

## II.2.4 Contexte géologique de l'Alaotra

### ❖ La géologie cristalline de Madagascar

Le socle est un terme générique rassemblant les roches éruptives et les roches métamorphiques. Etant dans un temps géologique, au cœur du supercontinent Gondwana, Madagascar a subi d'intenses mouvements tectonométamorphiques avant d'en être à sa position actuelle dans l'océan Indien.

Le socle de Madagascar est réparti en six grands domaines tectonométamorphiques. Suivant la géochronologie, nous les citerons successivement :

Le **domaine d'Antongil-Masora** se trouve dans les côtes Nord-Est datant du Paléo à Néoarchéen. Le **domaine d'Antananarivo** dont les formations géologiques de l'Alaotra appartiennent, est daté du Néoarchéen au Néoprotéozoïque. Notons que les gneiss basiques du complexe de Tsaratanana combinés avec les gneiss acides du domaine d'Antananarivo et le tout, soudé à la croûte continentale Mésoarchéenne du domaine d'Antongil-Masora, forment l'équivalent du craton de Dharwar en Inde.

Après l'accrétion de ce craton, au Paléoprotéozoïque, le bloc continental se fragmente et à la fin de cette période, il s'est stabilisé mais les dépôts sont passés au stade de sédimentation de la plateforme dont laquelle le **domaine d'Anosyen-Androyen** s'est accru dans le sud de Madagascar.

Au centre sud, le **domaine d'Ikalamavony** est découpé en deux parties dont la première rassemble les formations du Paléo à Mésoprotéozoïques et la seconde, celles du Méso à Néoprotéozoïque déposé après le rifting Sténien-Tonien.

Le **domaine de Bemarivo** est à l'extrême nord de l'île. Deux formations dont l'une est datée du Mésoprotéozoïque et dans l'autre, du Cryogénien. Dans cette dernière période, le domaine est caractérisé par deux suites magmatiques: L'Antsirabe-nord, roches plutoniques plus ancienne, et au sud, la Manambato, roches volcaniques juvéniles.

Le **domaine de Vohibory** au Sud-Ouest de Madagascar présente deux parties dont l'une est dans le Cryogénien qui a des affinités d'un arc insulaire et l'autre, résultant des événements de l'Ediacarien. L'accrétion de ce domaine est en conséquence de la convergence du Gondwana Est avec celui de l'Ouest, puis la collision de l'arc de Vohibory avec la marge occidentale du sous-domaine Androyen.

### ❖ La géologie de l'Alaotra

#### - Le socle cristallin

Le socle cristallin a été affecté par l'évènement volcano-tectonique actif du tertiaire. Pour résumer cette période, il y a eu une fissuration sub-méridienne. Le volcanisme fissural de l'Ankaratra basaltique (trachytique à la fin), a formé la Montagne d'Ambre aux premières éruptions. Par la suite se présentent des effondrements tectoniques de types graben ou mini-rift

