

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	I
RESUME.....	II
LISTE DES ABREVIATIONS.....	VI
INTRODUCTION .....	1
PARTIE I : CADRE CONCEPTUEL ET DEMARCHE DE LA RECHERCHE .....	4
CHAPITRE 1 : CONCEPT ET THEORIE .....	4
CHAPITRE 2 : LA DEMARCHE ET METHODOLOGIQUE DE RECHERCHE ADOPTÉES .....	7
CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA ZONE DE RECHERCHE.....	22
DEUXIEME PARTIE: LES PREMIERS RESULTATS ET LA NECESSITE D'UNE AMENAGEMENT .....	28
CHAPITRE 4 : CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT D'ANDOHARIANA ET AMENAGEMENT .....	28
CHAPITRE 5 : UN PLAN D'AMENAGEMENT AXE SUR L'AMENAGEMENT DES ZONES DEGRADEES.....	33
CONCLUSION GENERALE.....	38
BIBLIOGRAPHIE .....	39
ANNEXE .....	42

## **TABLE DES ILLUSTRATIONS**

### **LISTE DES TABLEAUX**

- Tableau 1: Taux d'échantillonnage des ménages enquêtés.
- Tableau 2: Les données de bases utilisées
- Tableau 3: Indice d'érosivité de la pluie dans différentes stations pluviométriques aux environs de Manjakatempo
- Tableau 4: Variation de K observé à Madagascar en 1987 par SARRAILH, en 1976 par BAILLY
- Tableau 5: Valeur qualitative de K d'après en 1987 par SARRAILH, en 1976 par BAILLY
- Tableau 6 : Classification des pentes dans LS
- Tableau 7: Occupation du sol dans le bassin versant
- Tableau 8: Sensibilité à l'érosion en fonction du type d'occupation du sol
- Tableau 9: Normales de température et de précipitations de la station d'Antsirabe (1983-2013)
- Tableau 10: Les différents types de couverture végétale du Bassin Versant d'Andoharina
- Tableau 11: Répartition des ménages par fokontany
- Tableau 12 : Calendrier rizicole des Bas Fond du Bassins Versant
- Tableau 13 : Rendement rizicole dans le BV Andoharina en 2014
- Tableau 14 : Rendement des cultures pluviales (2014)
- Tableau 15: Classe des pentes dans le BV
- Tableau 16 : Les états de dégradation des topo-séquences.

## **LISTE DES CROQUIS :**

Croquis 1: Transect du terroir du fokontany Andriambilany

## **LISTE DES FIGURES :**

- Figure 1 : Facteur K du Bassin versant d'Andohariana
- Figure 2 : Facteur LS
- Figure 3 : Facteur C
- Figure 4: Carte de localisation du Bassin Versant d'Andoharina
- Figure 5 : Carte des pertes en terre

## **LISTE DES PHOTOGRAPHIES**

- Cliché 1 : Vétusté des infrastructures hydro agricoles dans le Bassin Versant
- Cliché 2: Ensablement de rizières dans le fokontany Manjakatombo Firaisana
- Cliché 3: Utilisation des végétations pour la protection des versants dans le fokontany Sabotsy Namatoana.

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

- AUE : Association des Usagées de l'eau
- AUF : Agence Universitaire de la Francophonie
- BD : Base de données
- BIF : Birao Ifoton'ny Fananan-tany
- BVPI : Bassins Versants et périmètres irriguées
- BVPI SEHP : Bassins Versants et périmètres irriguées Sud Est et Haute Plateau
- BV : Bassin Versant
- DSRP : Document de Stratégie pour la Réduction de la pauvreté
- FAO : Fond Alimentaire Mondiale
- FTM : Foibe Taosaritanin'ny Madagascar
- GPS : Global Positionning System
- ISS : Interview Semi Structuré
- PAGS : Plan d'Aménagement et de Gestion Simplifiée
- PADR : plan d'action pour le développement Rural
- PADANE : Projet d'Amélioration et de Développement du Nord - Est
- PNBVPI : Programme National Bassins Versants et Périmètres Irriguées
- PNDR : Programme National pour le Développement Rural
- PCD: Plan Communal de Développement
- USLE : Universal Soil Loss Equation de Wischmeier et Smith
- SRTM : Shuttle Radar Topography Mission
- SIG : Système d'Information Géographique

