

SOMMAIRE :

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE :	ii
LISTE DES FIGURES	iv
GLOSSAIRE :	vi
ACRONYMES:	vii
INTRODUCTION	1

PARTIE I : GENERALITES

I.1. SITOLOGIE	2
I.2. Notion d'érosion :	6
I.3. Etat de lieu sur la gestion durable des terres (GDT) :	9
I.4. L'équation universelle de la perte en terre	10

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

II.1 MATERIELS :	11
II.2 METHODES:	13

PARTIE III : RESULTATS, INTERPRETATIONS

III.1.1 Carte d'occupation des sols dans la localité de Manerinerina	25
III.1.2 Impacts de l'érosion dans la zone d'étude par diagnostic de la situation :	26
III.1.3 Analyse granulométrique :	28
III.1.4 Résultats de l'analyses physiques et chimiques :	30
III.1.5 Application de l'équation de WISCHMEIER pour l'estimation de perte en terre dans le périmètre de Manerinerina :	33

PARTIE IV : DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

IV.1 DISCUSSIONS :	38
IV.2 RECOMMANDATIONS :	40
CONCLUSION	49
BIBLIOGRAPHIES :	50

TABLE DES MATIERES	A
RESUME.....	E
ABSTRACT.....	E



LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte du site d'étude.....	2
Figure 2: Courbe d'évolution de la pluie	4
Figure 3 : Carte d'occupation de sol dans la Commune Rurale Andaingo.....	5
Figure 4: Erosion : (a) érosion en nappe – (b) érosion en rigole.....	7
Figure 5: Erosion : (c) situation de l'érosion en lavaka sur le territoire – (d) intérieur de lavaka (dans le périmètre de Manerinerina)	8
Figure 6 : Courbe d'estimation entre la réduction de la surface cultivable et la croissance démographique (Source FAO 2003)	8
Figure 7: Les trois piliers du Développement Durable (DD).....	10
Figure 8: Matériels sur le terrain : (a) sachets en plastiques – (b) bêche – (c) GPS	11
Figure 9: Matériels au laboratoire pour la granulométrie : (a) balance de précision – (b) série de tamis – (c) mortier en porcelaine	11
Figure 10: Les matériels au laboratoire pour l'analyse des éléments nutritifs : (a) bécher – (b) erlenmeyer – (c) baguette de verre	12
Figure 11: (d) tubes à essai – (e) fiole jaugée – (f) tube de digestion	12
Figure 12: Les matériels au laboratoire pour l'analyse des éléments nutritifs : –(g) spectromètre UV/VIS à la longueur d'onde de 660nm – (h) appareil à distillation – (i) pH mètre	12
Figure 13: (j) catalyseur de minéralisation - (k) machine à chauffage – (l) vortex.....	13
Figure 14 : Prélèvement Zigzag d'échantillons de sols.....	17
Figure 15 : Méthode de poignée de la main	17
Figure 16: Etapes de désagrégation du sol	18
Figure 17: Mode de tamisage	18
Figure 18: Carte d'occupation des sols de Manerinerina en 3dimensions.....	25
Figure 19: Transects.....	25
Figure 20 : Ensablement dans le bas-fond périmètre de Manerinerina (Mars 2016)	27
Figure 21: Rizières ensablées d'alluvions.....	27
Figure 22: Histogramme de la masse des échantillons	29
Figure 23: Pourcentage granulométrique	29
Figure 24: pH	30
Figure 25: Histogramme montrant la quantité de MO	31
Figure 26: Rizières inondées	38

Figure 27 : Inspiré des trois dimensions de la durabilité (Source : IAASTD, 2009a)	41
Figure 28: Barrage en gabions	45
Figure 29: Banquette	45
Figure 30: Cordons pierreux	46
Figure 31: Diguettes en pierre	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Evolution de la pluviométrie	3
Tableau 2: Cadre logique de l'étude	14
Tableau 3 : Identification des impacts.....	15
Tableau 4: Evaluation de l'importance des impacts	15
Tableau 5: Matrice ou méthode quantitative.....	16
Tableau 6: Echantillonnage	16
Tableau 7: Diamètre correspondant à chaque maille et appellation agréées	19
Tableau 8: Valeur d'érodibilité (K) selon les types de sols d'après ROOSE en 1975	22
Tableau 9 : Indice antiérosif de l'Afrique de l'Ouest (WISCHMEIER et ROOSE)	23
Tableau 10: Influence du couvert végétal sur l'érosion en Afrique de l'Ouest (ROOSE, 1973)	24
Tableau 11 : Identification des impacts.....	26
Tableau 12: Identification selon la granulométrie.....	28
Tableau 13: Résultats des analyses des éléments organiques :	30
Tableau 14: Le ratio-carbone	32
Tableau 15: Résultats d'analyses des éléments chimiques	32
Tableau 16: Valeur de l'indice d'érosivité	33
Tableau 17: Indice d'érosivité R de l'année 2015 (R1).....	34
Tableau 18: Indice d'érosivité R de l'année 2016 (R2).....	35
Tableau 19 : Résultats et interprétations des valeurs de l'application de l'USLE de WISCHEMEIER et SMITH dans la zone d'étude.	37
Tableau 20: Classification de niveau de tolérance suggéré en perte de sol	40
Tableau 21: Les aménagements biologiques.....	43
Tableau 22: Les aménagements physiques	45

GLOSSAIRE :

-Sol : Le mot sol vient du latin solum, qui veut dire base, c'est une structure vivante et dynamique c'est le résultat de l'interaction entre la lithosphère (milieu physique) et la biosphère (milieu biologique).

Le sol est le support des plantes, cultivées ou non. C'est la zone exploitée par les racines. Il englobe le domaine de la rhizosphère (Hiltner, 1904), zone d'échanges d'ions, de compétition pour l'eau, l'oxygène (Lemanceau et Heulin, 1998) où l'activité microbienne est stimulée par la libération de composés organiques. Elle est conçue actuellement comme une capacité à produire durablement de la biomasse végétale et ne se rapporte plus seulement au sol, mais au milieu naturel et à son exploitation par l'homme (Sebillote, 1989).

-Bas-fonds : la partie basse d'un relief, se reconnaît par des critères morphologiques, topographiques, hydrologiques et pédologiques.

Beaucoup de scientifiques ont tenté de définir un bas-fond. De toutes les définitions qui existent, on s'accorde souvent à dire que celle de Raunet (1985) est la plus complète et la plus exacte ; elle se présente comme suit : "Nous appelons « bas-fonds » les fonds plats ou concaves des vallons, petites vallées et gouttières d'écoulement inondables qui constituent les axes de drainage élémentaires emboîtés dans les épaisses altérations des socles cristallins "pénéplaines". Les bas-fonds représentent des « unités de milieu », spécifiques et essentielles au sein des paysages tropicaux. Ce sont les axes de convergence préférentielle des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques contenues dans l'épais manteau d'altération et alimentées par les pluies.

-Texture : La texture est définie par la proportion relative des particules argileuses, limoneuse et sableuses qui constitue la terre fine de l'horizon

-Fertilisation: ensemble des techniques assurant la fertilité du sol: la fertilisation englobe toutes les pratiques agricoles.

Dans la norme AFNOR NF X 31-006, d'octobre 2000: « Terminologie relative à la fertilisation » la fertilisation c'est l'ensemble des techniques agricoles permettant la mise en œuvre des matières fertilisantes. Ces opérations ont pour but de conserver ou améliorer la productivité d'une terre.

ACRONYMES:

A : Estimation de la perte en terre (T/ha/an)

A: Amplitude

C : Facteur de culture, incluant la régie des cultures et des sols et les pratiques culturales

an : Année

C/N : Carbone/Azote

D : Durée

E : Etendue

FAO : Found Agricultural Organisation

FOFIFA: Foibem-pirenena momba ny fikarohana ampiharina ho fampandrosoana ny ambanivohitra ou Centre national de recherche appliquée au développement dans le monde rural

GDT : Gestion Durable des Terres

GEF SGP: Small Grants Program Madagascar

GIFS : Gestion intégrée de la fertilité des sols

GPS : Global Position System

h_{max} : Hauteur maximal de la précipitation

I : Evaluation de l'importance des impacts

K: Potassium

K : Indice d'érodibilité des sols à l'érosion hydrique

MCDC: Malagasy Communication Development and Council

mé : Milliéquivalent (unité)

mm: Millimètre

O : Probabilité d'occurrence

P : Phosphore

P : Facteur de conservation et d'aménagement

pH : Potentiel Hydrogène

PNUD : Programme de Nations Unies pour le Développement

ppm : Partie par million

R : Indice d'érosivité potentielle de la précipitation

LS : Indice de la pente de sa longueur

USLE: Universal Soil Loss Equation ou Equation Universelle des Perte en Sol

% : Pourcentage

Rapport-Gratuit.com

INTRODUCTION

La localité de Manerinerina est caractérisée par la présence d'une concession agricole plus de 250 ha avec plus de 200 ha rizières irriguées. Elle se situe dans la Commune Rurale Andaingo, dans la Région Alaotra Mangoro, connue comme étant un « grenier à riz » occupant une place prépondérante dans l'économie nationale grâce à la riziculture qui est la principale activité agricole de la région. Les paysans de la région, dans le but d'élargir la superficie des terres cultivables afin d'augmenter le rendement agricoles pratiquent les feux de brousse. Ce qui favorise la déforestation croissante des zones environnantes et entraîne de forte érosion qui s'accroît davantage dans l'espace et dans le temps. Dans le cas de Manerinerina, l'érosion engendrent la dégradation des sols cultivables voire une défertilisation par l'apport des sables dans les bas-fonds. La conséquence néfaste est la baisse continue de la productivité qui se traduit par un complexe de détérioration de la protection végétative et les pertes en éléments fertilisants.

Face à cette situation, le présent travail intitulé sur les « ANALYSES DES SOLS EN VUE DE LA GESTION DURABLE DES TERRES A MANERINERINA (REGION ALAOTRA MANGORO) » met en exergue la méconnaissance de la population locale sur les liens entre la biodiversité et la géodiversité comme étant le problème majeur qui tend à la dégradation des terres.

Les objectifs spécifiques de cette recherche visent à : minimiser les risques et de maximiser la production pour y parvenir aussi bien à la « sécurité alimentaire humaine » ainsi que la préservation de l'environnement.

La question générale qui mérite d'être soulevée est de demander si « la gestion durable des terres a des effets positifs qui contribueront à maîtriser la dégradation des terres par l'érosion et à rendre la fertilité des sols dans les bas-fonds dans la localité de Manerinerina? »

Le manuscrit comporte 4 parties bien distinctes :

Dont la première partie concerne la « généralité », la deuxième partie expose les « matériels et méthodes » qui montre les démarches méthodologique adoptés pour la réalisation de la recherche, la troisième partie concerne les « Résultats et interprétations » et la quatrième partie est réservée à la « Discussion » des résultats suivis d'une recommandation qui traitera les propositions de valorisation pour le maintien de la conservation et restauration de la zone d'étude.

PARTIE I : GENERALITES

I.1. SITOLOGIE

I.1.1 Aperçu géographique :

- Carte du site d'étude :

Cette carte (Figure 1) montre la localisation géographique du site d'étude.

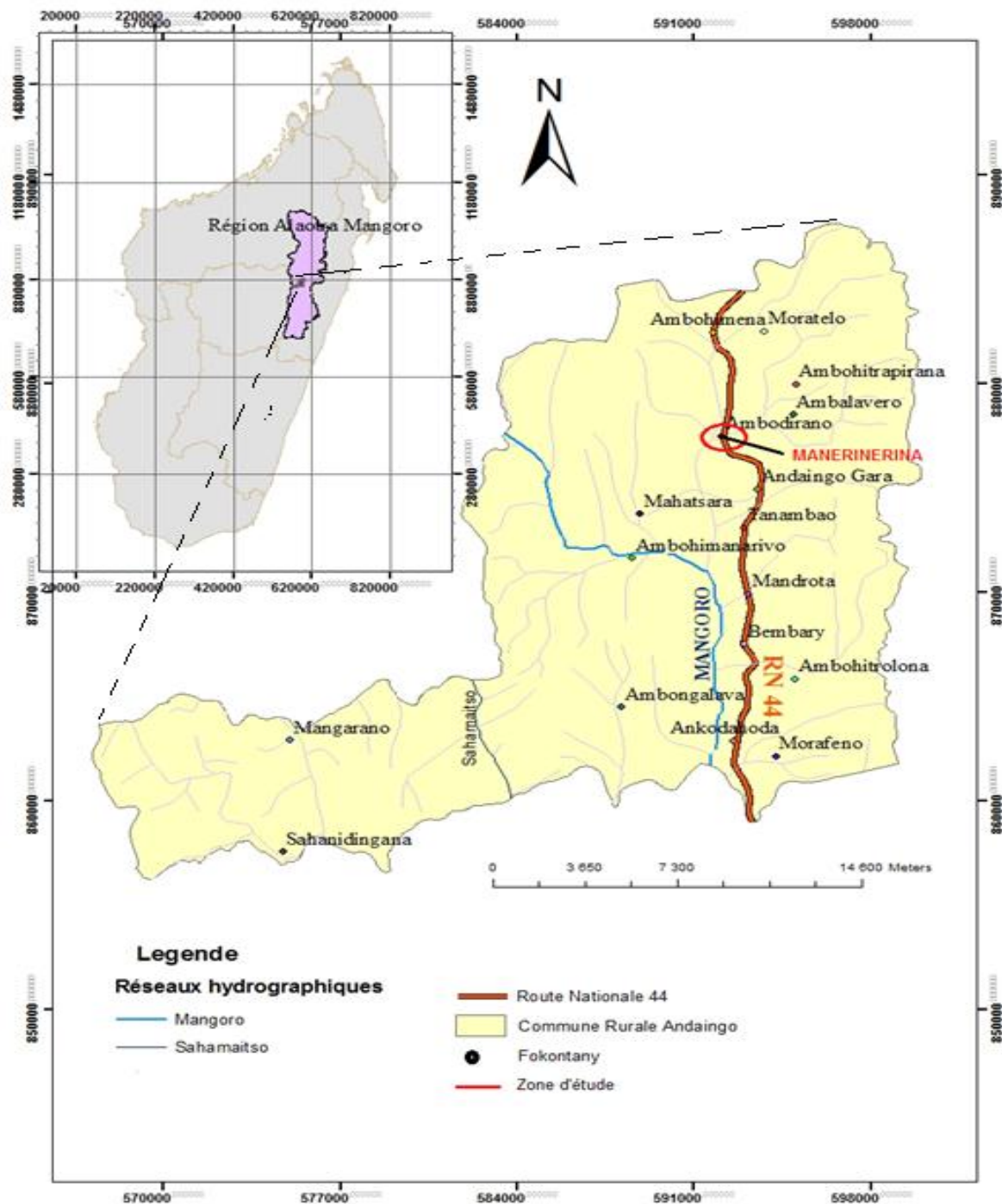


Figure 1: Carte du site d'étude

- **Localisation**

La localité de Manerinerina est un petit village du fokontany Ambodirano, Commune Rurale Andaingo, District Moramanga et Région Alaotra Mangoro. La région d'Alaotra avec une superficie de 17 190 km², se trouve enclavée dans une impasse à 250 km au Nord Est de la Capitale, à 760 m d'altitude sur les Hautes-terres. La Commune Rurale d'Andaingo possède une importante potentialité en riziculture irriguée (plus de 1000 ha).

La localité de Manerinerina qui est la zone d'étude est caractérisée par la présence d'une concession agricole plus de 250 ha avec plus de 200 ha de rizières irriguées, de coordonnées 18° de la latitude Est et 48° de longitude Sud.

- **Morphologie :**

La dépression dans la Région d'Alaotra couvre plus de 190 000 ha. Son bassin versant s'étend sur 7 600 km² (Riquier, 1954). La plaine est réservée principalement à la riziculture pour couvrir les besoins alimentaires des paysans, les cultures légumineuses de contre saison sont parfois destinés pour les besoins financiers.

Dans les zones environnantes de Manerinerina, les montagnes subissent depuis longtemps un processus d'érosion avec un ravinement très marqué. Des multiples lavaka parfois profonds sont encastrés sur les flancs des montagnes et actuellement, ces montagnes sont généralement nues du fait des feux de brousse les forêts sont dégradées et les bas-fonds sont ensablées.

- **Climat :**

La donnée pluviométrique est recueillie au service météorologique Service Météorologique Ampandrianomby (Antananarivo) pour la station d'Ambohitsilaozana Ambato (Station la plus proche de Manerinerina). Les registres montrent que la pluie annuelle enregistrée pendant les trois années successives (2014 à 2016) est de 903,93mm (tableau 1).

Tableau 1: Evolution de la pluviométrie

Année	Hauteur annuelle (en mm)	Moyenne mensuelle(en mm)
2014	969,6	80,8
2015	1165,5	97,13
2016	576,7	48,05
Moyenne	903,93	75,32

Au point de vue quantité de précipitation annuelle, la pluviométrie présente une grande différence sur les statistiques au cours de ces trois années.