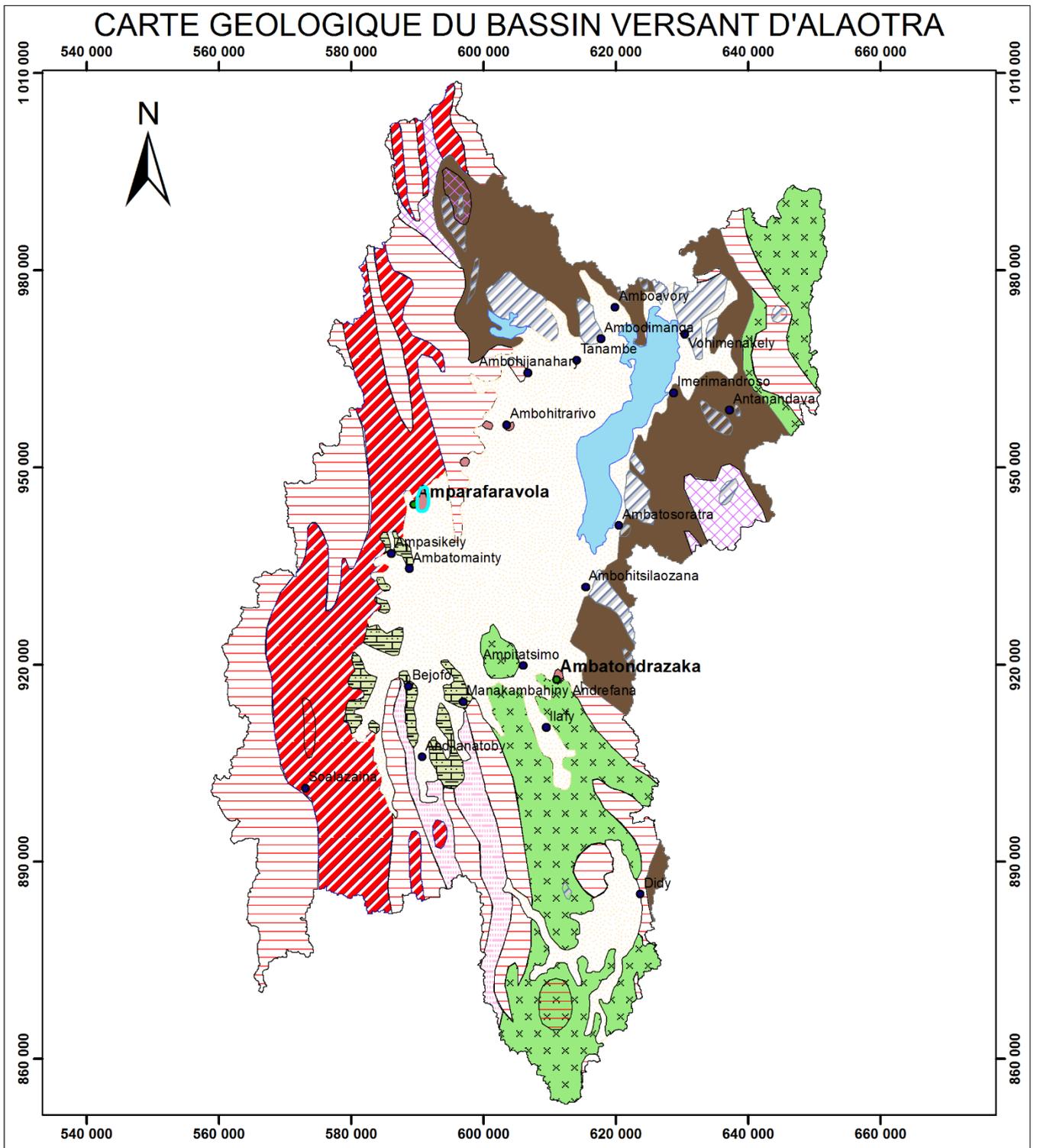
en bordure Est de l'Ankaratra, en contrebas de la "Falaise" de l'Angavo (au niveau Ankay-Alaotra-Mangoro) pour le "moyen-Est" en et, plus au sud, se trouve le bassin allongé de Ranotsara. Ces bassins tectoniques se sont remplis d'alluvions lacustres épaisses au Pliocène [9].

Les formations géologiques appartiennent au groupe de Beforona dans le complexe de Tsaratanàna du domaine d'Antananarivo, composées du gneiss, de l'amphibolite, de la migmatite. Les migmatites granitoïdes sont très répandues. On y trouve également des roches éruptives : du granite et du gabbro (Fig.13).

- Le sédimentaire

La fracturation dans les Hauts-Plateaux a provoqué des effondrements en fossés tectoniques, puis remplis par des alluvions lacustres dont l'Alaotra-Mangoro (Ankay).