## **INTRODUCTION**

Un bassin versant (BV) est une portion d'espace dont les eaux de ruissellement et d'infiltration alimentent un exutoire commun. Il est défini par le relief et délimité par les lignes de partage des eaux. C'est un espace de vie et un support de différentes activités socio-économiques pratiqué par la population. Pourtant, il est soumis à des fortes pressions entraînant sa dégradation qui à son tour menace la viabilité économique de ses exploitants.

L'aménagement des Bassins Versants est une préoccupation mondiale. Elle vise à la conservation, l'utilisation et l'aménagement des ressources pour répondre aux besoins de la population. Les Chapitres 13, 12, 11 et 10 de l'action 21 concernant la mise en valeur durable des montagnes lors de la conférence de Rio en 1992 portent leurs intérêts sur l'aménagement des bassins versants. Des programmes et des projets sont mis en œuvre dans le cadre de la mise en application des signatures des différents traités. Le sommet mondiale sur le développement durable en 2002, l'année internationale de la montagne en 2002, de l'eau douce 2003 ont renforcé l'initiative mondiale dans la protection et la mise en valeur des bassins versants.

Madagascar, un pays montagneux, les bassins versants sont dominés par des plaines et les bas fonds rizicoles à forts reliefs. Cette caractéristique est combinée avec le climat et l'état de couverture végétale du sol affectant l'équilibre du bassin versant et ont des impacts sur l'utilisation des terres et des eaux. Une lettre de politique de développement des Bassins Versants et périmètres irrigués (BVPI) a été approuvée en conseil de gouvernement le 12 Juillet 2006. Cette lettre s'inscrit dans le processus global de lutte contre la pauvreté et de promotion de la croissance définie dans le document de Stratégie pour la Réduction de la pauvreté (DSRP) et cadre avec le plan d'action pour le développement Rural (PADR). Elle se trouve cohérente avec les orientations tracées dans le Programme National pour le Développement Rural (PNDR). Elle indique d'une manière spécifique les objectifs et orientations du Gouvernement en matière de développement des bassins versants et périmètres irrigués, ainsi que les modes d'intervention et les moyens de réalisation. La mise en œuvre du programme est faite à travers un Programme National Bassins Versants et Périmètres Irrigués (PNBVPI) qui met l'accent particulier sur les zones à haut potentiel agricole. Ce programme est mis en œuvre à travers le projet Bassins Versants et périmètres irrigués Sud Est et Haut Plateau (BVPI SEHP) qui consiste au développement agricole dont la particularité est de mettre en œuvre une approche spatiale basée sur le concept de bassin versant et de

périmètre hydro-agricole défini dans le cadre de la Politique Nationale d'aménagement des Bassins Versants et ces Périmètres Irrigués.

Le bassin versant d'Andohariana situé dans la Commune de Manjakatempo est caractérisé par la dégradation du sol par phénomène de l'érosion, et l'ensablement des rizières des bas fonds. Ces situations ont des impacts sur le système de production agricole de la population, cette dernière se trouve vulnérable et démunie. L'aménagement du bassin versant s'avère nécessaire pour assurer la viabilité et la pérennisation des activités agricoles ainsi que le développement de la Commune rurale.

C'est la raison principale de ce présent travail qui s'intitule « **Contribution à l'élaboration du plan d'aménagement du bassin versant d'Andoharina dans la Commune rurale de Manjakatempo, district d'Ambatolampy** ».

