Prétraitement de l'image [12]

Pour avoir un bon résultat, certaines corrections doivent être réalisées. Ces corrections sont la correction atmosphérique, radiométrique et géométrique.

- **Géoréférencement** : Les données du Landsat sont déjà géoréférencé et le système de coordonnées d'origine des images est le **WGS 84**, il suffit donc d'effectuer une transformation en coordonnées Laborde Madagascar pour être superposable avec les données vecteurs de la FTM.
- **Découpage de la zone d'étude (BVM)**: celle-ci est importante pour faciliter la classification en réduisant les objets terrestres apparus dans l'image. Le travail est effectué en utilisant les données vecteurs de type « *shape* » de la FTM pour découper les images satellitaires (photo 7).

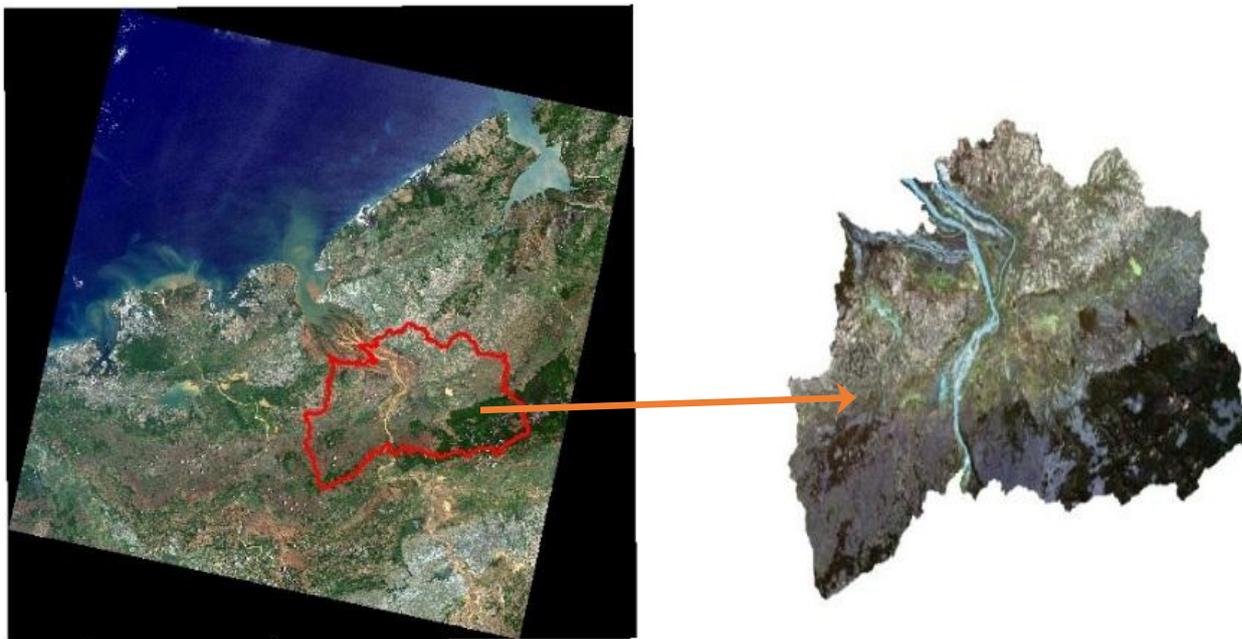


Photo 7: Extraction du BVM à partir des données vecteurs

Source : Image satellitaire de type Landsat 8

VI.2.3.4 Classification

Deux types de classification sont possibles pour le traitement de l'image : la classification supervisée et la classification non supervisée. La première demande la connaissance et l'identification des objets à classer, ce qui est difficile voire impossible dans notre cas (la zone d'étude est plus vaste).

C'est à partir de la méthode de la classification non supervisée (*K-mean* ou *ISODATA*) qu'on a réalisé la carte d'occupation des sols du BVM (Annexe 5). Cette méthode demande une notion de la photo-interprétation, en utilisant les images du Google Earth (photo 8), pour nommer et classer les différents objets de la terre (figure 24). La méthode des « *K-means* » est une méthode de classification géométrique bien adaptée aux espaces vectoriels de grande dimension.