Les alluvions lacustres forment une topographie de plateaux sub-horizontaux défoncés par un réseau de vallées et bas-fonds à fonds plats marécageux. Ces plateaux sont souvent en continuité topographique avec la surface d'aplanissement fini-tertiaire qui arase les altérites du socle cristallophyllien de sorte qu'en l'absence de coupe naturelle on ne distingue pas toujours aisément les deux matériaux. Les sédiments lacustres sont constitués par des alluvions d'argiles, de tourbe, du sable et du grès. Ce sont les sédiments qui se sont déposés aux fonds de lacs ayant une origine tectonique ou volcano-tectonique fini-tertiaire [9].



## Légende

- |                                      |  |                        |
|--------------------------------------|--|------------------------|
| ● Localités                          | 1:750 000  | 0 20 000 40 000 Mètres |
| ● Chef lieu District                 |  |                        |
| ✕ ✕ ✕ Migmatites, leptynites         | ■ Ankaratrites   |                        |
| ▨ Migmatites                         | ▨ Migmatites granitoïdes, granites migmatitiques           |                        |
| ▨ Charnockites                       | ■ Gneiss, migmatites à amphibole, amphibolite, pyroxénites |                        |
| ▨ Gabbros, orthopyroxénites          | ▨ Grès, argile kaolinique                                  |                        |
| ▨ Migmatite, quartzites à magnétites | ▨ Alluvions, sables  |                        |
|                                      | ■ Plan d'eau   |                        |

Numérisée par RAJAONARY  
Harisitraka Fanantenana

Source: Base de données Ministère  
des mines et du pétrole  
Projection Laborde

Figure.13 Carte géologique du bassin versant d'Alaotra

### II.2.5 Géomorphologie

La zone aux alentours du lac Alaotra est une dépression composée de :

- La plaine hydromorphe (95 000ha), très exploitée par la riziculture.
- Les collines (60 000ha), occupée en majeure partie par les cultures vivrières, ou utilisées comme parcours pour l'élevage extensif.
- Les massifs latéritiques (75 000ha), formant les abords des bassins versants.

Le paysage dans le bassin versant d'Alaotra est généralement marqué par la présence des figures érosives en ravines: les lavaka. En effet, la sensibilité à l'érosion hydrique de cette zone est causée par un relief accidenté combiné à l'abondance des pluies en saison humide et à la dégradation du couvert végétal (déforestation et feux de brousses). Les sols des bas-fonds ou baibofo sont généralement riches, humifères et profonds, et conviennent particulièrement à la riziculture. A l'inverse, les sols de pente ou tanety, composés d'argiles latéritiques et carencés en potasse, sont des superficies cultivables endommagées par l'érosion, devenant des sols pauvres et dégradés.

### II.2.6 Climat [5]

Le climat dans le bassin versant d'Alaotra suit le régime des Hautes Terres.

#### a) Température :

Etant dans la Région Alaotra Mangoro, le bassin versant d'Alaotra est caractérisé par un climat tropical chaud et humide, avec l'influence de l'alizé toute l'année et des températures moyennes comprises entre 18 et 20 °C. La cuvette du lac Alaotra constitue une enclave climatique de type tropical semi-humide de moyenne altitude avec une température moyenne de 21 à 22 °C.

#### b) Pluviométrie

La pluviométrie moyenne de la cuvette du lac Alaotra est de 1 092 mm à 1 200 mm et 100 jours de pluie par an. Toutefois, les premières pluies du mois d'octobre sont souvent suivies d'une période sèche de 20 à 30 jours, préjudiciables aux cultures et entraînant une forte pression sur le lac par de pêches exagérées.

Les données climatiques du bassin versant d'Alaotra sont listées dans l'annexe 2.