La problématique de la recherche s'articule autour de la question suivante:

**« Quels sont les causes de la dégradation du Bassin Versant d'Andoharina et quels types d'aménagement seront nécessaires dans le but d'assurer la viabilité économique de la population et la protection des ressources? ».**

Pour cadrer le travail de recherche deux hypothèses sont à vérifier :

- Le mode d'utilisation et de gestion des ressources dans le BV entraîne à sa dégradation
- La fragilité du milieu physique est l'une des causes de la destruction du Bassin Versant.

Les objectifs de la recherche consistent à :

- Caractériser et savoir l'état de dégradation du Bassin Versant Andohariana
- Savoir les causes de sa dégradation
- Evaluer les impacts de cette dégradation sur le plan socio-économique
- Proposer une ligne directrice d'aménagement du bassin versant

En réponse à ces finalités, le travail se propose en premier lieu de développer le cadre conceptuel et la démarche de recherche et en deuxième partie de présenter les résultats et discussions.

Le thème traité est l'aménagement d'un bassin versant. La zone d'étude a été choisie par le fait de son importance économique. C'est aussi une zone marquée par l'ensablement des rizières et l'érosion. Les actions d'aménagement du bassin versant figurent parmi les priorités dans le PCD de la Commune rurale de Manjakatempo.

# **PARTIE I : CADRE CONCEPTUEL ET DEMARCHE DE LA RECHERCHE**

---

Cette première partie est consacrée à l'étude des concepts et aux démarches adoptées dans le travail de recherche.

## **CHAPITRE 1 : CONCEPT ET THEORIE**

### **1.1 Le concept aménagement et développement (Définition aménagement et bassin versant, <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article408>)**

Le terme aménagement désignait au XIVème siècle l'action de construction et de réparation des bâtiments. Ce concept a évolué car au XXème siècle, il a fait référence à une action publique ou action collective sur l'espace. Après la Seconde Guerre Mondiale, l'action d'aménagement s'est développé et s'était spécifié. Elle vise à une meilleure répartition des personnes et des richesses sur un territoire ménageant des objectifs d'efficacité économique et de justice socio-spatiale. En géographie, l'aménagement de l'espace désigne l'espace dans sa dimension volontariste (**Frédéric Santamaria**). L'aménagement est l'action volontaire d'un groupe social pour organiser, voire transformer l'espace dans le but de générer des effets positifs sur la société. Il recouvre un ensemble d'actions qui concernent à la fois la création d'équipements, l'organisation institutionnelle d'un espace, la promotion du développement d'un territoire, la compensation des inégalités spatiales et la protection des patrimoines culturel et naturel.

L'aménagement est l'action d'organiser, de transformer et de corriger les inégalités spatiale en termes de répartition des ressources dans un espace donnée, elle est d'initiative public et s'applique dans différents types d'espace. Ce sont des actions mise en œuvre afin de renforcer et organiser la protection des milieux naturels et la mise en œuvre d'un processus de développement durable.

- Développement Durable :

L'adoption du concept de développement durable est liée à l'apparition du rapport scientifique de Dennis Meadows en 1972 qui met en corrélation la croissance économique, l'accélération de la dégradation de l'environnement humain et l'épuisement des ressources naturelles.



Dans le cadre de l'aménagement, le développement durable vise à fournir des services et des bénéfices économiques qui ne sont pas directement liés à la gestion durable des ressources naturelles mais en tenant en compte l'aménagement de ces dernières.

## **1.2 Le schéma et le plan d'aménagement (Elaboration d'un plan d'aménagement d'un Bassin Versant stratégique,**

[http://www.mddep.gouv.qc.ca/jeunesse/bassin\\_versant/bv.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/jeunesse/bassin_versant/bv.htm))

- Le schéma d'aménagement présent dans l'espace, les activités à mener pour valoriser les potentialités et lever les contraintes identifiées dans le diagnostic tout en précisant l'utilisation de l'espace. Il propose des solutions techniques pour contrôler les différentes contraintes physiques du milieu.
- Le Plan d'Aménagement et de gestion est un document de planification qui vise à améliorer la gestion de l'espace. Il consiste en une programmation de l'aménagement dans le temps et dans l'espace pour la réalisation de ce profit au plan économique, au plan social, culturel, ou environnemental.