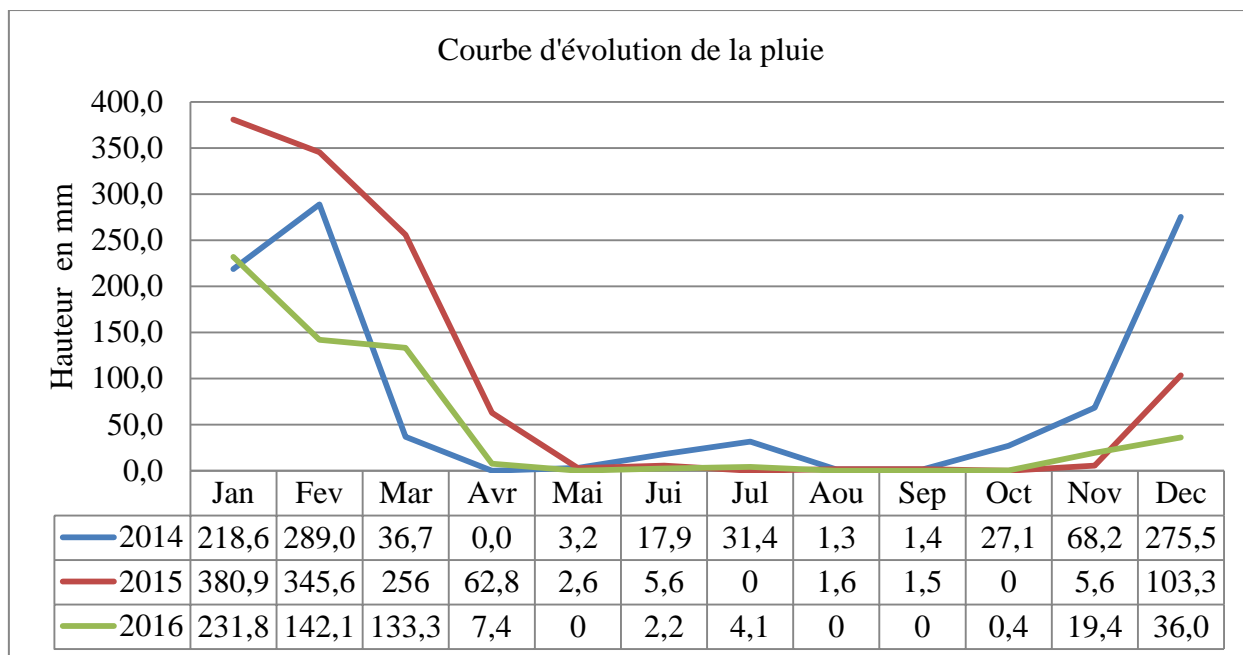


Figure 2: Courbe d'évolution de la pluie

La région d'Alaotra Mangoro connaît un climat tropical où deux saisons contrastées ont été observées (Figure 2) :

- Une saison pluvieuse de 5 à 6 mois, de Novembre à Avril
- Une saison sèche de 6 à 7 mois, les pluies se font rares de Mai en juillet voire même quasi-absentes Août en Octobre

- **Réseau hydrographique :**

Les principaux cours d'eau qui drainent la zone d'étude sont les affluents du fleuve Mangoro. Elle est aussi alimentée par un ruisseau mais il est menacés par l'ensablement qui la diminution de son débit. Les étangs de stockage et les sources existantes ne peuvent être exploités que pour irriguer seulement la partie inférieure du terrain ou celle qui se trouve à leur niveau comme la rizièrre et le « *baiboho* ».

- **Végétation :**

Dans la Commune Rurale Andaingo, les bas-fonds sont utilisés par des cultures vivrières, les rizières occupent une très grande place. Les hauts de versant sont peuplés par des zones herbeuses (Savane herbeuse) avec quelques strates forestières.

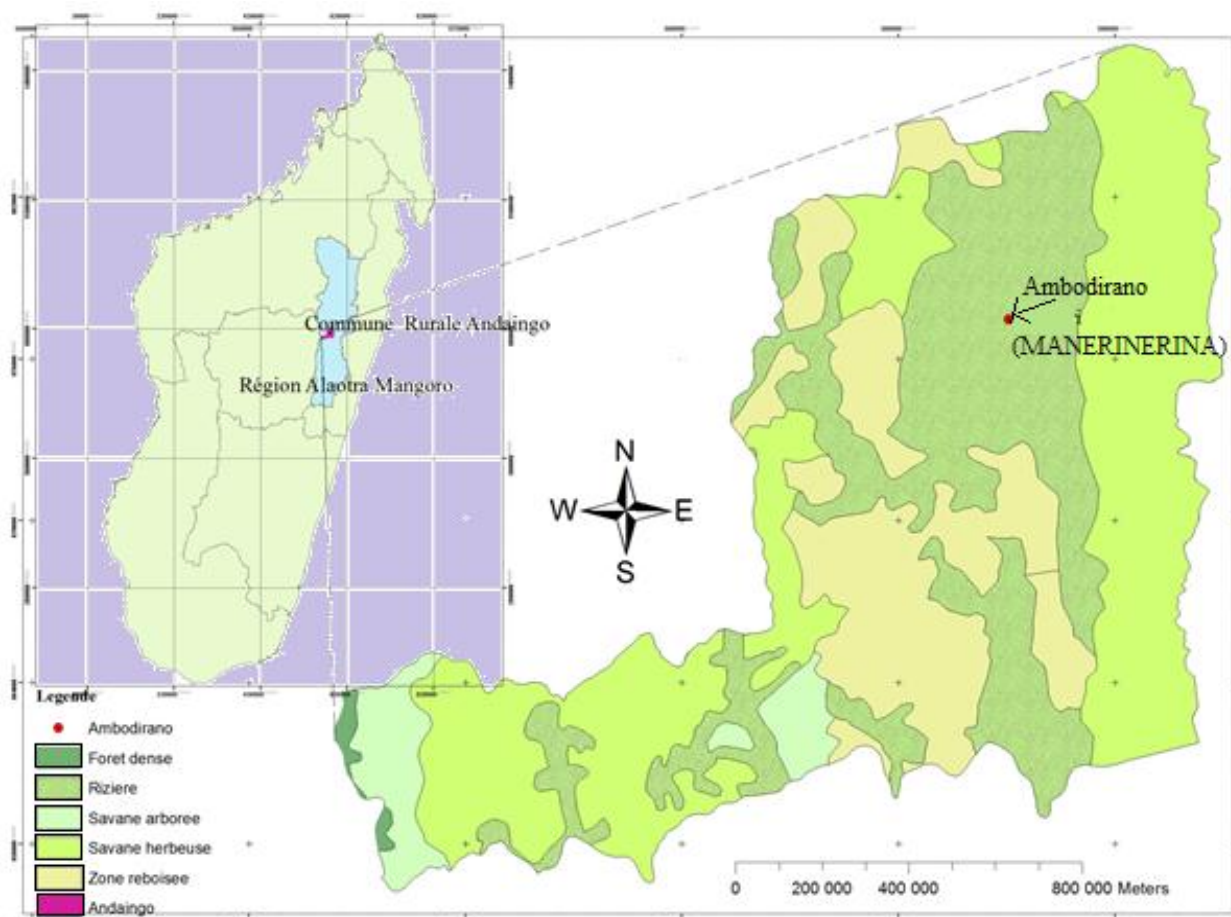


Figure 3 : Carte d'occupation de sol dans la Commune Rurale Andaingo

I.1.2 Contexte géologique

- **Pédologie de la zone :**

Les sols de la région, plus particulièrement sur les bas-fonds sont généralement riches, humifères et profonds. Ils conviennent particulièrement aux rizicultures. Les sols sont d'origine alluviales, représentatives des sols dénommés « baiboho » bordant la cuvette du Lac Alaotra.

D'après M. Roche(1993) ancien pédologue de la station agronomique d'Ambohitsilaozana et d'après l'analyse effectuée par Velly, chimiste dans le même centre, en 1957, les pentes et les plateaux présentent des argiles latéritiques plus ou moins carencées en potasse de pH neutre (5,7 à 6,3), et les terrasses des alluvions jaunes anciennes d'origine lacustre. Les sols de bas de pente sont formés de colluvions rouges, colluvions beige micacés, colluvions jaunes sableux, et colluvions jaunes limoneux, de pH allant de 5,1 à 6,4; les vallées et les berges de rivières montrent des sols alluvionnaires fluviaux d'origine latéritique, de pH variant de 5,1 à 7,5.

- **Nature du sol :**

L'érodibilité du sol varie suivant ses propriétés physico-chimiques telles que la composition granulométrique (proportion des sables, limons et argiles), la stabilité structurale, la porosité, la structure du sol en surface, la teneur en matière organique et la capacité de rétention d'eau du sol (Hudson et al.1993). Pourtant, du fait du phénomène d'érosion surtout sur les pentes, des sols hydromorphes se développent dans les rizières. Des sols ferrallitiques jaunes et rouges sont observés dans les parties amont. Les rizières du bas-fond sont ensablées et deviennent pauvres en éléments fertilisants

I.1.3 Situation socio-économique :

Comme dans toutes les communautés rurales, l'économie est basée sur l'agriculture dont la riziculture est la principale activité agricole de la région. L'activité commerciale, l'élevage, l'artisanat, la pêche ne sont que des annexes.

Démographie :

La Région d'Alaoatra Mangoro s'étend sur une surface de 27394 km², sa population est d'environ 1000000habitants soit une densité de population de 36habitants/ km², la majorité de la population humaine de la Région d'Alaoatra appartient à l'ethnie « Sihanaka ».

Infrastructure sanitaire :

La région Alaoatra Mangoro dispose 34 CSBI, 78 CSBII et 77 maternités publiques (Andriatsitohaina, 2015).

Plus de la moitié des communes dans la Région Alaoatra Mangoro sont distantes de 1km pour y accéder à un centre de santé. Certain village dans la commune Andaingo se trouve à plus de 1km mais à moins de 5km des formations sanitaire les plus proches.

I.2. Notion d'érosion :

I.2.1 Définition :

L'érosion vient du mot latin « ERODERE » qui signifie « ronger ». L'érosion deux sens : au sens strict, elle est définie comme enlèvement, arrachement et ablation tandis qu'au sens large elle regroupe l'enlèvement, le transport (ruissellement) et le dépôt (accumulation).D'après Veyret 1998, l'érosion est un phénomène naturel qui façonne la surface de la terre depuis son origine Le relief dont le modelé s'explique principalement par l'érosion s'appelle « relief

d'érosion » Elle agit à différents rythmes et peut, sur plusieurs dizaines de millions d'années, raboter des montagnes, creuser des vallées, faire reculer des falaises selon Roose, 1998.

I.2.2 Types d'érosion :

L'érosion peut se présenter sous différentes formes, telles que l'érosion mécanique sèche due à des instruments aratoires, l'érosion éolienne sous l'effet du vent, l'érosion fluviale, l'érosion glaciaire et l'érosion hydrique qui est la plus répandue à Madagascar (Collectif SOL-SCV, 2008).

Initier par les altérations chimiques et physiques, le processus d'érosion se développe par le ruissellement. Les gouttes de pluies qui creusent le sol et enlèvent des particules ou d'importantes quantités de bonne terre.

Nombreuses formes d'érosion par ruissellement apparaissent dans la région d'Alaotra Mangoro qui sont : l'érosion en nappe, l'érosion en rigole et l'érosion en lavaka.

L'érosion en nappe (Figure 3-a) est causée par le contact des gouttes de pluie avec le sol qui enlèvent une mince couche du sol. C'est la forme la plus remarquée dans les zones agricoles dans la localité de Manerinerina

Lorsqu'une quantité suffisante d'eau de ruissellement s'accumule pour former des petits canaux jusqu'à 15cm de profondeur à la surface du sol il s'agit de **l'érosion en rigole** (Figure 4-b)

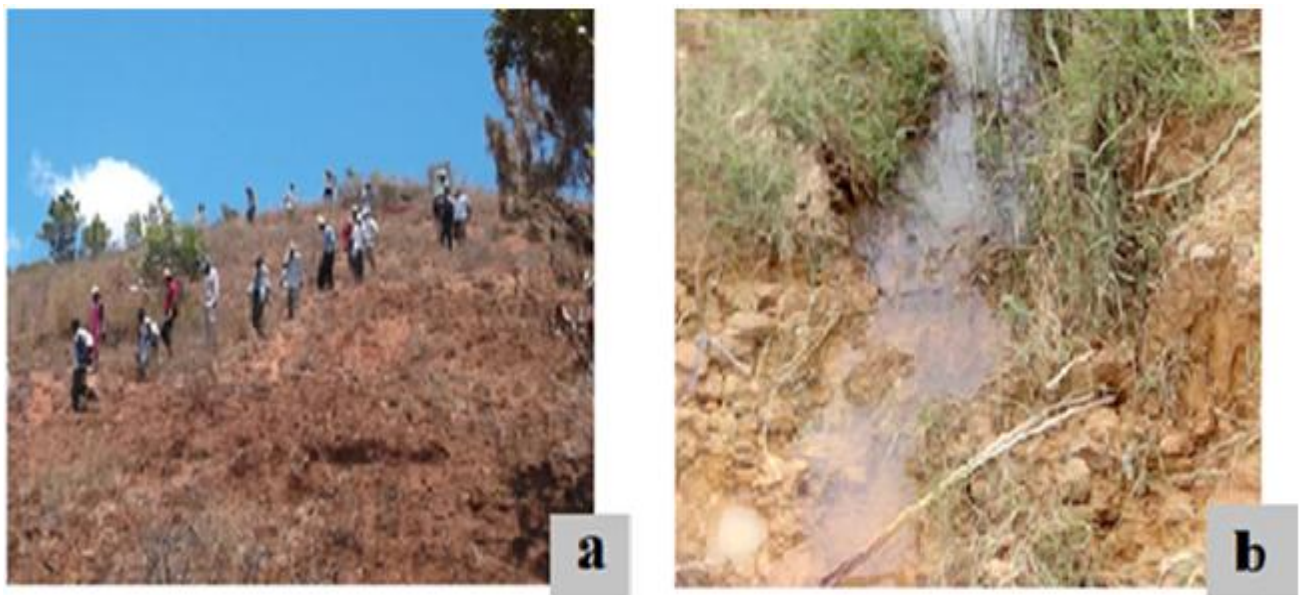


Figure 4: Erosion : (a) érosion en nappe – (b) érosion en rigole

Le lavaka est un mot malgache qui signifie trou ou ravin, s'agissant de grandes excavations visibles à flanc de colline, c'est l'origine de la disparition de l'horizon rouge imperméable sous-jacent. Le lavaka est créé par la circulation de l'eau de pluie dans les zones dénudées et qui s'incruster plus en plus profond dans le sol (Figure 5 : c et d)

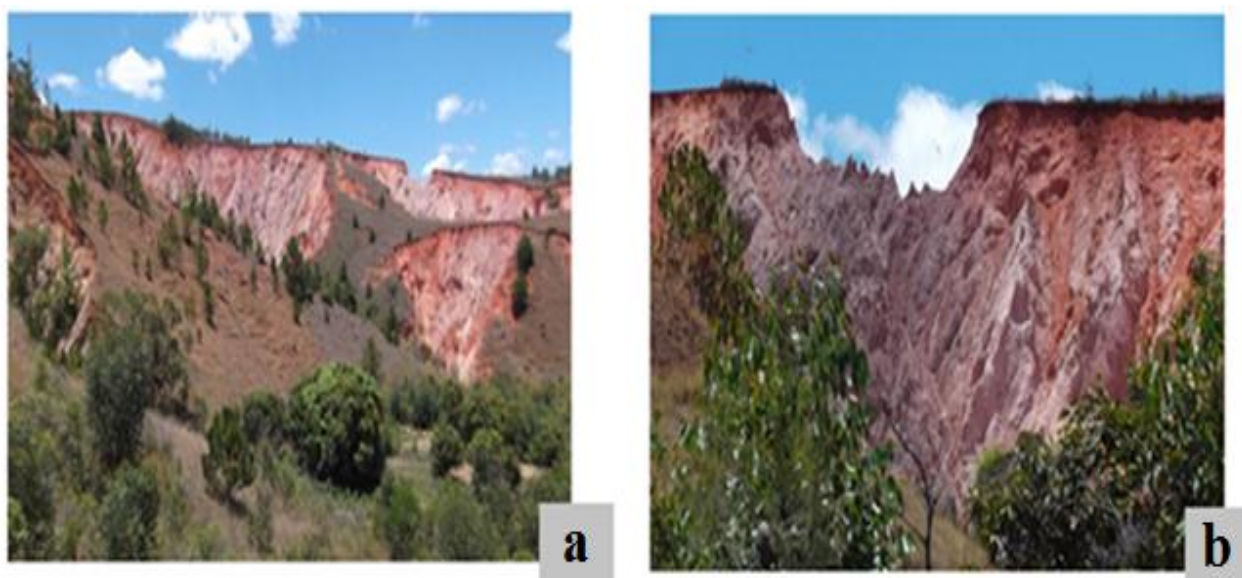


Figure 5: Erosion : (c) situation de l'érosion en lavaka sur le territoire – (d) intérieur de lavaka (dans le périmètre de Manerinerina)