## Chapitre III : L'érosion hydrique dans la zone d'étude

### III.1 Problématique

Connu pour être le grenier à riz de Madagascar, l'Alaotra présente une plaine hydromorphe de 95 000ha exploitée principalement par la riziculture. Cependant la Région est très affectée à l'érosion. En amont, la Région Alaotra-Mangoro présente des reliefs déformés et enclavés par les produits du processus d'érosion hydrique appelée « lavaka ». Les lavaka sont non seulement d'une grande envergure décamétrique de large comme de profondeur mais également en nombre considérable dans cette Région. Les agents externes de l'érosion sont principalement les éléments du climat (eau, vent, glace,...), la géomorphopédologie du milieu et l'action de l'homme qui l'accélère.

Par cette dégradation de sols, la quantité de pertes en terre va créer ensuite un ensablement dans les bas-fonds. Du point de vue spatio-temporel, l'étude de l'évolution de l'occupation du sol est d'une importance technique pour pouvoir anticiper les scénarios à venir.

Nous constatons ces quelques dernières années qu'il y a un changement climatique. A Madagascar, l'exemple typique de ce dernier se manifeste par une année d'inondation de 2015, suivie d'une quantité insuffisante de pluie efficace alimentant les ressources en eau l'année qui suit. Par cela, la production du riz a connu une crise. Nous n'allons pas développer le changement climatique, mais nous prenons compte de son existence.

Selon le rapport d'activité de la MPAE 2017 [10], la sécheresse ayant sévit le pays depuis la fin de l'année 2016 suivi du passage du cyclone ENAWO en mars 2017 ont affecté durement la campagne culturale cette année. La sécheresse a occasionné un déficit pluviométrique durant la grande campagne et le passage d'ENAWO a provoqué une inondation des superficies rizicoles, une destruction des cultures de Tanety et une dégradation des infrastructures hydro agricoles dans plusieurs régions. Cela conduit, dans presque toutes les régions, à une baisse considérable des superficies cultivées et cultivables entraînant une diminution importante de la production de la majorité des spéculations par rapport à la campagne précédente.

Ainsi, suite aux aléas climatiques, entre autre le passage des cyclones, de la grêle et de la sécheresse, la production rizicole n'a cessé de diminuer depuis 2012. Pour l'année 2017, la production rizicole à Madagascar a été de 3 100 000 tonnes contre 3 650 000 tonnes l'année précédente. Pour le cas de l'Alaotra, en 2017, elle a été de 256 800 de tonnes, soit 8,29% de la production rizicole du pays. Cette baisse de production a provoqué une hausse du prix du riz sur le marché local conduisant les producteurs à renforcer la diversification culturale pour affronter les périodes de soudure. Cette évolution de la production rizicole est illustrée dans l'annexe 3.

Sur ce, il est d'un intérêt majeur d'étudier le phénomène de l'érosion dans le bassin versant d'Alaotra à l'aide des outils de décision pour pouvoir identifier leur évolution, et afin d'établir des mesures de correction contre l'érosion hydrique.

### III.2 Les lavaka [11]

L'érosion en lavaka est le type d'érosion hydrique très nombreux dans le bassin versant d'Alaotra. Un lavaka est une excavation à parois très abruptes qui crève brutalement la surface topographique. Il se présente trois stades d'évolution des lavaka dont la naissance, la maturité et la stabilisation.

#### III.3.1 Premier stade ou la naissance

Autrement dit ce premier stade induit à la notion de la formation ou la genèse des lavaka. Un lavaka peut se créer après : une érosion en nappe avec marche d'escalier, une érosion en ravin profond et étroit; d'un talus soumis à une érosion régressive, ou un glissement de terrain. Tout ce qui porte atteinte au manteau protecteur peut être le point de départ d'une "lavaka".

##### - **Le profil pédologique**

Le profil pédologique des sols latéritiques de Madagascar, cas de l'Alaotra, est la principale cause en parallèle avec le climat du milieu, qui explique à la fois l'envergure de l'érosion hydrique des lavaka et leur forme spéciale. Ces latérites sont des argiles latéritiques de la classification de LACROIX, c'est-à-dire de l'argile kaolinique avec 10 à 50 % d'éléments latéritiques. Selon Riquier (1954-1958) et Segalen et sur la pédologie de l'Alaotra, il se présente deux types de latérite : Latérite sur gneiss ou granite et la latérite sur roche basique (gabbro, basalte). Ce sol rouge argileux compact très résistant à l'état sec, de 1 à 2m d'épaisseur, recouvre un horizon tendre, friable, affouillable par l'eau qui est la zone d'altération de la roche mère et pouvant atteindre 10 à 20m d'épaisseur.