Une approche participative doit être menée pour garantir l'efficacité du schéma et du plan d'aménagement. Les représentants des utilisateurs de l'espace destinée à aménager doivent être présents pour la concertation des zonages et les différentes règles qui vont être adoptés dans le plan de gestion.

## **1.3 L'aménagement d'un bassin versant un concept en perpétuelle évolution**

L'aménagement des Bassins versants date de 5 000 ans (**FAO, 2008**). Tout au long de la période le concept de l'aménagement du bassin versant ainsi que les actions y afférant ont évolué en plusieurs étapes. Dans le premier temps il a été rattaché à la sylviculture et à l'hydrologie forestière, l'aménagement concernait tout simplement les services forestiers publics sans prendre en compte les utilisateurs et les bénéficiaires des projets.

Dans le deuxième temps, un lien a été établi avec la gestion des ressources en terres et les bénéfices économiques y afférant. Les bénéficiaires sont les premiers à être concernées.

Ces deux approches par rapport à l'aménagement des bassins versants constituent une période d'expérimentation en matière d'aménagement et de gestion des bassins versants.

Actuellement, on parle surtout d'un aménagement participatif et intégré dont la participation et la contribution des populations locales est le fondement. Par rapport aux deux approches menées dans le cadre de l'aménagement plusieurs sont les éléments innovateurs dans cette nouvelle approche.

- Les éléments novateurs dans la politique d'aménagement actuelle : intégration de la population

Désignée comme chef de file du chapitre 13 dédiée à la mise en valeur durable des montagnes de l'action 21 depuis 1980, la FAO a encouragée l'aménagement et promu une approche intégrée et participative de l'aménagement et l'introduction dans les tribunes politiques les questions liées à l'aménagement des Bassins Versants. La population est l'entité clé de l'aménagement, c'est la première à être concernée. Ce sont les bénéficiaires directes des actions à mener mais c'est également le garant de la réalisation et la mise en œuvre des aménagements.

- Approche intégrée dans l'aménagement des Bassins Versants

Approche intégrée dans l'aménagement des Bassins Versants, l'aménagement tient compte des caractéristiques de la terre et des ressources hydriques que des facteurs socioéconomiques. La mise en œuvre des projets de cette approche nécessite d'un appui opérationnel permanent. Cette approche considère les caractéristiques physiques et socio-économiques de l'amont et l'aval du Bassin Versant. L'aménagement intégré d'un Bassin Versant a pour but le développement durable, liée à la fois aux ressources naturelles et aux moyens d'existence durable. Dans cette approche les questions environnementales et socio-économiques sont étroitement liées et ne peuvent être traitées séparément. Ainsi, les programmes et les projets découlant de cette approche traite l'ensemble des questions ayant trait à l'environnement et aux moyens d'existence durable.

- Aménagement participatif des Bassins Versants (FAO, 2008)

La participation est considérée comme une caractéristique des pratiques efficaces d'aménagement des bassins versants depuis plus de 20 ans. Un guide de conservation sur la participation des populations locales dans l'aménagement des hautes terres a été élaboré par la FAO en 1983. Il mentionne que l'appui et la participation des utilisateurs des Bassins Versants sont les garants de la réussite de la gestion des ressources naturelles, la décentralisation des pouvoirs et le renforcement des capacités des participants dans

l'aménagement des Bassins Versants sont primordiales et aussi des moyens adéquats sont nécessaires afin de promouvoir la participation des acteurs dans l'aménagement. Ce type d'approche à l'aménagement suscite la participation de différents acteurs à l'instar de la population locale, les divers acteurs institutionnels, les groupes d'usagers, les associations, les ONG....L'aménagement participatif rencontre toutefois des obstacles à l'instar de la diversification des intérêts des différents participants dans l'aménagement, il porte également sur la négociation et l'instauration de partenariats.