I.2.3 Dégradation des terres :

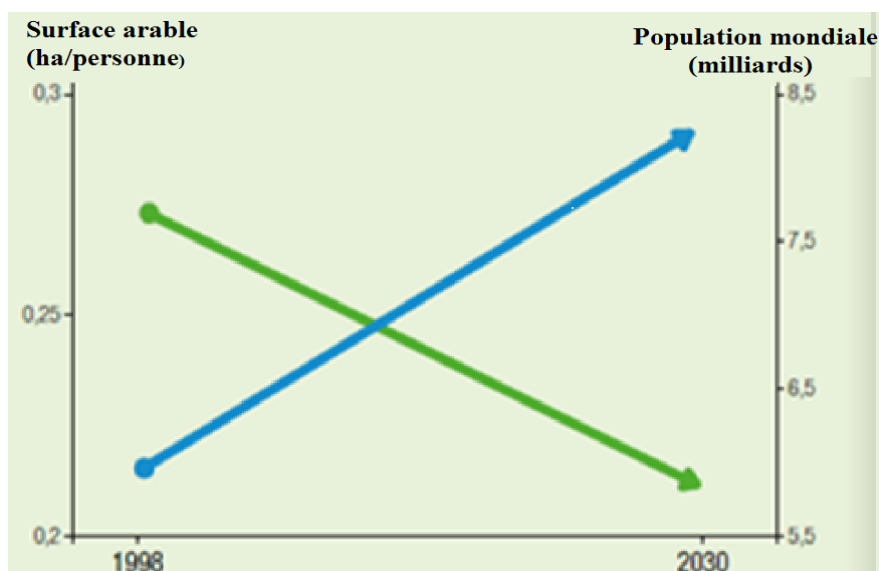


Figure 6 : Courbe d'estimation entre la réduction de la surface cultivable et la croissance démographique (Source FAO 2003)

La dégradation des terres est définie comme le déclin des produits et services de l'écosystème. Celle-ci affecte négativement l'état et la gestion des ressources naturelles (l'eau, le sol, les plantes et les animaux) et entraîne une diminution de la production agricole. En plus, la majorité des terres agricoles ne sont pas protégées pourtant devraient nourrir à environ 8,5 milliards de population en 2030, (d'après FAO 2003) (Figure 6).

I.3. Etat de lieu sur la gestion durable des terres (GDT) :

I.3.1 Définition de la Gestion durable des terres :

C'est une politique de développement qui tend à harmoniser à long terme la coexistence de l'Homme avec la nature. (FAO, 2011). Selon la première évaluation, mondiale exhaustive de la dégradation et de la restauration des sols, publiée par l'IPBES, les sols sont dorénavant dans un état critique, engendrant de graves conséquences pour la biodiversité, le changement climatique et la stabilité de nos sociétés.

Chaque année, 12 millions d'hectares de sol sont perdus dans le monde et ne peuvent plus remplir leur rôle écologique essentiel pour la biodiversité, le climat et l'humanité. En effet, les sols sont les milieux clés pour cultiver, pour abriter la biodiversité et pour stocker le carbone atmosphérique. En outre, ils fournissent, notamment sous couvert forestier, plusieurs services écosystémiques comme la purification de l'eau, la fourniture d'énergie et d'autres contributions essentielles aux populations.

Aujourd'hui, moins d'un quart de la surface de la Terre échappe encore aux impacts substantiels de l'activité humaine, d'ici 2050, les experts de l'IPBES estiment que ce chiffre sera tombé à moins de 10%.

I.3.2 Politique de développement durable :

Dans le cadre de la gestion durable des terres, le sol est considéré comme un système. A ce titre, une mise en valeur de ce système par la gestion de la partie amont et aval est fondamentale.

L'adoption des techniques GDT est primordiale pour lutter contre la dégradation des terres afin d'en remédier les menaces qui pèsent la sécurité alimentaire.

I.3.3 Les techniques de la GDT :

Les technologies de GDT mettent en valeur les trois dimensions de durabilité qui sont : économie, sociale et environnement (FAO, 2011)

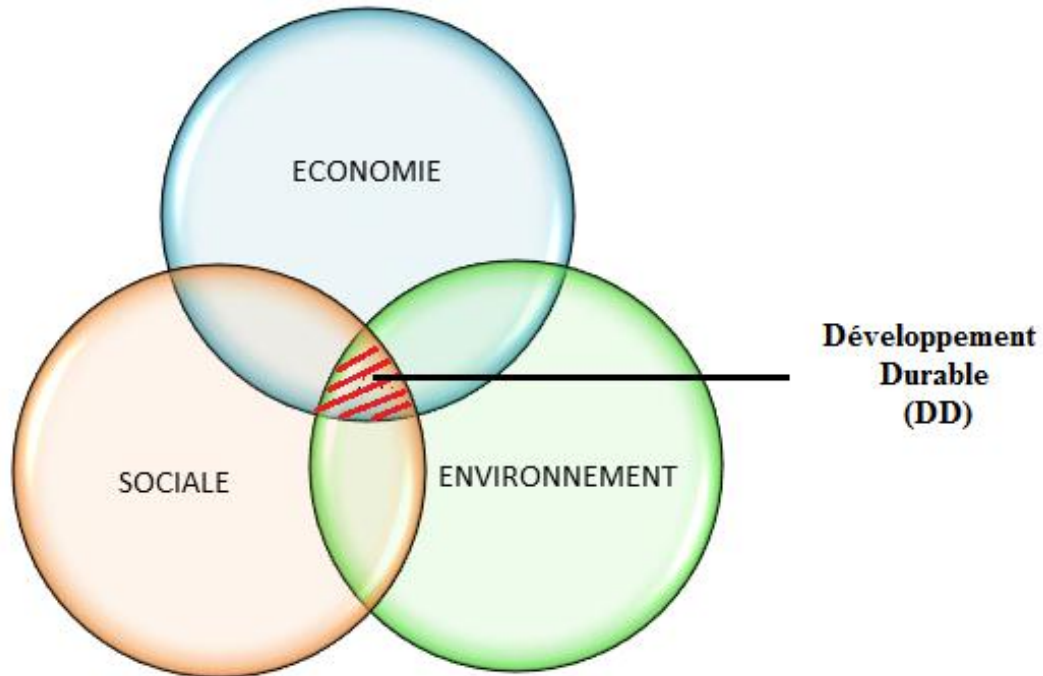


Figure 7: Les trois piliers du Développement Durable (DD)

I.4 L'équation universelle de la perte en terre :

En 1960, Wischmeier a calculé des régressions multiples entre l'érosion des sols et les différents paramètres du sol sur des parcelles d'expérience par la formule de perte en terre $A=2,24 \times R \times K \times LS \times C \times P$, sous la pluie naturelle et sous la pluie simulée. Après simplification, il s'avère que l'érosion dépend essentiellement du taux de matières organiques du sol, de la texture du sol et enfin de la structure de l'horizon de surface et de sa perméabilité.

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

II MATERIELS ET METHODES :

II.1 MATERIELS :

Dans le cadre de la réalisation de ce mémoire, divers matériels ont été indispensable pour aboutir chaque étape du travail, il y a les matériels de terrain, matériels de laboratoire et les logiciels de traitement d'image et de données

II.1.1 Matériels sur terrain :



Figure 8: Matériels sur le terrain : (a) sachets en plastiques – (b) bêche – (c) GPS

II.1.2 Matériels au laboratoire :

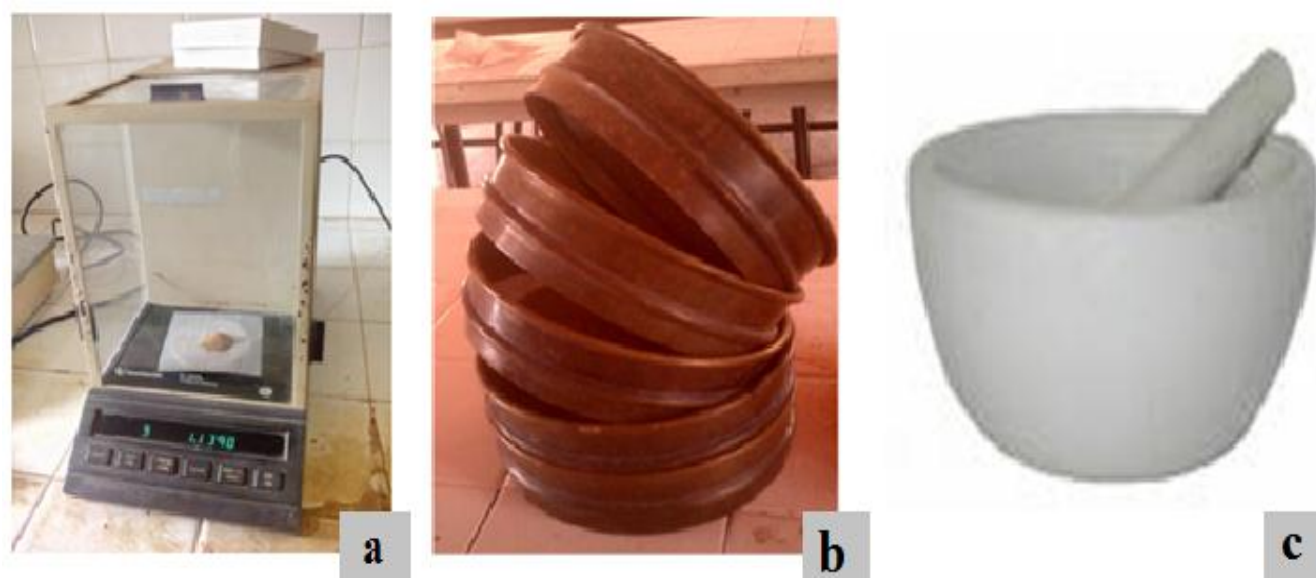


Figure 9: Matériels au laboratoire pour la granulométrie : (a) balance de précision – (b) série de tamis – (c) mortier en porcelaine

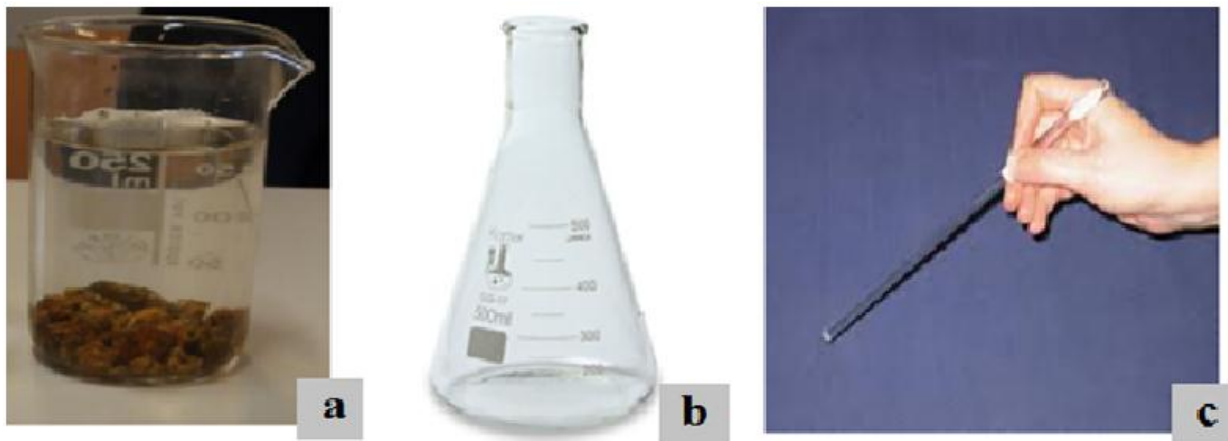


Figure 10: Les matériels au laboratoire pour l'analyse des éléments nutritifs : (a) bécher – (b) erlenmeyer – (c) baguette de verre

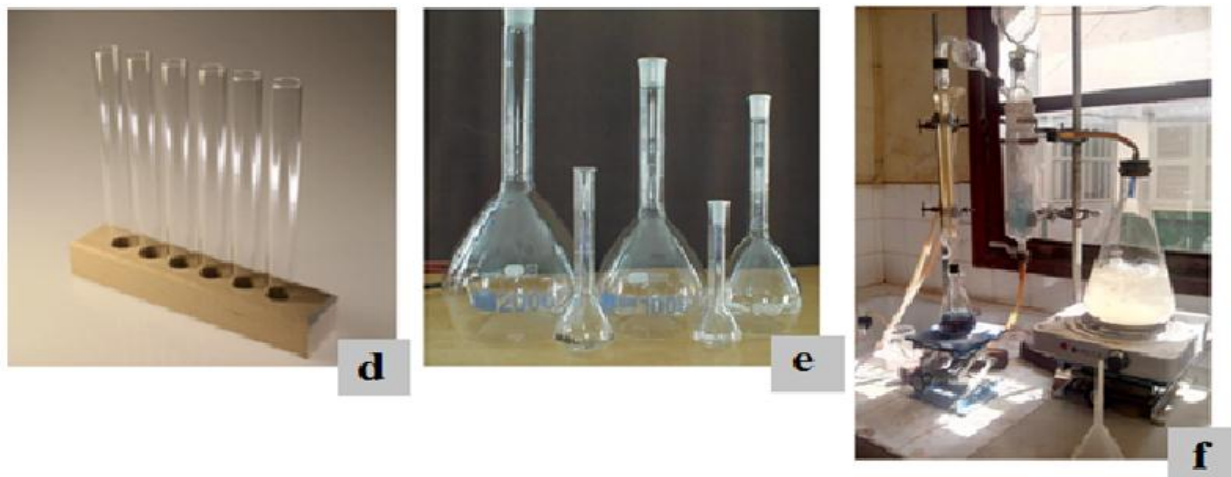


Figure 11: (d) tubes à essai – (e) fiole jaugée – (f) tube de digestion

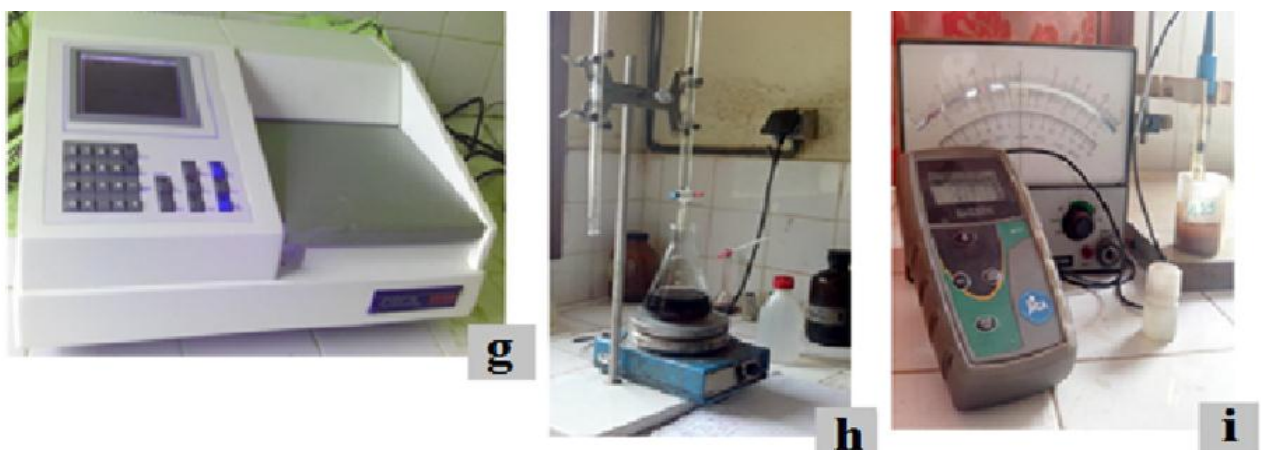


Figure 12: Les matériels au laboratoire pour l'analyse des éléments nutritifs : –(g) spectromètre UV/VIS à la longueur d'onde de 660nm – (h) appareil à distillation – (i) pH mètre

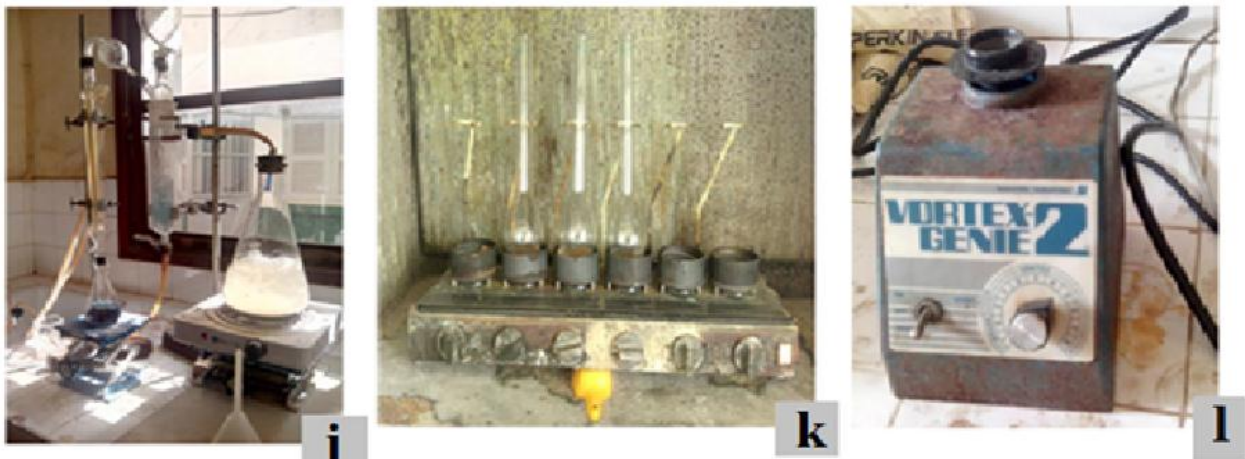


Figure 13: (j) catalyseur de minéralisation - (k) machine à chauffage – (l) vortex

II.1.3 Logiciels de traitement des données et d'image :

- Microsoft Word
- Excel
- Paint
- ArcGIS
- Google Earth

II.2 METHODES:

La méconnaissance sur les différents facteurs du milieu mène à la dégradation de l'écosystème, dans le but d'essayer de renforcer les acquis de la recherche dans la zone pour optimiser à la gestion durable des terre avec la collaboration avec PNUD Madagascar, GEF/SGP ont permis d'accomplir ce travail.