A Madagascar, l'altération du gneiss et des micaschistes peuvent être profonde. Les structures feuilletées ou en lits parallèles de ces roches facilitent la pénétration de l'eau à l'intérieur et par suite l'altération chimique. On aboutit à un sable surtout quartzeux.

Les granites, gabbros, basalte de structure beaucoup plus homogène s'altèrent plus difficilement. Il est évident que les "lavaka" ne peuvent se creuser dans ces sols peu épais et résistants. Ainsi, la formation des lavaka sera favorable sur gneiss, migmatites et micaschistes. D'où les lavaka dans les latérites sur gneiss de l'Alaotra.

##### - **L'érosion en nappe**

La prairie y est très favorable à la formation des lavaka. Le sol durcit, devient compact plus ou moins imperméable durant la saison des pluies, laissant plus le ruissellement que la percolation en profondeur. L'érosion en nappe devenant plus intense évolue en "en marche d'escalier".

La partie dénudée s'érode en nappe et en rigoles beaucoup plus rapidement que la partie adjacente qui est restée couverte de végétation. Il se produit donc une marche à la partie

supérieure de la zone dénudée. Les lavaka commencent à se former souvent en haut de colline. Et par une érosion en nappe intense suivie d'une marche d'escalier, cela finit par entamer complètement la couche protectrice.

#### - **L'érosion en ravins**

Le ravin peut se former sans érosion en nappe nettement visible. C'est une coupure de la surface du sol assez étroite, espèce de petit canyon aux parois verticales. Dans la masse d'argile rouge homogène et à très bonne tenue, il se creuse par usure et par la contiguïté de « marmites de géant » (résultant de rotation des grains de sable).

Les parois restent verticales jusqu'à ce que le courant d'eau atteigne la zone de départ affouillable du profil. Les parois s'écroulent alors, et le ravin s'élargit en lavaka. C'est aussi une cause de formation qui disparaît très vite sous la vaste surface occupée par le lavaka lui-même.

#### - **Toute section verticale du sol**

Toute section verticale du sol peut causer un départ de "lavaka" avec un ruissellement important venant des parties hautes. Cela peut être une falaise creusée dans le bas d'une colline par une rivière ou simplement un talus de route terrassé par l'homme.

Par érosion régressive, la cascade des pluies affouille la base du profil qui s'écroule et recule comme une chute. Le lavaka va progresser vers le haut de la colline.

### III.3.2 Deuxième stade ou la maturité

L'écoulement des parois et la dégradation de la zone affouillable créent ainsi des débris au fur et à mesure que l'érosion atteint la roche saine ou une zone de roche altérée suffisamment résistante. En évacuant ses débris, le lavaka s'approfondit. Ainsi, elle présente une zone de réception (le fond du lavaka), une zone de creusement en V (étroiture de sortie) et un cône de déjection.

De même, l'élargissement se fait quand les parois s'écroulent et que les débris sont évacués. La progression vers le haut de la paroi verticale par érosion régressive est plus rapide dans les endroits où le ruissellement de la partie supérieure est plus important.

### III.3.3 Troisième stade ou la stabilisation

Quand la surface du lavaka augmente, son aire de drainage diminue. L'approfondissement atteint la roche saine qui constitue alors un niveau de base local, le lavaka considéré atteint son profil d'équilibre.

Les talus d'éboulis atteignent un équilibre dont la pente est compatible avec la pente générale du fond du lavaka. Si l'équilibre se maintient pendant un temps suffisamment long, la végétation reprend sur les éboulis, évite l'érosion intérieure, et la stabilisation est définitivement assurée.