## **CHAPITRE 2 : LA DEMARCHE ET METHODOLOGIQUE DE RECHERCHE ADOPTEES**

La démarche de recherche est divisée en trois étapes : d'abord l'analyse bibliographique, ensuite les travaux de terrain et enfin le dépouillement des données.

### **2.1 Analyse bibliographique**

Les travaux bibliographiques ont pour but de capitaliser toutes les données disponibles en vue d'élaborer la problématique et les hypothèses de recherche. Différents centres de documentation ont été fréquentés.

La documentation est surtout axée sur les méthodes de caractérisation d'un bassin versant, les approches et techniques adoptées d'aménagement. Différents ouvrages font l'objet de consultation.

**Simone RATSIVALAKA, Georges Serpantié, Georges de Noni, Eric Roose, 2005, « Erosion et gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols », AUF, GB, 310 pg.**

**Article écrit par Simone RATSIVALAKA et Haja Maminiriana Andrianavalona Miarinjatovo dans la rubrique Méthodes : indicateurs, SIG, cartographie intitulé l'implication de l'érosion hydrique dans l'aménagement du Bassin Versant d'Antsaharatsy, Haute terre centrale de Madagascar. Pages 153-158**

Il a été d'une grande utilité, la finalité des travaux est de proposer des mesures de protection adéquates dans la cadre d'un schéma d'aménagement. Il illustre des exemples de dégradation par l'érosion du bassin versant d'Antsaharatsy à 40 km d'Antananarivo. Il évoque également l'utilité et la méthodologie d'application du SIG dans la modélisation de l'érosion en utilisant l'équation universelle de perte en terre de Wischmeier. Les conséquences de

l'érosion sur la population ont été également citées. Trois scénarii sont proposés pour l'identification et le choix des actions à entreprendre : en restant sur l'état du paysage du bassin versant c'est-à-dire le type de couverture du sol, la simulation du feu de brousse et l'évolution de la perte en terre dans le cas la présence humaine est absente. Les aménagements identifiés porte sur la protection du sol contre le ruissellement et sur la gestion des activités des agriculteurs.

Étant donné que le bassin Versant d'Andoharina se trouve dans les Haute Terres Centrales de Madagascar, le cas du bassin versant d'Antsaharatsy illustre déjà un exemple un type de dégradation par érosion. Le but de ce travail est également de proposer des lignes directives d'aménagement du bassin versant, cet article nous a permis d'identifier des actions et des mesures d'aménagement qui peuvent être apportées dans le cas du bassin versant d'Andoharina après la caractérisation.

**FAO, 2008, « Forêts, La nouvelle génération de programmes et projets d'aménagement des bassins versants », Etude FAO : Forêt, pages 42 -54**

Cet ouvrage illustre les historiques et l'évolution de l'approche utilisée dans l'aménagement des bassins versants en les montrant par des exemples mondiaux. C'est à partir de cet ouvrage qu'une synthèse de l'évolution du concept d'aménagement d'une Bassin Versant ainsi qu'une comparaison de différentes approches sont effectuées.