Des mesures ont été prises par des nombreux organismes afin de réduire la dégradation des terres et cette étude va élaborer un système pour assurer la gestion durable des terres.

II.2.1 Cadre logique de l'étude :

Le cadre logique de l'étude est une méthode qui permet d'atteindre les résultats attendus, compte tenu des objectifs. Le tableau 2 suivant représente la démarche à suivre des diverses méthodes réalisées.

Tableau 2: Cadre logique de l'étude

Objectif principal :		
Minimiser les risques et de maximiser la production pour y parvenir à la « sécurité alimentaire humaine » tout en préservant l'environnement.		
Objectifs spécifiques (O)	Méthodes (M)	Résultats attendus (R)
O1 : Contribuer à la connaissance de la situation de la zone d'étude	M1 : Evaluation de l'importance des impacts sur terrain	R1 : La répercussion de l'impact est classée
O2 : Dédire les textures, classes, les constituants chimiques des sols	M2 : Analyse granulométrique, Analyse chimique, Analyse physique	R2 : Définir les apports nécessaires pour corriger les sols cultivables
O3 : Réduire l'érosion	M3 : Calcul de perte en terre	R3 : Avancer des recommandations pour aménager la zone d'étude

(Source : Tahiry)

La méthodologie comporte les étapes suivantes pour atteindre les objectifs sus assignés au sein de PNUD sur la zone d'étude pour y parvenir à un résultat attendus satisfaisants.

II.2.2 Les démarches adoptées :

II.2.2.1 Sur terrain :

La descente sur terrain a été financée et sous encadrée par le MCDC (Malagasy Communication Development and Council). L'étude sur terrain consiste tout d'abord à évaluer le milieu d'étude sur l'impact environnement face aux activités humaines et à prélever des échantillons pour les diverses analyses.

A. Etude d'impact environnemental (EIE) de la zone d'étude face à l'activité humaine:

Cette étape consiste à identifier les impacts sur l'environnement de la zone d'étude ainsi qu'évaluer l'importance de ces impacts.

Identification des impacts

Le tableau suivant est confectionné pour l'identification et la typologie des impacts

Tableau 3 : Identification des impacts

Source d'impact	Activités humaines	
Milieux récepteur	Environnement	
Impacts	DESIGNATION	
	Codes	
	Types	

(Source : Office National pour l'Environnement)

L'évaluation de l'importance des impacts, notons (I) se calcul grâce à la formule suivante :

$$I=D+E+A+O$$

Avec

I : Importance des impacts

D : Durée

O : Probabilité d'occurrence

A : Amplitude

E : Etendue

La valeur de l'importance des impacts I se détermine en fonction des critères des 4 sigles (D, E, A et O) donnés dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4: Evaluation de l'importance des impacts

Sigles	D : Durée	E : Etendue	A : Amplitude	O : Probabilité d'occurrence
Critères	1 : Courte (-3ans)	1 : Ponctuelle	1 : Faible	1 : Faible (<2%)
	2 : Moyenne (3 à 9ans)	2 : Local	2 : Moyenne	2 : Moyenne (<25%)
	3 : Longue (+9ans)	3 : Régional	3 : Forte	3 : Forte (>25%)

(Source : Office National pour l'Environnement)

B. La répercussion de l'impact :

La méthode quantitative ou matrice permettra de donner la typologie des impacts après les évaluations de son importance. Sa répercussion sera classer ensuite (si c'est faible, moyen ou forte) grâce à l'intensité des dégâts provoqués. En rapportant la valeur de I dans le tableau de matrice (tableau 5), la répercussion sera définie.

Tableau 5: Matrice ou méthode quantitative

Types d'impacts	Valeur de l'importance d'impact	Résultats	
Mineur	4, 5, 6	Répercussion	FAIBLE
Moyen	7, 8, 9		MOYEN
Majeur	10, 11, 12		FORTE

(Source : Office National pour l'Environnement)

C. Prélèvement des échantillons :

Le prélèvement des échantillons de sols était fait dans 3 parcelles bien repérables dans la rizière de Manerinerina, dont le but de l'opération est de déduire les typologies des sols et suivre le niveau de la fertilité des sols par des analyses granulométriques et analyses des éléments composantes. Ces 3 échantillons étaient mis dans des sachets plastiques numérotés. Les prélèvements de ces échantillons se font dans des parties fraîches c'est-à-dire non exposés à l'air libre de 5 à 10cm de profondeur.

Tableau 6: Echantillonnage

Parcelle	Culture principale	Couverture	Code de l'échantillon
Parcelle 1	Riz	néant	N1
Parcelle 2	Riz	néant	N2
Parcelle 3	Riz	Quelques herbes	N3

Pour chaque échantillon, au minimum 12 prises dans la parcelle ont été prélevé pour avoir le mélange qui constituera l'échantillon moyen. Le choix du prélèvement d'échantillons de sols suit la méthode en zig zag (Figure14) (Guigou et al, n.d. in Revue Purpan, n°134)

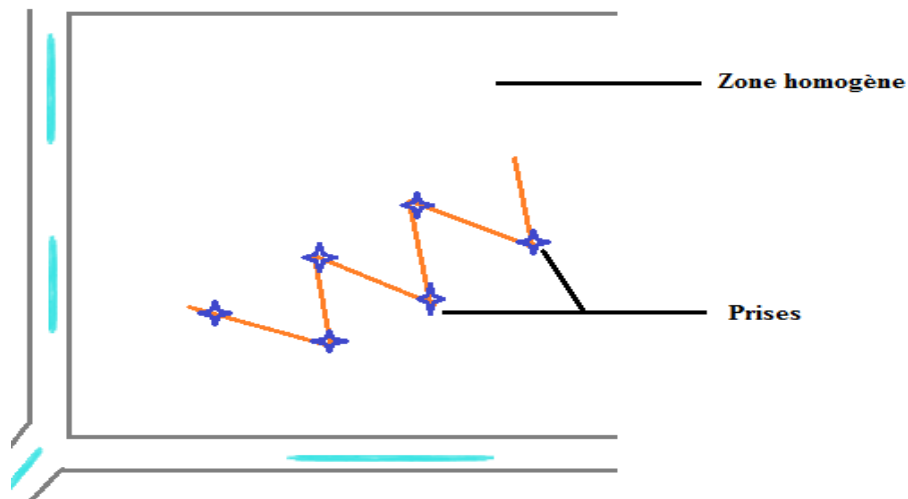


Figure 14 : Prélèvement Zigzag d'échantillons de sols

II.2.2.2 Au laboratoire

A. Analyse granulométrique :

i. Par méthode de poignée de la main :

Cette méthode de poignée de main (Figure 15) consiste à prendre un petit échantillon de sol sec dans la main puis on l'écrase entre les doigts.

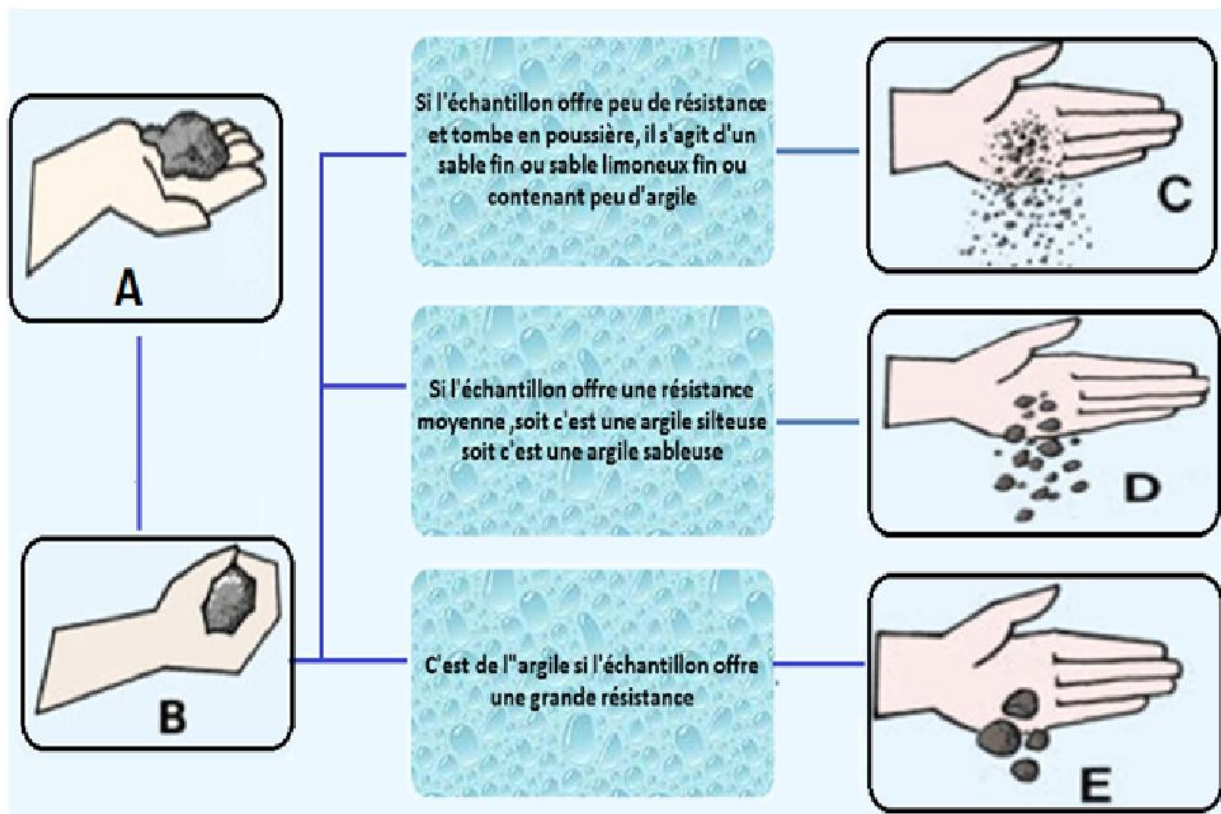


Figure 15 : Méthode de poignée de la main

ii. Par désagrégation des sols :

A l'aide d'un mortier et d'un pilon de bois qui ne risquant pas de broyer les sables siliceux et calcaire qu'on désagrège le sol induré pour avoir un sédiment meuble.



Figure 16: Etapes de désagrégation du sol

iii. Tamisages :

Les tamisages des échantillons prélevés servent à séparer la terre fine de la fraction grossière. L'opération se fait avec une série de tamis.

La méthode par tamis consiste à prélever une portion d'échantillon séchée et séparée par vibration sur une série de tamis superposés. Par la suite, le contenu de chaque tamis est pesé et la fraction d'échantillon recueillie par tamis est rapportée sur la quantité d'échantillon totale.

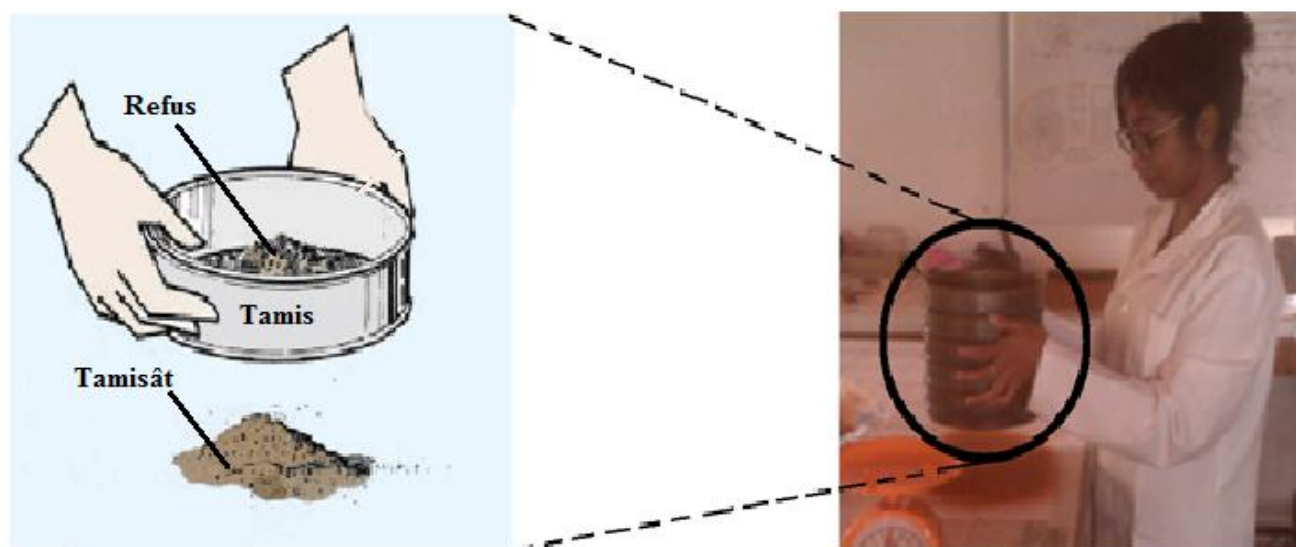


Figure 17: Mode de tamisage

Cette méthode permet de classer les sols selon les diamètres de leurs grains c'est-à-dire la classification granulométrique des sols.

Une série composée de 5 tamis qui est représenté par les numéros respectifs suivants : 14, 16, 20, 70 et 80 dont chaque tamis possède une ouverture de maille correspondant au numéro indiqué suivant la série américaine TYLER.

Le refus est la partie du matériau retenu sur un tamis, le tamisât ou passant est la partie du matériau passant à travers les mailles des tamis (Philbertina., 2015)

Ces trois méthodes précédentes sont tous faites dans le but de déterminer la composition centésimale du sol d'après la grosseur des particules qui le constituent dont on distingue trois types : Les sables, le limon et l'argile (en allant des plus grossières aux plus petites).

Le tableau 7 ci-dessous montre le numéro des tamis avec l'ouverture de maille et le diamètre des grains correspondant.

Tableau 7: Diamètre correspondant à chaque maille et appellation agréées

(Source : inspiré du tableau de la classification granulométrique, Ando, 2015)

Numéros des tamis	Ouverture de maille correspondant (mm)	Diamètre des grains	Variétés des grains à travers les tamis	Appellation agréées	
14	d = 1.168	d<1.92	Grains grossiers et très grossiers	SABLES	Grossiers
16	d =0.981	0.88<d<1.92			
20	0.833≥d≥0.495	0.52<d<0.88	Grains moyens à fin		Moyens à fins
70	0.246≥d≥0.175	0.27<d<0.52			
80	d =0.175	d<0.27	Grains fins et très fin	LIMON et argile	

B. Analyse des éléments nutritifs :

L'analyse des éléments nutritifs qui a été réalisé au laboratoire de pédologie FOFIFA à Tsimbazaza

L'analyse du sol se procède comme suit :

-Les échantillons ont été séchés de manière lent à l'air libre qui seul peut conserver au sol ses propriétés

-Tamisage des échantillons sur un tamis à tamisât de 2mm, puis broyage de ces même échantillons et à faire passer à travers un tamis de 0,5mm d'ouverture (réservé pour les analyses carbone organique et azote KJELDAHL), les analyses physiques et chimiques se portent sur cette terre fine.

i. Analyses physiques :

Cette analyse comporte 2étapes :

-Analyse du pH : cette étape permet de déduire la valeur du Ph par la différence de potentiel créée entre une électrode de verre et une électrode de référence plongée dans une solution.