VI.2.3.4 Production des cartes

On revient au logiciel ArcGIS pour la mise en page de la carte d'occupation pour les deux années en transformant le type du fichier « *Envi standard* » en format « *geoTiff* » pour être utilisable sur ce logiciel.

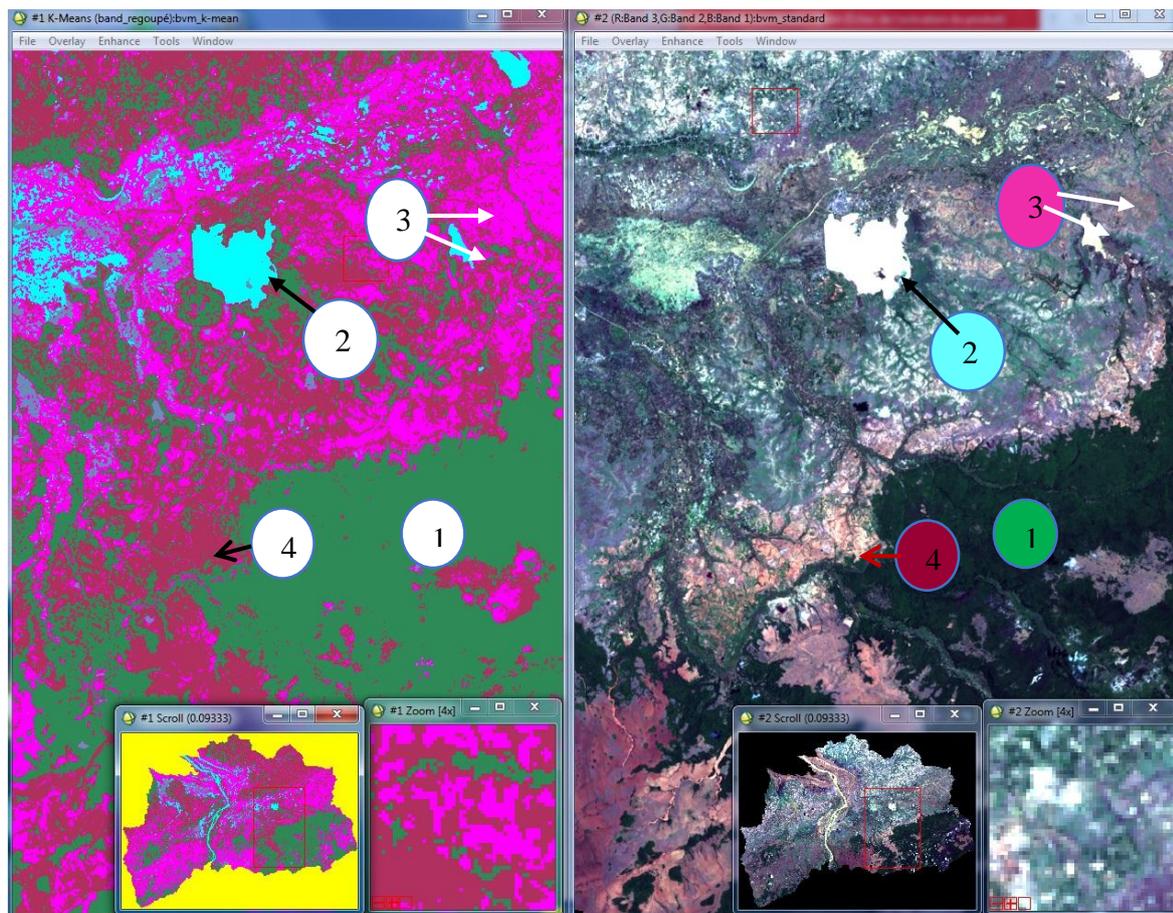


Figure 24: Méthode spatio-interprétation

- 1 : Couverture végétale
- 2 : Réseau hydrographique
- 3 : Sols nus
- 4 : Zones sableuses



Photo 8: Images du Google Earth pour la validation de la classification

Sources : *Google Earth Pro*