Des colloïdes roses ou rougeâtres venant d'une érosion en nappe du reste du bassin versant, se déposent en larmes de quelques millimètres d'épaisseur sur la paroi verticale du lavaka, ils protègent la zone affouillable d'autant plus facilement que des lichens s'installent facilement sur ce revêtement protecteur.

L'eau glisse à la surface de la paroi qui est alors stabilisée en position verticale. Ce cas représente plutôt un arrêt dans l'extension du lavaka qu'une stabilisation définitive, l'équilibre des éboulis et la reprise de la végétation évitant l'arrachement des particules du sol.

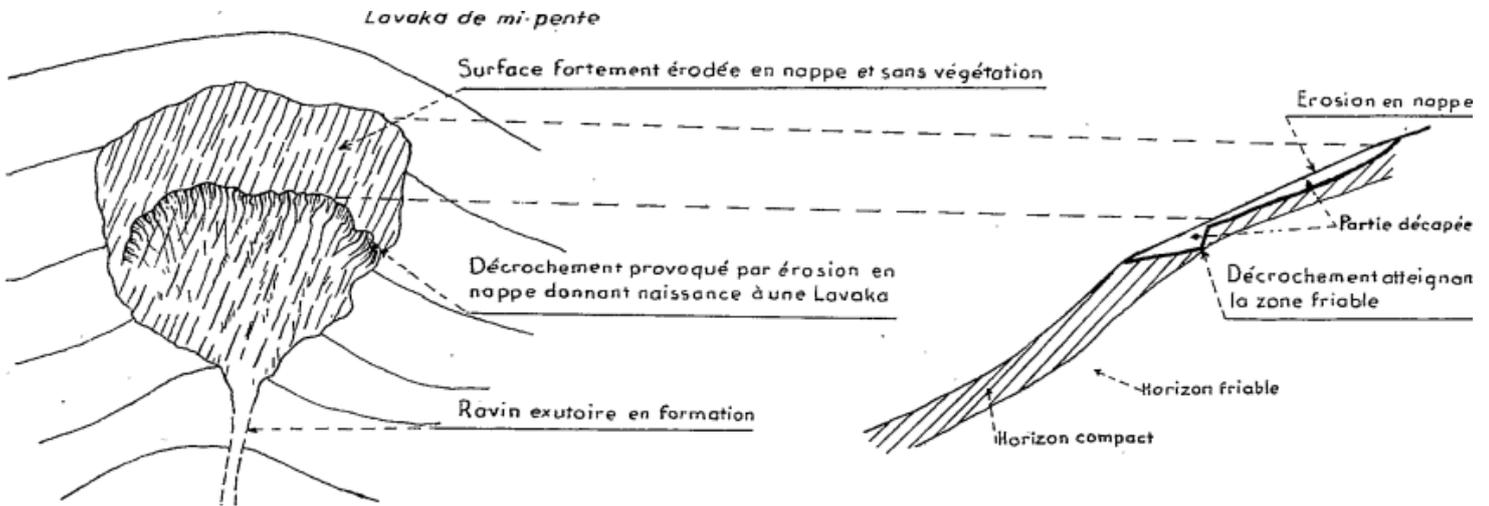


Figure.14 Stade 1 d'une formation d'un lavaka à partir d'une érosion en nappe : Source [12]