**RANDRIANARISOA Pierre Manganirina, 2001 : Plan d'aménagement et de gestion de la zone pilote Ampohibe : Terroirs Androhofary et Antsahanampiana, Rapport final du projet d'amélioration et de développement du Nord Est (PADANE), 92 Pages**

Cet ouvrage se concentre sur l'élaboration du plan d'aménagement des terroirs villageois d'Androhifary et celui d'Antsahanampiana qui sont délimités dans un bassin versant. Il propose également des activités envisageables au niveau de ces derniers. Les principes de base qui constituent le cadre conceptuel de l'aménagement de l'élaboration du plan d'aménagement de ces terroirs sont : un aménagement dicté par les objectifs et les vocations du milieu, un aménagement qui respecte les caractéristiques naturelles du milieu, un aménagement qui offre un lien et contact étroits entre le milieu naturel et les paysans bénéficiaires du projet et un aménagement qui respecter les principales exigences liées à l'implantation des ouvrages et infrastructures, en matière de fonctionnalité et d'intégration. En s'inspirant de ces principes, des directives d'aménagement ont été étalées dans le présent

travail en se concentrant sur la vocation du milieu mais surtout qui respecte les caractéristiques naturelles du bassin versant Andohariana.

HADIR (S.), 2010, « **Modélisation du ruissellement et de l'érosion par le modèle STREAM dans le bassin versant de l'Oued Saboun** », Institut agronomique et vétérinaire HASSAN II RABAT, Département des ressources naturelles et de l'environnement 175 pg

Cet ouvrage illustre la méthodologie de la Modélisation du ruissellement et de l'érosion par modèle STREAM dans le logiciel Système d'Information Géographique. HADIR Sofia a utilisé l'équation universelle de pertes de sol (USLE) de Wischmeier et Smith (1978). Cet équation a été développée pour estimer les pertes en sol d'un champ sur une base annuelle à partir de paramètre caractérisant le climat, le sol, la topographie, la couverture végétale.

$$A = R * K * L * S * C * P$$

A= Perte en terre moyenne annuelle en sol en t/ha/an, R indique le facteur d'érosivité des précipitations exprimé en unités, K est le facteur d'érodibilité du sol, L le facteur de longueur de pente, S l'indice de pente, C est le facteur lié au couvert végétal et à son taux de recouvrement (entre 0 et 1) et P est le facteur lié aux pratiques antiérosives (entre 0 et 1). Cette équation est très utilisée à cause de sa simplicité relative et sa fiabilité (Desmet et Govers, 1996). L'ouvrage énumère les matériels et les méthodes nécessaires dans la confection de la carte de perte en sol.

En s'inspirant de cette méthodologie, une modélisation de l'importance de l'érosion par calcul des pertes en terre est effectuée pour la Bassin Versant d'Andoharina. Plusieurs données ont été utilisées dont les données concernant la végétation, le climat, la pédomorphologie et la topométrie ainsi que l'occupation du sol.

**Gestion intégrée de l'eau par bassin versant. L'analyse de bassin versant, GANGBAZO, Georges, Yvon RICHARD et Lyne PELLETIER, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, fiche n° 6, Québec, novembre 2006.**

Le chapitre 2 de cet ouvrage qui s'intitule « la caractérisation du bassin versant » traite des différentes étapes de la caractérisation du bassin versant et présente divers renseignements utiles à sa réalisation. Le principal objectif de la caractérisation est de dresser un portrait global du bassin versant. Plusieurs étapes sont nécessaires afin d'y procéder dont la collecte

des données de bases, des données de terrain et la compilation des données. En partant de cet extrait on a pu effectuer une première étape de caractérisation du bassin versant d'Andoharina.

## 2.2 Les travaux de Terrain

Lors des travaux de terrain trois types d'entretien ont été effectué en fonction des informations nécessaires pour la recherche. Les interviews semis structurés (ISS) au niveau des personnes ressources (chef fokontany, Ray aman d'Reny, Maire, Adjoint au Maire), les enquêtes socio-économiques au niveau des ménages et la réunion communautaire au niveau de l'Association des Usagées de l'Eau (AUE).

L'ISS consiste à avoir des données qualitatives concernant, les points de vue des autorités locales sur la destruction du bassin versant, les causes de dégradation de ce dernier. Les points de discussion dans la réunion communautaire concernent les perceptions de la population concernant les causes de la dégradation du Bassin Versant, les mesures et stratégies adoptées des populations pour y faire face. Les données sont d'ordre qualitatif.