-Analyse des éléments organiques pour déterminer le taux de Carbone et Azote dans le sol, qui permettra ensuite de calculer le Rapport C/N et la Matière Organique

ii. Analyses chimique :

Afin de déterminer la teneur totale des éléments nutritifs, nous avons utilisé les méthodes :

-Attaque d'acide perchlorique et le carbone organique pour la détermination de l'acide phosphorique assimilable (P_2O_5) et du potassium (K_2O).

II.2.2.3 Estimation de la perte en terre selon l'équation USLE, par la méthode de calcul sur Excel :

Dans le but de la détermination de la perte en élément par érosion, il est indispensable de calculer la perte en terre selon l'équation USLE ou l'équation universelle des pertes en terre ou « Universal Soil Loss Equation » (Stone et al, Mai 2000) qui prévoit le taux annuel moyen d'érosion sur la pente d'un champ, en fonction de la configuration des pluies, du type de sol, de la topographie, du système cultural et des pratiques de gestion. Elle a été conçue pour mesurer l'influence du système cultural et du système de gestion sur l'érosion.

L'USLE comprend cinq facteurs qui gouvernent le phénomène de l'érosion et les simulations représentent des valeurs moyennes annuelles de perte en terre donné par la formule suivante :

$$A = 2,24 \times R \times K \times LS.C \times P \text{ (Wischmeier et Smith, 1978)}$$

Où

- ✓ **A** : représente les pertes de sol annuelles moyennes possibles à long terme en tonnes par hectare par année (T/ha/an)
- ✓ **2,24** : coefficient permettant d'utiliser le système métrique pour les pertes en terre.

✓ **R** : correspond à l'indice d'érosivité (en usa)

L'agressivité des pluies qui est égal à l'énergie cinétique qui se multiplie par leur intensité maximale des pluies durant 30minutes est caractérisée par le facteur R, il correspond aux risques érosifs d'impact de la goutte de pluie

Avec les données pluviométriques recueillies dans la station d'Ambotsilaozana Ambato durant les deux années successives (2015-2016), par la méthode de calcul sur l'Excel, l'indice d'érosivité selon Wischmeier et Smith, 1978 est déterminé en six étapes grâce aux formules suivantes :

- La conversion des nombre de jour (Nj) d'orage en heure représente le Nombre d'heure (Nh)

$$\mathbf{Nh = Nj \times 24}$$

Le taux maximal prolongé de détachement et de ruissellement (Ip) (cm/h)

$$\mathbf{Ip = \frac{h}{Nh}}$$

Avec h = hauteur totale de la pluie pour la durée considérée (en cm)

- L'énergie cinétique de la pluie (Tm/ha)

$$\mathbf{Eu = 210 + 89 \log Ip}$$

- Le volume de précipitation et de ruissellement E(Tm/ha/cm)

$$\mathbf{E = Eu \times h}$$

- L'intensité maximale de la pluie de durée de 30 min pour l'orage considéré (cm/h) ou I30 se calcule par la formule suivante :

$$\mathbf{I30 = \frac{Ip}{2}}$$

- Finalement, l'indice d'érosivité mensuelle R se calcul grâce au volume totale de la précipitation et de ruissellement (E) et de l'intensité maximale des pluies durant 30minutes.

$$\mathbf{R = \frac{\sum E \times I30}{100}}$$

✓ **K** : le facteur d'érodabilité du sol [$\frac{t.h}{MJ.mm}$]

Il représente l'influence des propriétés du sol face à l'érosion, ce facteur est un élément vital du sol lié à ses propriétés chimiques et physiques dont concernant surtout la structure, la texture, la quantité de la matière organique contenue dans le sol étudié.

En 1975, ROOSE a effectué des expériences en Afrique, en tirant les normes de la valeur du K selon les types de sols, le tableau 8 suivant représente ces valeurs.

Tableau 8: Valeur d'érodibilité (K) selon les types de sols d'après ROOSE en 1975

TYPES DE SOL	ERODIBILITE (K)
Sols ferralitiques	0,01 à 0,18
Sols ferrugineux	0,20 à 0,30
Sols lessivés	0,20 à 0,70

✓ **L et S** : correspondent respectivement aux facteurs de longueur et d'inclinaison de la pente

C'est la mesure de la combinaison entre l'effet de la longueur L et la complexité de la pente S face à l'érosion. Dans la présente étude, les caractéristiques de la pente n'étaient pas précises or il est nécessaire de prendre des valeurs d'estimation d'après l'équation universelle des pertes en terre.

Sa formule est égale à :

$$LS = \left(\frac{L}{100} \right) (0,76 + 0,053S + 0,076S^2)$$

Avec

LS = indice topographique

L = longueur de la pente (en m)

S = inclinaison (%)

✓ **P** : Facteur antiérosif :

Le facteur P tient compte des pratiques purement antiérosives comme le labour ou le billonnage en courbe de niveau qui modifie la capacité de transport par l'eau et la culture en bande ou en terrasse qui réduit les sédiments.

Il varie entre 1 sur un sol nu sans aucun aménagement antiérosif à 0,1 environ, lorsque sur une pente faible, on pratique le billonnage cloisonné (Roose, 1996).

Tableau 9 : Indice antiérosif de l'Afrique de l'Ouest (WISCHMEIER et ROOSE)

PAYS	PRATIQUES ANTIEROSIVES	Valeurs de facteur des aménagements antiérosifs(P)
AFRIQUE DE L'OUEST	Aucun	1
	Billonnage isohypse cloisonné	0,20 à 0,10
	Bandes antiérosives de 2 à 4 m de large	0,30 à 0,10
	Mulch de paille	0,01
	Mulch Curasol (60 gr/l/m ²)	0,50 à 0,20
	Prairie temporaire ou plantes de couvertures	0,50 à 0,10
	Bourrelets armés ou murettes en pierres sèches (dénivelées : 80 cm) +Labour et binage isohypse et fertilisation équilibrée	0,10

✓ **C** : représente le facteur de gestion des cultures

La couverture végétale est le second facteur le plus important qui contrôle le risque d'érosion hydrique du sol après le facteur LS, il est défini comme un ratio de perte en sol sur les terrains cultivés (Wischmeier et Smith, 1978).

Tableau 10: Influence du couvert végétal sur l'érosion en Afrique de l'Ouest (ROOSE, 1973)

PLANTES ET TECHNIQUES CULTURALES		Valeurs du facteur agronomique (C) annuelles moyennes (sans unité)
Sol nu		1
Forêt dense ou culture paillée abondamment		0,001
Savane et prairie en bon état		0,01
Savane et prairie brûlées et/ou sur pâturées		0,1
Plantes de couverture à développement rapide et plantation hâtive dès la première année		0,3 à 0,8
Mais, sorgho, mil (en fonction du rendement)		0,01 à 0,1
Riz en culture intensive		0,4 à 0,9
Coton, tabac (en second cycle)		0,1 à 0,2
Arachide (en fonction date de plantation)		0,5
Manioc (1ère année), igname (selon date de plantation)		0,4 à 0,8
Palmier, café, cacao avec plantes de couverture		0,2 à 0,8
Ananas à plat (en fonction de la pente) pente 4 à 20%	- Résidus brûlés	0,1 à 0,3
	- Résidus enfouis	0,1 à 0,5
	- Résidus en surface	0,1 à 0,3
Ananas sur billon cloisonnés (pente 7%)		0,01 à 0,1

PARTIE III : RESULTATS

et INTERPRETATION

III.1. RESULTATS ET INTERPRETATIONS :

III.1.1 Carte d'occupation des sols dans la localité de Manerinerina

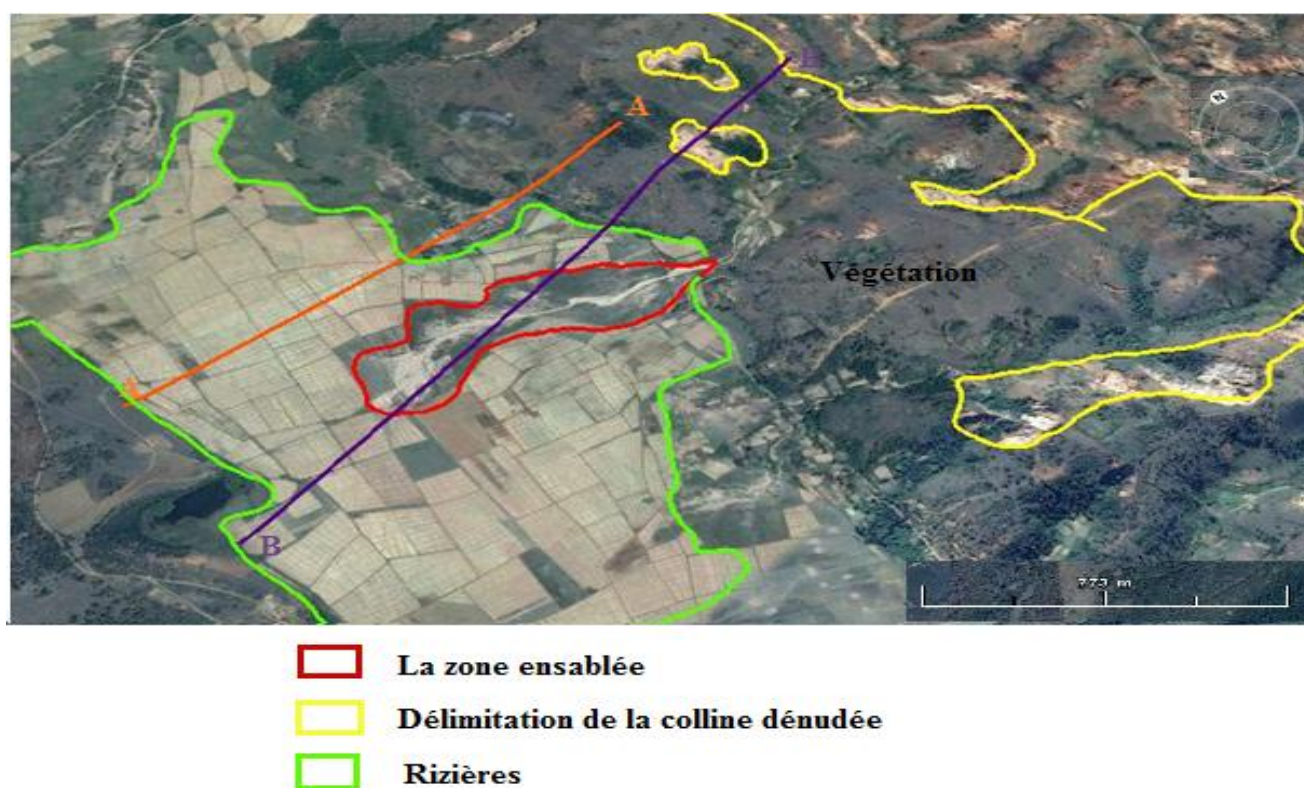


Figure 18: Carte d'occupation des sols de Manerinerina en 3dimensions

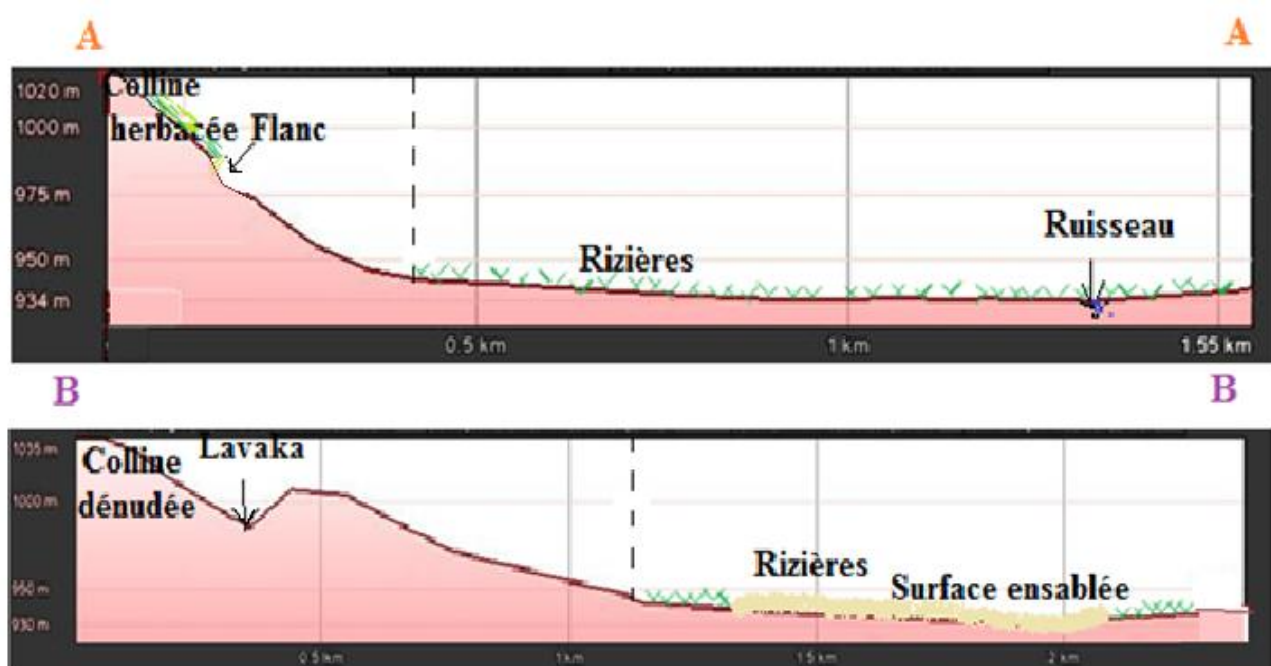


Figure 19: Transects montrant les différents reliefs dans la zone d'étude

III.1.2 Impacts de l'érosion dans la zone d'étude par diagnostic de la situation :

Le tableau 11 suivant représente un diagnostic des activités anthropiques sur l'environnement. Il permet de mettre en exergue la désignation, le code et la typologie des impacts

Tableau 11 : Identification des impacts

Source d'impact	Activités humaines	
Milieux récepteur	Environnement	
Impacts		La dégradation avancée de l'environnement des versants dans la localité de Manerinerina présente des impacts négatifs sur les bas-fonds :
	D E S I G N A T I O N	<p>-Dégradation hydrique : Les réseaux d'irrigation rencontrent de problème d'ensablement qui les rend non fonctionnels. Le plus grave c'est l'ensablement dans les rizières (Figure 20), par des alluvions de couleur rougeâtre (Figure 21)</p> <p>En période de pluie les rizières sont inondées et deviennent moins fertiles, et certaines surfaces deviennent temporairement impropres à toute culture jusqu'à ce que les usagers arrivent à dégager les alluvions.</p> <p>-Dégradation biologique : diminution de la couverture végétale, perte d'habitats, perte de biomasse</p> <p>-Dégradation chimique des sols: baisse de la fertilité des sols, chute du taux de la matière organique, salinisation</p> <p>-Dégradation physique des sols : compactage, encroûtement et asphyxie</p>
	Codes	ISO
	Types	<p>-Négative</p> <p>-Indirect</p> <p>-Immédiat</p>

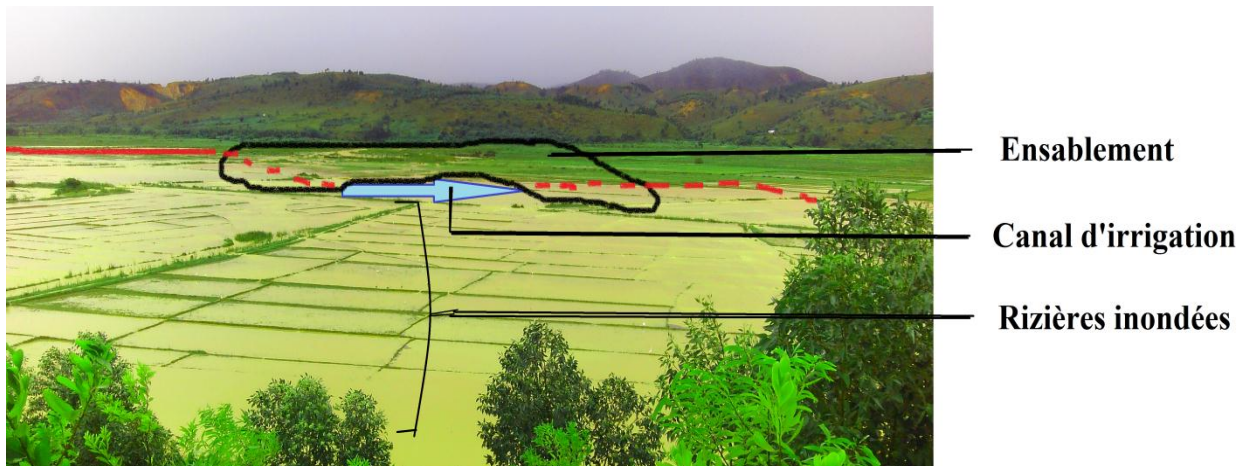


Figure 20 : Ensablement dans le bas-fond périmètre de Manerinerina (Mars 2016)

(La flèche bleue représente le sens d'écoulement, le trait rouge délimite les rizières inondées, la partie ensablée est contourner en noir)



Figure 21: Rizières ensablées d'alluvions

Le tableau d'évaluation des impacts a permis de déterminer les 4 indices selon les critères qui les correspondent.