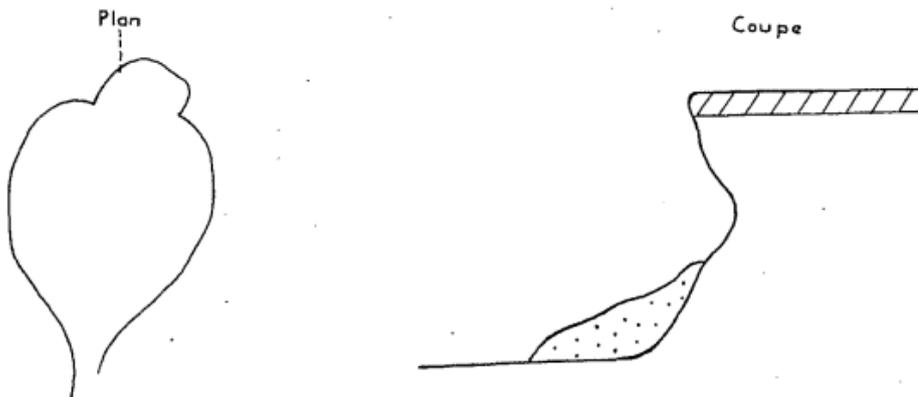


Figure.15 Evolution en stade 2 de la formation d'un lavaka sur un talus d'érosion en nappe : Source [12]



*PARTIE II:*  
*METHODOLOGIE ET*  
*MATERIELS D'ETUDE*

## Chapitre IV : Enquêtes sur le terrain et analyse au laboratoire

### IV.1 Enquête sur le terrain

L'objectif de l'enquête des ménages est de déterminer le point de vue des paysans concernant la manifestation de l'érosion hydrique sur leurs cultures. En effet, ils sont les premiers concernés. De ce fait, cette enquête est étroitement liée à la problématique qui est la potentialité hydroagricole affectée par l'érosion du sol.

L'enquête a été effectuée avec l'équipe de l'ONG Maharitra. C'est une ONG créée en 2015 s'engageant sur la conservation de la biodiversité face au changement climatique. Ce mémoire a été conçu avec la collaboration du projet : « Promouvoir la résilience climatique de la riziculture à travers des investissements pilotes dans la Région Alaotra Mangoro. » dans le thème de la conservation de sol sur les cultures de la Région. Lui-même étant un sous-projet du projet Africa Rice.

Ils sont effectuées trois principales activités pour ce projet :

- ✓ L'enquête auprès des ménages des agriculteurs ;
- ✓ Essai pilote des techniques de conservation de sol ;
- ✓ Suivi des techniques adaptées.

Nous avons enquêté environ 300 ménages dans les deux Districts de la zone d'étude (Tableau 6).

**Tableau 6:** Liste des Fokontany appartenant aux ménages enquêtés

| <b>District Amparafaravola</b>   | <b>District Ambatondrazaka</b>                               |
|--|--|
| Commune rurale d'Ambohijanahary  | Commune rurale de Manankambahiny Andrefana                   |
| Fokontany : Sodeka, Miarinarivo, Manakana, Ambohipasika, Ambodiala, Antamenaka, Morarano | Fokontany : Ambalavato, Miaramanjaka, Ambongabe, Ambodivoara |

Avant les étapes d'enquêtes, un focus group organisé par l'ONG Maharitra avait eu lieu (briefing sur le formulaire d'enquête : le thème du projet, l'objectif, les acteurs,..) afin d'aviser la population locale des futures activités qui se feront dans leur Commune. Les photos suivantes ont été prises lors du focus group dans la Commune Manankambahiny Andrefana (Photo2a, Photo2b).



Figure.16 Focus group dans la Commune Manakambahiny Andrefana, District Ambatondrazaka



Figure.17 Focus group dans le fokontany Miaramanjaka, Commune Manakambahiny Andrefana, District Ambatondrazaka

#### IV.2 Analyse au laboratoire

Les échantillons correspondent aux sols ferralitiques typiques jaunes sur rouges sur roches acides, situés dans la légende de la carte pédologique du bassin versant d'Alaotra (Fig.12). Ils ont été pris dans une colline latéritique près du fokontany Andreba Gara, Commune Ambatosoratra, District Ambatondrazaka. Les noms des échantillons de ces sols seront : L, M, T.

L'objectif est de déterminer la quantité d'oxyde fer et d'oxyde d'Aluminium contenue dans les échantillons. Comme ils sont moins solubles, la concentration des oxydes de fer et