Pour l'enquête ménage, le questionnaire est de type semi structuré afin d'avoir des informations à la fois quantitatives et qualitatives. Le questionnaire est focalisé sur plusieurs thèmes dont: les modes d'exploitation des terres, les autres activités impactant directs par rapport au Bassin Versant, les caractéristiques des ménages qui l'exploitent ainsi que leur dynamique.

Le taux d'échantillonnage varie de 4 à 27% (tableau 1) Selon le nombre de ménages faisant partie du Bassin Versant.

**Tableau 1 : Taux d'échantillonnage des ménages enquêtés.**

<b>FOKONTANY</b>	<b>MENAGES TOTALES</b>	<b>MENAGES ENQUETES</b>	<b>POURCENTAGE %</b>
Andriambilany	69	13	19 %
Mahazoarivo	48	7	15 %
Antanimbarilehibe	22	5	23 %
Manjakatombo Firaiana	329	20	6 %
Ambodivona	274	10	4 %
Ambohipihaonana	26	7	27 %
<b>TOTAL</b>	<b>768</b>	<b>62</b>	

Source : Terrain 2015

Les travaux de terrain consistent également à la localisation des lavaka par GPS (Global Positionning System). Compte tenu de l'importance de l'ensablement des rizières en aval des barrages. L'inventaire des infrastructures hydro agricoles ainsi que leur état sont aussi nécessaires dans le but de mesurer la fragilité du BV Andohariana et de savoir les risques et l'ampleur de sédimentation en aval.

### **2.3 Dépouillement des données**

La dernière phase de la recherche consiste au dépouillement. L'analyse, le traitement et l'interprétation des données recueillies sont effectuées. Les données sont utilisées afin de vérifier les hypothèses et répondre à la problématique posées. Les types de données quantitatives et cartographiques sont les principales données à traiter.

- **Traitement des données quantitatives**

Les données quantitatives recueillies lors des enquêtes sont utilisées afin de caractériser le bassin versant sur l'utilisation de la population du bassin versant et pour expliquer les causes anthropiques de sa dégradation.

- **Traitement des données cartographiques**

Le logiciel utilisé dans le traitement des données cartographiques est le logiciel SIG (ArcGis 9.3). La délimitation du bassin versant, l'élaboration des différentes cartes thématiques afin d'arriver au calcul de perte en terres sont les principaux tâches effectués. Différentes données ont été nécessaires dont les bases de données administratives de Madagascar, différents cartes thématiques pour numérisation, le modèle numérique de terrain SRTM 90, des images satellites de la zone en deux dates (2008 et 2013).

La délimitation du bassin versant d'Andohariana a été faite par l'utilisation d'un modèle numérique de terrain de la zone ainsi que la photographie aérienne de la Commune datant de 2008 aussi les dires de la population a été également utilisée.

Afin d'élaborer de la carte de perte en terre, les données climatiques, pédologiques ont été utilisées. Une carte d'occupation du sol a été confectionnée à partir du fond image Google Earth Pro 2013.

La caractérisation du Bassin Versant est une étape obligatoire avant l'élaboration du plan d'aménagement. D'après **GANGBAZO, Georges, Yvon RICHARD et Lyne**

**PELLETIER**, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, novembre 2006. Le but est de dresser un portrait global du Bassin Versant du point de vue physique et humain. Elle permet de définir et de comprendre les relations entre les éléments et les caractères distinctifs du bassin versant en vue d'élaborer un plan d'aménagement durable et efficient. Les problèmes engendrant la dégradation du BV vont être repérés. La caractérisation du bassin versant concerne plusieurs étapes: d'abord la collecte de données de base. Il s'agit d'obtenir des informations récente et de qualité afin d'avoir le meilleur portrait possible du BV par l'utilisation du SIG et la géomatique. Ensuite, la collecte des données sur terrain. Ces deux types de données vont être analysés et interprétés en vue de ressortir les différents problèmes concernant le BV et les enjeux de son aménagement, cette caractérisation va aider à la fixation des objectifs et des priorités d'où la détermination de la nature et l'ampleur de l'aménagement. Différents thèmes vont être expliqués grâce à cette caractérisation dont les caractéristiques des exploitants du BV, la fragilité du milieu physique et les causes et l'état de sa dégradation.