D : Durée =2 (Moyenne (3 à 9ans))

E : Etendue =2 (Local)

A : Amplitude= 3 (Forte)

O : Probabilité d'occurrence =2 (Moyenne (<25%))

$$I = D + E + O + A$$

$$I = 2 + 2 + 3 + 2 = 9$$

En rapportant le résultat de l'importance des impacts I dans la matrice ou méthode quantitative dans le tableau 5, $I=9$ démontre que la répercussion est moyenne, l'impact est donc moyen, nécessite l'application des mesures de déviation.

III.1.3 Analyse granulométrique :

i. Test de poignée de main:

Comme tous les échantillons prélevés ont tous une faible résistance au touché, d'après la méthode de poignée de mains, il s'agit de sable ou sable limoneux fin et contenant peu d'argile

ii. Tamisages :

Tableau 12: Identification selon la granulométrie

Numéro Tamis	Diamètre des grains	N°	N°2	N°3	Variétés des grains à travers les tamis	Appellation agréés	
		En (g)					
14	d<1.92	60	30	20	Grains grossiers et très grossiers	SABLES	Grossiers
16	0.88<d<1.92	20	20	20			
20	0.52<d<0.88	80	90	50	Grains moyens à fin		Moyens à fins
70	0,7<d<0,52	90	80	110			
80	d<0.27	40	70	80	Grains fins et très fin	LIMON (avec de l’argile)	

L'histogramme représenté par la figure 20 montre la masse de chaque variété des grains des trois échantillons en suivant l'ordre de tamis.

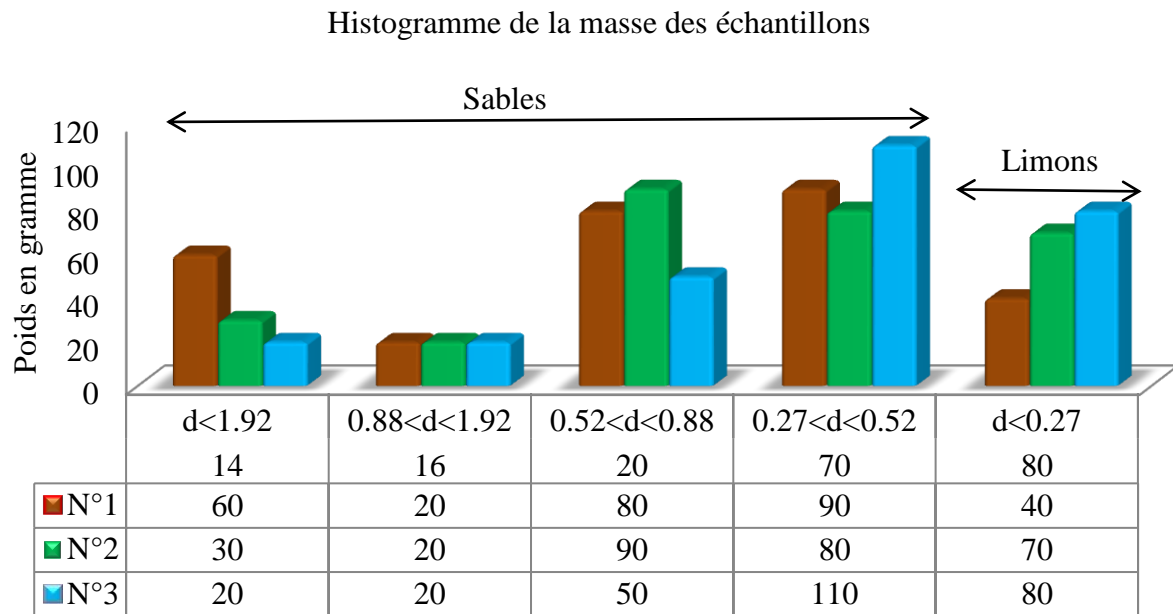


Figure 22: Histogramme de la masse des échantillons

Pourcentage granulométrique

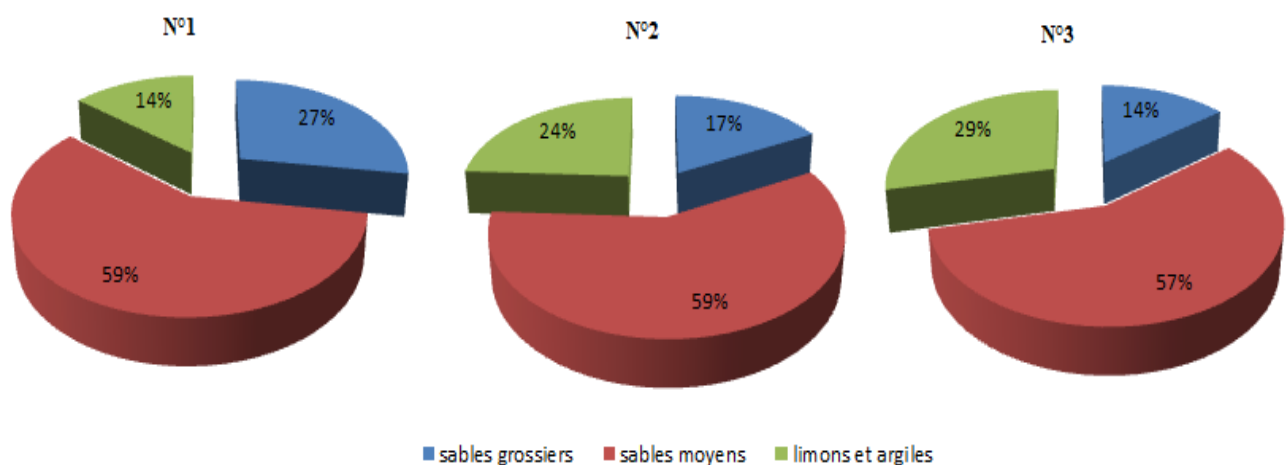


Figure 23: Pourcentage granulométrique

Le pourcentage granulométrique de chaque échantillon représenté par la figure 23 montre que les 3 échantillons ont la même classe texturale qui est le sable-limoneuse. L'analyse granulométrique justifie que si la classe texturale est sablo-limoneuse le pourcentage du sable devrait être dominant (% Sable > 60%).

III.1.4. Résultats de l'analyses physiques et chimiques à l'issu des travaux de Laboratoire au sein de FOFIFA Tsimbazaza :

A. Les éléments organiques :

Tableau 13: Résultats des analyses des éléments organiques :

Echantillons	pH eau	C(%)	N(%)
N°1	4,75	0,95	0,063
N°2	4,43	0,96	0,070
N°3	4,65	1,30	0,098

(Source : FOFIFA Tsimbazaza)

i. pH en eau :

Un sol ayant un pH inférieur à 7 est acide, un sol ayant un pH supérieur à 7 est basique comme montre la figure 22 ci-dessous :

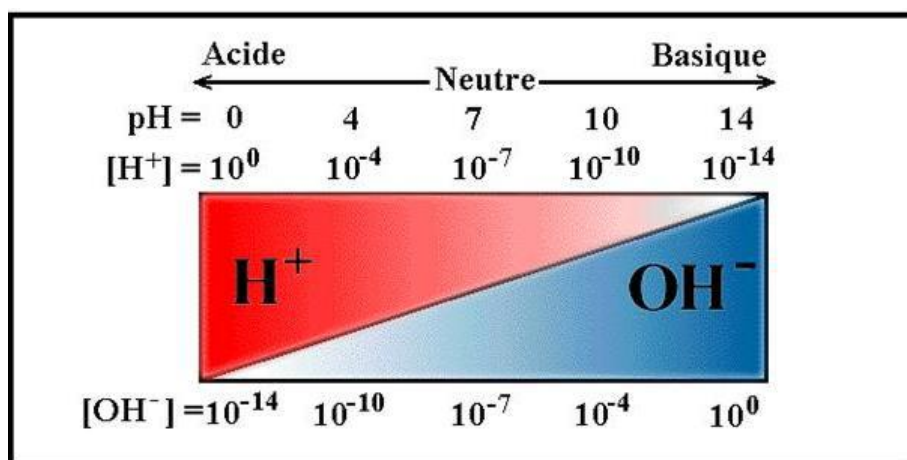


Figure 24: pH

Le degré d'acidité ou de basicité du sol joue un rôle très important sur l'assimilation des éléments nutritifs par la plante, compte tenu des normes concernant le pH en eau, les sols qui contiennent 15 à 20% d'argile doit avoir un pH égal à 6,2-6,4 (GUIGOU et al.in Revue Purpan).

Les résultats des analyses présenter (cf. tableau 13) démontrent que les échantillons de sols ont des pH très acides, de valeur ($pH < 5$). Il serait préférable d'améliorer le pH pour obtenir la

valeur sollicitée (6,2-6,4) par une technique de chaulage ou d'amendement calcique tel que l'ajout de la dolomie et de marne afin de réduire l'acidification et de neutraliser l'acidité produite par les microorganismes.

ii. Matières organiques (MO) :

La quantité de MO est obtenue à partir d'un dosage de carbone C par la formule

$$MO = C \times 1,72$$

La valeur souhaitable de la MO dépend principalement du type du sol défini par le taux d'argile, la quantité et la qualité de MO suffisantes permet de maintenir le bon état d'ameublissement, de stabiliser la structure du sol et d'augmenter la réserve en eau du sol.

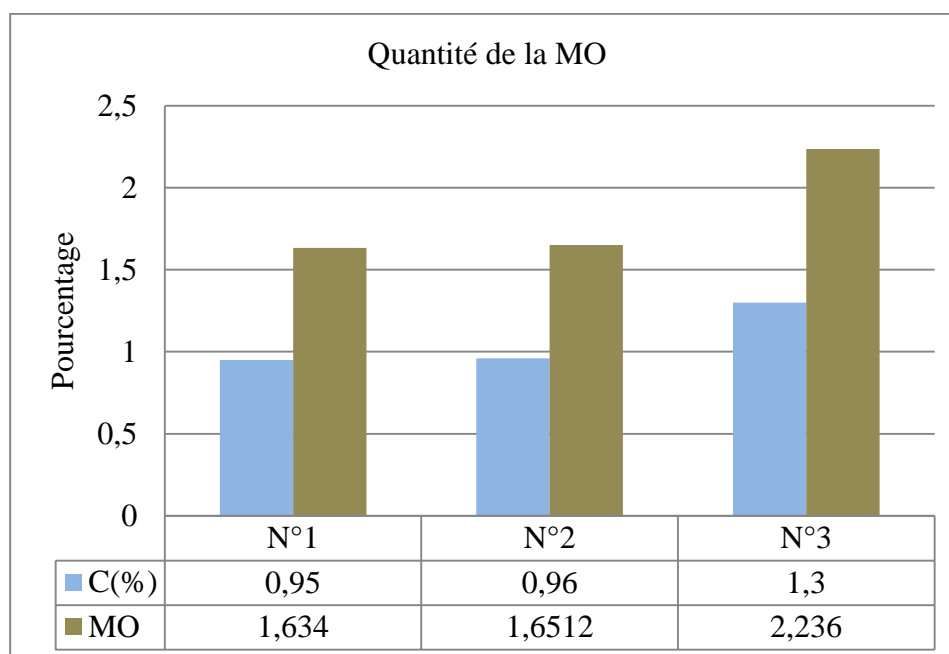


Figure 25: Histogramme montrant la quantité de MO

La figure ci-dessus montre la quantité de la MO contenu dans les trois échantillons, en tenant compte de la norme du taux souhaitable en MO en suivant le taux d'argile, si le pourcentage d'argile est compris entre (15-25%), (2,0-2,5 %) de MO sera la quantité pour que le milieu soit favorable aux cultures.

iii. Ratio-carbone :

L'indicateur de la dynamique de décomposition de la matière organique du sol se calcul par le rapport entre le carbone C et l'azote N donc d'après les doses du carbone et de l'azote le tableau suivant montre le rapport C/N (Ratio-carbone)

Tableau 14: Le ratio-carbone

Echantillons	N°1	N°2	N°3
N %	0,063	0,070	0,098
C %	0,95	0,96	1,30
C/N %	15,1	13,7	13,3

Le ratio carbone sur l'azote C/N dans les trois cas est tous supérieur à 12 ce qui signifie la bonne évolution des MO

B. Les éléments chimiques :

Tableau 15: Résultats d'analyses des éléments chimiques

Echantillons	P (ppm)		K (méq/100g)	
N°1	0,6	Satisfaisant	0,223	Moyen
N°2	0,2		0,236	
N°3	0,9		0,426	Riche

(Source : FOFIFA Tsimbazaza)

Pour une meilleure production agricole, l'abondance de l'azote, du phosphore et du potassium sont primordiaux car ils nourrissent les cultures et maintiennent la productivité des sols. D'après les normes d'interprétation, le seuil de carence en potassium échangeables dans un sol très sableux est de 0,05-0,06 me/100g de sol (FOFIFA). De ce fait, les résultats montrent que les 3 échantillons ont un taux de potassium satisfaisant.

III.1.5 Application de l'équation de WISCHMEIER pour l'estimation de perte en terre dans le périmètre de Manerinerina :

Les valeurs de chaque facteur qui détermine l'équation de WISCHMEIER :

$$A=2,24 \times R \times K \times LS \times P$$

i. Facteur R :

Les données pluviométriques recueillies dans la station Ambohitsilaozana ont permis de calculer les indices d'érosivité R au cours des deux années. WISCHMEIER a mesuré les pertes en terre par l'indice d'agressivité climatique définie comme la somme des produits de l'énergie cinétique des pluies unitaires par leur intensité durant 30 mn et le tout divise par 100

$$R = \frac{\sum Et \times I_{30}}{100}$$

Avec $\sum Et = \sum E \times I_{30}$

I : Intensité de la pluie

E : Energie cinétique (Tm/ha/cm)

R : indice d'érosivité (exprime en unités américaines), R_{usa}

Les valeurs de R sont obtenues par le calcul suivant (Tableau 16) et le détail des calculs sont donnés dans les deux tableaux (17 et 18)

Tableau 16: Valeur de l'indice d'érosivité

Indice d'érosivité /Années	R1 (2015)	R2(2016)
Formules	$R = \frac{\sum Et \times I_{30}}{100}$	
Application numériques	$R1 = \frac{812,9}{100}$	$R2 = \frac{1\,553,9}{100}$
Résultats (exprimé en usa)	R1= 8,13	R2=15,54

En 2015, la valeur de l'indice d'érosivité R est de R1= 8,13 usa en 2015, cette valeur s'est presque doubler jusqu'à R2=15,54 usa en une seule année. L'augmentation de l'agressivité de l'érosion est due par les fortes pluies durant l'année 2016.

Sigles	h (mm)	Nj(jour)	h (cm)	Nh(heure)	Ip (cm/h)	I ₃₀ (cm/h)	Eu(Tm/ha)	E(Tm /ha/cm)	Et(Tm/ha/cm)
Mois/Formules	Données pluviométriques			Nj×24	$\frac{h}{Nh}$	$\frac{Ip}{2}$	210+89logIp	Eu×h	ΣE×I ₃₀
Janvier	231,8	11	23,18	264	0,088	0,044	115,97	2 688,24	254,95
Février	142,1	15	14,21	360	0,039	0,020	85,07	1 208,84	114,61
Mars	133,3	7	13,33	168	0,079	0,040	112,06	1 493,72	230,39
Avril	7,4	4	0,74	96	0,008	0,004	21,94	16,24	22,38
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	2,2	2	0,22	48	0,005	0,002	1,85	0,41	13,31
Juillet	4,1	3	0,41	72	0,006	0,003	10,24	4,20	16,53
Août	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octobre	0,4	1	0,04	24	0,002	0,001	37,26	1,49	4,84
Novembre	19,4	5	1,94	120	0,016	0,008	50,57	98,10	46,94
Décembre	36,0	4	3,60	96	0,038	0,019	83,09	299,12	108,89
Total								ΣE= 5 807,37	ΣEt =812,9

Tableau 17: Indice d'érosivité R de l'année 2015 (R1)

Tableau 18: Indice d'érosivité R de l'année 2016 (R2)

Sigles	h (mm)	Nj(jour)	h (cm)	Nh(heures)	Ip (cm/h)	I ₃₀ (cm/h)	Eu(Tm/ha)	E(Tm /ha/cm)	Et(Tm /ha/cm)
Mois/Formules	Données pluviométriques			Nj×24	$\frac{h}{Nh}$	$\frac{Ip}{2}$	210+89logIp	Eu×h	$\Sigma E \times I_{30}$
Janvier	218,6	20	21,86	480	0,046	0,023	90,60	1 980,48	215,47
Février	289,0	16	28,90	384	0,075	0,038	110,01	3 179,42	356,08
Mars	36,7	8	3,67	192	0,019	0,010	57,04	209,34	90,44
Avril	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	3,2	4	0,32	96	0,003	0,002	10,46	3,35	15,77
Juin	17,9	6	1,79	144	0,012	0,006	40,41	72,33	58,81
Juillet	31,4	8	3,14	192	0,016	0,008	51,01	160,18	77,38
Août	1,3	4	0,13	96	0,001	0,001	45,28	5,89	6,41
Septembre	1,4	2	0,14	48	0,003	0,001	15,63	2,19	13,80
Octobre	27,1	4	2,71	96	0,028	0,014	72,11	195,42	133,56
Novembre	68,2	6	6,82	144	0,047	0,024	92,11	628,21	224,08
Décembre	275,5	15	27,55	360	0,077	0,038	110,66	3 048,68	362,08
Total								$\Sigma E = 9\,462,64$	$\Sigma Et = 1\,553,9$

ii. Facteur K :

Compte tenu de l'absence de matériels pour les mesures tels que (résistance compression, tamiseurs, sondes d'humidité, pendule de frottement, scléromètres, carotteuses, vibreurs, malaxeurs, capteurs de rayonnement, thermomètres infrarouges, systèmes de respiration du sol, ...) la détermination de cet indice a été faite de façon empirique, en basant sur les valeurs définies par l'expérimentation de ROOSE (1975) en Afrique (cf. tableau 8)

Comme la valeur de K pour les sols ferrallitiques est de [0,01 à 0,18], la valeur moyenne est de $K=0,10$.

iii. Facteur LS indice topographique:

Les valeurs de l'indice de topographie LS pour le versant dans les montagnes de Manerinerina sont déterminées à partir de la combinaison des valeurs de l'inclinaison et la longueur de la pente de la région Alaotra Mangoro

Sur le terrain, d'après constatation de la zone d'étude, la pente est comprise entre 0 à 17 %. La pente du périmètre de Manerinerina est d'environ d'ordre de 15% ($S = 15\%$). La longueur de la pente que nous avons prise est d'environ 1000m ($L = 1000\text{m}$ dont $1\text{pied} = 0,3048\text{ m}$).

Selon la formule de WISCHMEIER : $LS = \left(\frac{L}{100}\right) (0,76 + 0,053S + 0,076S^2)$

$$LS = \left(\frac{1000}{100}\right) (0,76 + 0,0535(15) + 0,0765(15)^2)$$

L'indice topographique a pour valeur $LS=186,5$

iv. Facteur C :

D'autres que les trois facteurs cités ci-dessus (R, LS, et K), le C et le P constituent les paramètres complémentaires d'évaluation des pertes en terre par l'USLE

Le facteur C est estimé en prenant la valeur correspondant parmi la valeur connue pour un certain type de végétation ou culture (Sadiki et Al. 2004), $C=0,1$ correspond à la Savane et prairie brûlées et/ou sur pâturées.

v. Facteur exprimant la protection du sol par les pratiques agricoles (P)

Sur l'ensemble de la zone d'étude, il serait préférable d'adopter $P=1$ sur les pratiques de conservation des sols car après la descente sur terrain, aucune pratique antiérosive n'a été observée.

Tableau 19 : Résultats et interprétations des valeurs de l'application de l'USLE de WISCHMEIER et SMITH dans la zone d'étude.

PARAMETRES	VALEURS	OBSERVATIONS
R	R1= 8,13 usa	Selon Wischmeier et Smith, 1978
	R2=15,54 usa	
K	0,1 [$\frac{t.h}{MJ.mm}$]	Selon ROOSE, 1975
LS	186,5(sans unité)	D'après la formule de WISCHMEIER
C	0,1(sans unité)	Selon le tableau de référence de ROOSE (Influence du couvert végétal sur l'érosion en Afrique de l'Ouest)
P	1(sans unité)	D'après le tableau de référence de WISCHMEIER et ROOSE (Indice P de l'Afrique de l'Ouest)

D'après l'USLE de WISHMEIER et SMITH, la perte en sol (A) pour les deux années successives est donc :

- **Perte en terre en 2015**

$$A1 (t/ha/an) = 2,24 \times R1 \times K \times LS \times C \times P$$

$$A1 = 2,24 \times 8,13 \times 0,10 \times 186,5 \times 0,1 \times 1$$

$$A1 = 33,97 \text{ t/ha.an}$$

- **Perte en terre en 2016**

$$A2 (t/ha/an) = 2,24 \times R2 \times K \times LS \times C \times P$$

$$A2 = 2,24 \times 15,54 \times 0,10 \times 186,5 \times 0,1 \times 1$$

$$A2 = 64,91 \text{ t/ha.an}$$

Les résultats montre qu'en 2015, l'estimation de la perte en sol dans la localité de Manerinerina est de $A1 = 33,97 \text{ t/ha.an}$, celle-ci est très considérable pourtant elle s'est augmenter encore en $A2 = 64,91 \text{ t/ha.an}$ en 2016, cette augmentation est sans doute due à la forte agressivité de la pluie, en 2015 la hauteur de pluie

PARTIE IV :

DISCUSSIONS ET

RECOMMANDATIONS

IV.1 DISCUSSIONS :

IV.1.1 Impacts d'érosion :

Les activités humaines telles que la pratique de la culture itinérante sur brûlis, la production illicite de charbon dans toutes les forêts, les feux de pâturage et d'autres activités destructrices restent parmi les facteurs qui favorisent le phénomène d'érosion qui se présente sous diverses formes (en nappe, en rigole, lavaka). Ces différentes formes d'érosion sont à l'origine de graves répercussions sur l'environnement tel que la perte en terre sur les zones de cultures qui conduit à la réduction de la productivité des sols. Ainsi ces impacts touchent le plan environnemental, économique et social.

i. Sur le plan environnemental :

Perte de superficie rizicole : Les rizières se transforment en un vaste étendu non cultivable par l'action de l'intensité des ruissellements qui transportent les sédiments et entraîne le dépôt dans les rivières,

Baisse de la fertilité du sol dans les bas-fonds : Les sédiments transportés ne sont plus des éléments fertiles tels que les limons et l'argile mais contiennent surtout des sables grossiers avec des alluvions stériles qui envahissent les bas-fonds conduit à la disparition des éléments minéraux et de l'humus dans le sol.

Perturbation des réseaux hydrographiques : Les sédiments qui se déposent dans les réseaux hydrographiques augmentent les niveaux d'eau et les capacités de retenue d'un barrage ceux qui favorise l'inondation en période de cru.



Figure 26: Rizières inondées

-Un approfondissement des lavaka entraîne l'abaissement du niveau de la nappe phréatique or les rivières ne sont plus alimentées en période d'étiage.

ii. Sur le plan socio-économique :

Pertes économique des agriculteurs : La baisse de la production rizicole par la destruction des rizières par l'ensablement provoque l'insécurité alimentaire parce qu'en général la culture de riz est surtout destinée à l'autoconsommation ceci perturbe le développement socio-économique.

La concession agricole de Manerinerina est de 200ha de rizières irriguées dont la riziculture a un rendement 2,6t/ha à 3t maximal, la production rizicole devrait être jusqu'à 533Tonnes.

L'ensablement occupe 55ha de la concession, cette partie de rizière ensablée devrait produire 143Tonnes, comme le prix d'un kilogramme de Paddy peut aller 600 à 700Ar, le manque à gagner avec ces 143Tonnes est d'environ 85800000Ar. La perte économique de la productivité est de 26,82% par année.

IV.1.2 Classification de la perte en sol :

L'USLE peut servir à comparer les pertes en terre provenant d'un champ donné soumis à un système cultural et à un système de gestion particuliers, à des taux de « pertes en terre tolérables » ou encore aux pertes observées avec un autre système cultural ou un autre système de gestion, afin de déterminer la pertinence des mesures de conservation du sol dans la planification des activités agricoles. (Robert ,2012).

Par définition, la perte tolérable de terre est la quantité maximale annuelle de sol qui pourrait être balayé par des ruissellements

Les taux de perte en sol sont illustrés dans le tableau 20, et le niveau tolérable doit être inférieur ou égal à 3 tonnes/acre/an en sachant que (1acre = 0,404 ha ; acre unité de mesure de la perte en sol).

Tableau 20: Classification de niveau de tolérance suggéré en perte de sol

Classe d'érosion de sol	Perte potentielle de Sol (tonnes/acre.an)
Très faible (Tolérable)	< 3
Faible	3-5
Modérée	5-10
Elevée	10-15
Grave	> 15

(Source : Préviation de l'érosion des sols au Canada, 1997)

L'érosion dans la région d'Alaotra selon Randriamanarivoarison 2015, la perte de terre dans la région s'élève jusqu'à 500t/ha/an, la valeur de la perte en sol dans la localité de Manerinerina pour l'année 2015 est de A1=33,97 Tonnes/Hectare/An) qui correspond à 13,7 t/acre/an, tandis qu'en 2016 la perte en sol est de A2=64,91 t/ha.an égal à 26,22t/acre/an

En rapportant ces valeurs des pertes en terre des deux années successives dans le tableau 20 ci-dessous, les classifications suggérées pour la perte en terre sont :

-A1 est comprise entre 10-15 t/acre/an est considéré parmi l'érosion « élevé »

-A2 (A> 15t/acre/an) est classée parmi l'érosion de sol « grave »

A partir le coefficient climatique de FOURNIER $C=P^2/P_t$, avec (P : pluviosité en mm du mois le plus pluvieux, P_t : Pluviosité totale)

L'estimation de l'érosion calculée selon Fournier a donné les résultats suivants :

En 2015, C1= 17,32 t/ha/an et en 2016 la valeur est très considérable, elle est de 82,86t/ha/an.

IV.2 RECOMMANDATIONS :

IV.2.1 Les techniques de la GDT

Ils mettent en valeur les trois piliers du développement durabilité qui sont : l'économie, sociale et environnement.

Ecologiquement parlant, les technologies de GDT, dans leur diversité, luttent efficacement contre la dégradation des terres. Mais la majorité des terres agricoles n'est toujours pas protégée suffisamment, et la GDT doit encore être diffusée.

Socialement, la GDT aide à sécuriser les moyens d'existence en maintenant ou en augmentant la productivité des sols, améliorant ainsi la sécurité alimentaire et réduisant la pauvreté, à la fois pour les ménages et pour les pays.

Economiquement, la GDT rentabilise les investissements des exploitants agricoles, des communautés ou des gouvernements. La production agricole est sécurisée et améliorée, à la fois pour les petits exploitants, pour les productions commerciales à grande échelle et pour les éleveurs. De plus, les bénéfices hors site considérables de la GDT peuvent à eux seuls se justifier économiquement (Hanspeter et Al. FAO 2011).

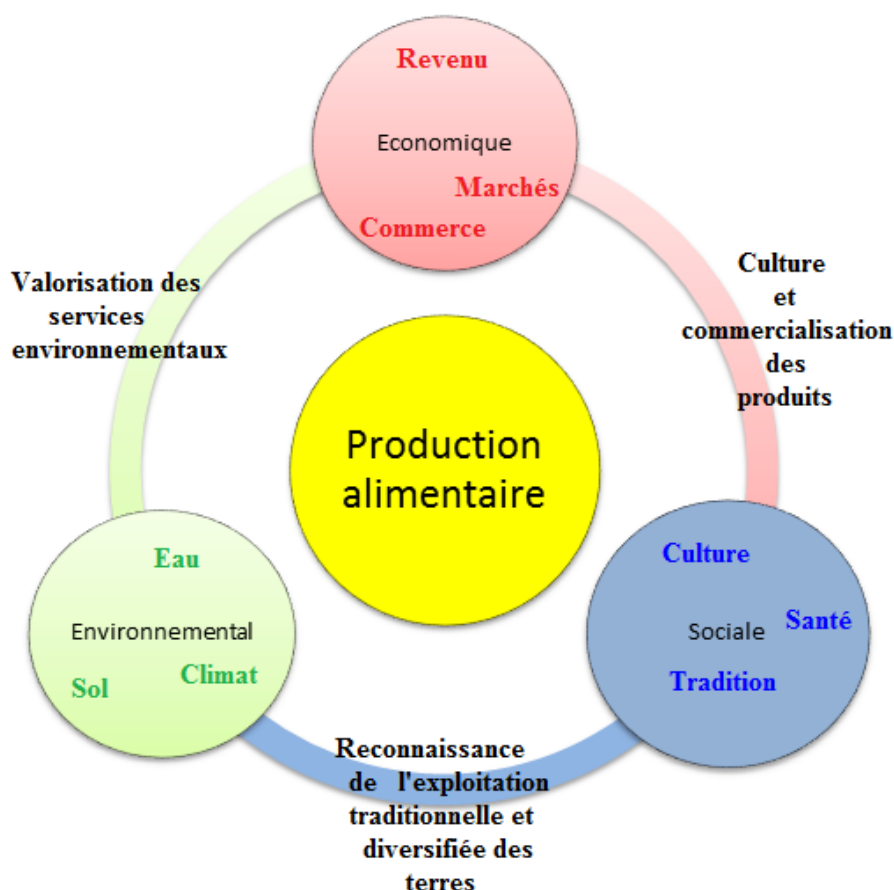


Figure 27 : Inspiré des trois dimensions de la durabilité (Source : IAASTD, 2009a)

IV.2.2 Mise en place de la gestion durable des terres :

Dans les parties amont le reboisement des végétaux fertilisant comme (les vétivers,...) reste des solutions à cours termes pour réhabiliter les milieux et diminuer l'érosion hydrique responsables de gros dégâts dans les bas-fonds, par conséquent l'application de la gestion durable des terres est une stratégie qui traite les deux parties à la fois.

Les techniques seront appliquées dans le but d'harmoniser à long terme la coexistence de l'Homme avec la nature.

Le GDT contribue à :

- Favoriser la formation du sol et son fonctionnement en luttant contre la dégradation des terres grâce à la gestion intégrée de la fertilité des sols par les techniques d'aménagements biologique (cf. Tableau 21) et physique (cf. Tableau 22)

- Aménagement hydraulique : assurer la gestion d'eau en améliorer la capacité de rétention en eau du sol pour une meilleure productivité et pour garantir le recyclage des éléments nutritifs

- Mise en place de l'agroforesterie pour préserver la biodiversité de l'exploitation agricole.

A. Aménagements biologiques :

L'aménagement biologique consiste à garder la résistance du sol lors de la période de pluie

Tableau 21: Les aménagements biologiques


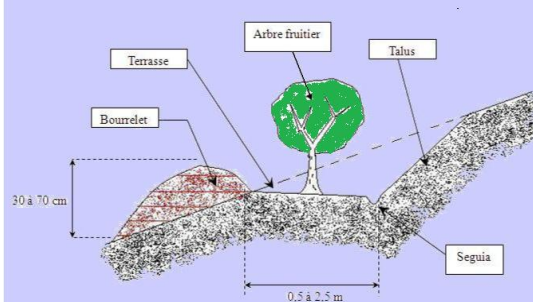
Méthodes	Informations techniques	Objectifs	Eléments proposées
Haies vives	Plantation suivant la courbe de niveau	Protéger les terres de cultures contre l'érosion éolienne ou hydrique, les plantes à racines bien développer jouera les rôles fixateurs des sols.	Plantes qui disposent des racines bien développés comme les espèces fourragères légumineuses ou graminées Exemple : <i>Tithonia diversifolia</i> , <i>Crotalaria grahamiana</i> , <i>Brachia riaruzizensis</i>
Jachères améliorées	Consiste à laisser le champ au repos après plusieurs années de culture continue.	<ul style="list-style-type: none"> -Fixer l'azote de l'air qui permet en retour d'améliorer la fertilisation du sol -Favoriser l'infiltration des eaux par les chéneaux racinaires et les macrospores. -Augmenter l'activité microbienne et de la macrofaune du sol -Augmenter le taux de matière organique du sol. 	Introduction des espèces ligneuses ou herbacées fertilisantes Exemple : <i>Acacia mangium</i> , et <i>auriculiformi</i> , <i>Andropogon sp</i>

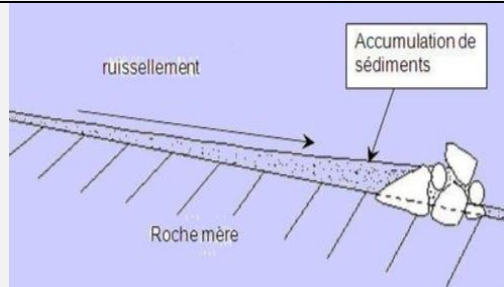

Méthodes	Informations techniques	Objectifs	Eléments proposées
Paillage	Consiste à couvrir le sol, en particulier surtout les parties dégradées, d'une couche de 2 cm d'herbes équivalant à 3 à 6 t/ha	<p>Conserver l'humidité du sol et réduire l'évaporation des eaux.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diminution de l'évapotranspiration; -Egalisation et diminution de la température du sol. -Augmenter les rendements des cultures 	<p>Branchages</p> <p>Des résidus de récolte</p>
Rotation culturale et association culturale	<ul style="list-style-type: none"> -Minimiser le travail du sol -Protection permanente du sol par la pratique systématique des associations/rotations culturale 	<p>-Il réduit le ruissellement et favorise l'infiltration de l'eau tout en évitant la dégradation physique et chimique du sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lutte contre la sécheresse -Favorisant l'activité biologique dans le sol. -Accroître la production de biomasse pour différents usages -Diversifier la production 	Une couverture végétale vivante (une plante de couverture) ou morte (paillis)

B. Aménagements physiques :

Il s'agit des méthodes qui permettent de contrôler le ruissellement par la réduction ou la suppression de l'incidence de la pente.

Tableau 22: Les aménagements physiques

Techniques	Informations techniques	Objectifs	Illustrations
Les barrages en gabions	<ul style="list-style-type: none"> -Seuils en pierres sèches empilées dans des caisses de grillage métallique galvanisé de dimensions suivantes: 1m de largeur, 1m de hauteur et 1 à 4 m de longueur. -Ils sont implantés dans les lits de ravins. 	<ul style="list-style-type: none"> -Réduire la vitesse de ruissellement -Retenir les sédiments -Protéger les bas-fonds contre l'ensablement -Eviter la généralisation du ravinement sur la parcelle. 	 <p>Figure 28: Barrage en gabions</p>
Banquettes	<ul style="list-style-type: none"> -Levées de terre à faible hauteur Plantées par des arbres -La longueur est comprise entre 4 et 10 mètres 	<ul style="list-style-type: none"> -Fixer les ouvrages et améliorer l'infiltration -Valoriser les surfaces marginales -Remodeler une parcelle 	 <p>Figure 29: Banquette</p>

Techniques	Informations techniques	Objectifs	Illustrations
Les cordons de pierres (stone bonds)	<ul style="list-style-type: none"> -Cette technique consiste à épierrier la parcelle et à regrouper les pierres de façon à obtenir une petite rangée (2 à 3 niveaux) alignée -A renforcer avec des graminées pérennes 	<ul style="list-style-type: none"> -Ralentissent le ruissellement -La sédimentation successive des sables, des agrégats provoquant des particules fines humifère -Terrassement à faible pente 	 <p>Figure 30: Cordons pierreux</p>
Les diguettes	<ul style="list-style-type: none"> -Ouvrages antiérosifs construits le long des courbes de niveau 30 à 50 cm de hauteur -Composés par un assemblage au moyen de moellons ou de pierres de différentes tailles 	<ul style="list-style-type: none"> -Retenir l'eau dans la parcelle -Servent également d'allées pour les déplacements entre les parcelles -Dispositif de contrôle d'écoulements plus fort -Souvent placée en amont des cordons pour casser la force de l'eau ruisselant des plateaux et des pentes. -Dissipe l'énergie des eaux et contribue à la sédimentation, ce qui assure un terrassement du terrain et l'infiltration des eaux dans le sol 	 <p>Figure 31: Diguettes en pierre</p>

C. Aménagement hydraulique :

Le principe de base est d'améliorer la productivité des terres par la gestion d'eau, il consiste à faire une collecte d'eau pour améliorer l'infiltration en augmentant les capacités de stockage ainsi que réduire les pertes d'eau par ruissellement et évaporation.

La gestion d'eau lors de la période de pluie englobe tous les aménagements hydrauliques qui convoient la maîtrise d'eau pour sécuriser les cultures face aux sécheresses.

Pour cela, les techniques d'aménagements hydrauliques suivantes sont proposées :

- Dévier l'eau de ruissellement
- Empêcher le ruissellement
- Conserver les eaux de ruissellement
- Capter le ruissellement
- Diminuer les pertes par évaporation au sol
- Réguler les transferts d'eau d'amont en l'aval tout en réduisant les inondations et en ralentissant des flux.
- Réhabiliter les infrastructures hydrauliques telles que les aménagements des champs et les exutoires naturels qui se situent entre les parcelles.
- Recommandation attribués aux majorités des paysans qui sont les propriétaires de chaque parcelle pour faciliter le détournement des captages des eaux de ruissèlement vers les parcelles cultivées
- Mettre au point la réglementation de la distribution d'eau dans chaque parcelle tout en contrôlant les quantités d'eau reçues et assurer la bonne utilisation afin d'éviter toute gaspillage et conflit

D. Gestion intégrée de l'eau et de sols :

Les actions dans la gestion intégrée de l'eau et de sol se portent à résoudre les problèmes du manque d'eau, la fertilité et de taux de MO faibles et la biodiversité dégradée, qui comprends les activités pour :

Atténuer la dégradation des sols et les réhabiliter consiste à freiner la dégradation des terres, améliorer la biodiversité et accroître la résilience aux variations et changements climatiques par des mesures agronomiques et de végétalisation avec des mesures structurelles

La gestion durable des terres repose sur l'efficacité des aménagements et l'utilisation rationnelle des terres pour atteindre le but d'assurer la sécurité alimentaire, tout cela repose surtout par les moyens que possèdent les paysans pour contribuer à l'aménagement.

CONCLUSION

La région d'Alaotra Mangoro est actuellement parmi les zones menacée par l'insécurité alimentaire, le rendement rizicole ne cesse de baissé.

Les pressions humaines et les facteurs naturels aboutissent à l'érosion de sol sont difficilement maîtrisables entraînant la dégradation des terre en amont et des dégâts en aval. L'ensablement des rizières dans les bas-fonds de Manerinerina en sont un des plus grands résultats, qui perturbe l'équilibre des trois piliers de développement durable : économie, social et environnement.

L'étude d'impact environnemental sur la zone d'étude renforcée par des diverses analyses (granulométrique, analyses des éléments physiques et chimiques) effectuées ont poussé à déterminer l'estimation de perte en terre. Le résultat de ce travail démontre que compte tenu des 5 facteurs qui favorisent l'érosion, l'application de la formule de Wischmeier et Smith, 1978 ($A = 2,24 \times R \times K \times L \times S \times C \times P$) a donné un taux d'érosion 33,97 t/ha.an qui s'est doublé jusqu'à 64,91 t/ha.an en 2016. Ces valeurs de perte en terre sont considérées comme alarmantes dans le domaine agriculture surtout pour la riziculture.

C'est pourquoi le présent mémoire recommande la restauration et la valorisation de la région Alaotra Mangoro par l'application de la Gestion Durable des Terres (GDT) qui mettra en valeur toutes les diverses techniques d'aménagements (aménagements physiques, aménagements biologique, aménagements hydrauliques). Le plan d'action consiste à améliorer et restaurer le sol tout en préservant l'environnement ainsi que la vie sociale et économique de la région. Ces aménagements corroborent au freinage de l'érosion tout en remédiant la structure et l'enrichissement des sols grâce aux nombreuses analyses élaborées qui permet ensuite de corriger les carences par les apports biologiques et surtout par la maîtrise de l'eau.

BIBLIOGRAPHIES :

Chabalier, P.,F.,. Bilan et évaluation des travaux et réalisations en matières de conservation des sols avant 1996 à Madagascar.Actes des Journées scientifiques du réseau de chercheurs. pp. 33-42.

Collectif "SOL-SVC" (GSDM, IRD,CIRAD,TAFA,FOFIFA). 2008. Sols tropicaux, pratiques SVC. 2008. p. 37.

Foth, D., Henry. Fundamental of soil sciences. 8. Michigan State University : s.n.

Fournier. F, 1960.Climat et erosion, ed. Presse Universitaire de France, p.201

Hanspeter, L.,Rima Mekdaschi, S.,Christine, H.,Mats, G.,. 2011. La pratique de gestion durable des terres. FAO. 2011.

Hudson, N.,. 1993. Field measurement of soil erosion and runoff. s.l. : FAO, 1993. p. 68,139,130-139.

Husson,O.,Charpentier,H.,Naudin,K.,Razanamparany,C.,Moussa,N.,Michellon,H.,Razafintsal ama,H.,Rakotoarinivo,C.,Rakotondramanana,Enjalric,F.,Seguy,L.,. 2010. Mais sorgho associé à une légumineuse alimentaire volubile (Dolique,Niébé ou Vigna Umbellata). Manuel pratique du semis direct à Madagascar. 2010. Vol. III.

Mahamoud, D.,. décembre 2010. Modélisation avec WEAP21 en vue d'une gestion intégrée des ressources en eau du bassin versant lacustres d'Alaotra. Décembre 2010.

Martial B, V.,Rakotozandry, L.,MamyRina,C., Ravalitera,L.,Chabalier,P. Bilan et évaluation des travaux et réalisation en matière de conservation des sols de la région du lac Alaotra. pp. 22-44.

Michel, R.,. Bilan et évaluation des travaux et réalisations en matière de conservation des sols à Madagascar. s.l. : CIRAD. p. 78.

Michellon, R.,. 1992. Gestion des sols et des cultures avec couverture végétale. Réunion : IRAT, 1992. p. 16.

Pansu, M.,, Gautheyrou,J.,. Handbook of soil analysis, Mineralogical,Organic and Inorganic method.

Penot, E., Saint-André, F., Dugué, P., Le Gal P-Y., 2010. Analyse des relations agriculture-élevage et place des techniques d'agriculture de conservation au sein d'exploitations du Lac Alaotra (Madagascar). Rapport d'étude- Projet ANR PEPITES, 79pp.

Rabezandry, L. Juillet 2011. Estimation quantitative de l'érosion hydrique dans le périmètre d'Anosimidona(à l'Est de l'Itasy). Antananarivo : s.n., Juillet 2011.

Rakotondrasoa, H.,. Octobre 2011. Analyse des facteurs de la dégradation de lac Alaotra.

Randriamanarivoarison, Z.,. Impacts de l'ensablement dans le bassin versant du lac Alaotra. Juin 2015.p 66

Raunet, M.,. Caractérisation morphopédologique des sites de référence du projet "gestion durable des sols". ANAE-TAFA-CIRAD.

Riquiert, J.,. 1954. Etude sur les lavaka. 1954. pp. 169-419. Vol. Tome VI.

Roche,M.,1967.Codage des stations hydrométriques et pluviométriques ,rapport ,Afrique, Madagascar,Réunion/pluviométrie,hydrométrie,traitement de données,automatisation,codification,bassin versant,cours d'eau. 1967.

Roose,E., Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). [éd.] FAO. p. 420-420.

Roose, E.,. 1996. Land husbandry-Components and strategy.Soil Bulletin FAO 70. [En ligne] Rome.www.fao.org/docrep/T1765E/T1765E00.htm.

Séguy, L., Husson, O., Charpentier, H., Bouziniac, S., Michellon, R., Chabanne, A., Boulakia, S.,Tivet, F., Enjalic, F., Ramaroson, I., Rakotondramanana, 2009. Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente. Manuel de pratique du semis direct à Madagascar. Volume I. Chapitre 1, 32 pp.

Wischmeier, W.H.,Smith,D,. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. s.l. : Agriculture Handbook, 1978. p. 58. 537.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE :	ii
LISTE DES FIGURES	iv
GLOSSAIRE :	vi
ACRONYMES:	vii
INTRODUCTION	1

PARTIE I: GENERALITES

I.1. SITOLOGIE	2
I.1.1 Aperçu géographique :	2
I.1.2 Contexte géologique	5
I.1.3 Situation socio-économique :	6
I.2. Notion d'érosion :	6
I.2.1 Définition :	6
I.2.2 Types d'érosion :	7
I.2.3 Dégradation des terres :	8
I.3. Etat de lieu sur la gestion durable des terres (GDT) :	9
I.3.1 Définition de la Gestion durable des terres :	9
I.3.2 Politique de développement durable :	9
I.3.3 Les techniques de la GDT :	10
I.4 L'équation universelle de la perte en terre	10

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

II MATERIELS ET METHODES :	11
II.1 MATERIELS :	11
II.1.1 Matériels sur terrain :	11
II.1.2 Matériels au laboratoire :	11

II.1.3	Logiciels de traitement des données et d'image :.....	13
II.2	METHODES:	13
II.2.1	Cadre logique de l'étude :.....	13
II.2.2	Les démarches adoptées :	14
II.2.2.1	Sur terrain :	14
A.	Etude d'impact environnemental (EIE) de la zone d'étude face à l'activité humaine:	14
B.	La répercussion de l'impact :	16
C.	Prélèvement des échantillons :	16
II.2.2.2	Au laboratoire.....	17
A.	Analyse granulométrique :	17
i.	Par méthode de poignée de la main :	17
ii.	Par désagrégation des sols :	18
iii.	Tamisages :	18
B.	Analyse des éléments nutritifs :	19
i.	Analyses physiques :	20
ii.	Analyses chimique :	20
II.2.2.3	Estimation de la perte en terre selon l'équation USLE, par la méthode de calcul sur Excel :	20

PARTIE III : RESULTATS, INTERPRETATIONS

III.1.	RESULTATS ET INTERPRETATIONS :	25
III.1.1	Carte d'occupation des sols dans la localité de Manerinerina	25
III.1.2	Impacts de l'érosion dans la zone d'étude par diagnostic de la situation :	26
III.1.3	Analyse granulométrique :	28
i.	Test de poignée de main:	28
ii.	Tamisages :	28

III.1.4	Résultats de l'analyses physiques et chimiques à l'issu des travaux de Laboratoire au sein de FOFIFA Tsimbazaza :	30
A.	Les éléments organiques :	30
i.	pH en eau :	30
ii.	Matières organiques (MO) :	31
iii.	Ratio-carbone :	32
B.	Les éléments chimiques :	32
III.1.5	Application de l'équation de WISCHMEIER pour l'estimation de perte en terre dans le périmètre de Manerinerina :	33
i.	Facteur R :	33
ii.	Facteur K :	36
iii.	Facteur LS indice topographique:	36
iv.	Facteur C :	36
v.	Facteur exprimant la protection du sol par les pratiques agricoles (P).....	36
PARTIE IV : DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS		
IV.1	DISCUSSIONS :	38
IV.1.1	Impacts d'érosion :	38
i.	Sur le plan environnemental :	38
ii.	Sur le plan socio-économique :	39
IV.1.2	Classification de la perte en sol :	39
IV.2	RECOMMANDATIONS :	40
IV.2.1	Les techniques de la GDT.....	40
IV.2.2	Mise en place de la gestion durable des terres :	42
A.	Aménagements biologiques :	43
B.	Aménagements physiques :	45
C.	Aménagement hydraulique :	47
D.	Gestion intégrée de l'eau et de sols :	47

CONCLUSION	49
BIBLIOGRAPHIES :	50
TABLE DES MATIERES	A
RESUME.....	E
ABSTRACT	E

Auteur : TAHIRY Sendrasoa

Email : Tahirysendrasoa@gmail.com

Contact : 0344813569

Encadreur : Pr RANDRIANALY Hasina Nirina

20 Tableaux, 31 figures et 50 pages



**Titre : « ANALYSES DES SOLS EN VUE DE LA GESTION DURABLE DES TERRES
à Manerinerina (Région Alaotra Mangoro)**

RESUME

L'érosion du sol dans le périmètre de Manerinerina constitue un facteur limitant au développement socio-économique dans la région. Cette étude vise à mettre en place les différentes techniques de gestion durable des terres après les analyses effectuées sur terrain et au laboratoire. Les résultats ont menés à déterminer la classe des sols, ainsi que leurs éléments composants (organiques et chimiques), à déduire l'estimation de la perte en terre. Les résultats montrent que la perte en terre dans la zone d'étude est très avancée, en 2015 elle est de 33,97 t/ha.an, elle atteint 64,91 t/ha.an en 2016 face à l'augmentation de l'agressivité de pluie. L'étude relève les principales techniques d'aménagements possibles pour y remédier à l'ensablement des rizières et la dégradation des terres.

Mots clés : GDT, érosion, ensablement, bas-fonds, estimation, perte en terre, lavaka

ABSTRACT

The erosion of soil in the perimeter of Manerinerina constitutes a factor limiting to the socioeconomic development in the region. This survey aims to put the different techniques of lasting management of the earths in place after the analyses done on land and to the laboratory. The results led to determine the class of soils, as well as their composing elements (organic and chemical), to deduct the evaluation of the loss in earth. The results show that the loss in earth in the zone of survey is advanced very, in 2015 it is of 33,97 t/ha.an, it reaches 64,91 t/ha.an in 2016 facing the increase of the rain aggressiveness. The survey raises the main possible amenities techniques to remedy the blinding of the rice fields and the deterioration of the earths there.

Keywords: GDT, erosion, blinding, shallow, evaluation, loss in earth, lavaka