L'objectif est de produire une carte de perte en sol du bassin versants. **L'étude géologique de la feuille d'Ambatolampy P 48 par Gabriel HOTTIN de 1969**, a été utilisée pour avoir une carte géologique propre au Bassin Versant. Associée à la carte des pentes, du sol, de la végétation et du climat ces données vont être utilisées afin d'analyser et interpréter l'état de dégradation du BV par topo séquence, elles justifieront également les aménagements choisis pour chaque entité de cette dernière.

Les données alpha métrique, tels que la carte topographique, la BD 100 de FTM ont été également utilisé pour la délimitation administrative de la zone. Ainsi que SRTM 90 pour le calcul des pentes.

Le SIG constitue l'outil principal dans la caractérisation et l'élaboration du plan d'aménagement du Bassin Versant Andoharina. Plusieurs données cartographiques ont été utilisées (Tableau 2), des analyses spatiales ont été opérées.

- Inventaire des données nécessaires



**Tableau 2: Les données de bases utilisées**

Type de données	Facteur associé	Format	Échelle/Taille du Pixel
<b>SRTM DEM</b>	LS	Raster (Géo Tif)	90 m
<b>Modélisation Worldclim et New LocClim</b>	R	Raster (ESRI grids)	1 km
<b>Carte pédologique</b>	K	Vecteur (Shape)	1/1 000 000 et 1/100 000 <sup>ième</sup>
<b>BD-500</b>	C	Vecteur (Shape)	1/500 000 <sup>ième</sup>

- Les traitements des données

Les paramètres des facteurs pertinents qui influencent le phénomène d'érosion sont étudiés et calculés sous Arc Gis.

- **Calcul de R** : le rôle du facteur R est de caractériser la force érosive des précipitations sur le sol. Il considère les différences régionales du climat selon le type, l'intensité et la fréquence des précipitations. Rappelons qu'il est nécessaire de connaître la pluie totale ainsi que les intensités maximales sur 30 minutes des épisodes pluvieux sur une période de 30 ans. L'érosivité de la pluie est définie par l'équation :

-  $R = E * I_{30}$  (Équation n° 1)

où E = l'énergie cinétique des pluies (MJ/ha)

$I_{30}$  = l'intensité maximale des pluies en 30 minutes exprimées en mm/heure.

L'énergie cinétique des pluies est donnée par la formule suivante :

-  $E = 210 + 89 \log_{10} * I$  (Équation n° 2) où I = l'intensité de pluie.

Vu la caractéristique irrégulière de la pluviométrie de la zone et faute de données sur les intensités maximales sur 30 minutes des épisodes pluvieux sur une période de 30ans propre à la zone de recherche, ces équations proposées par Wischmeier et Smith ne sont pas applicable.

Cependant, nombreuses équations permettent le calcul de R en fonction des précipitations annuelles ou de l'indice de Fournier (Kalman, 1970 ; Roose, 1977 ; Arnoldus, 1980 ; Renard et Freimund, 1994).

Ainsi, pour le calcul de R, l'équation de régression de Renard et Freimund (1994) a été retenu vu l'étendue de la zone de recherche et des données disponibles. Cette équation est établie sur une relation entre R et la hauteur de pluie annuelle moyenne (P) exprimée en mm. L'équation est alors établie de la manière suivante :

$R = 0,04830 P^{1,610}$  (équation n°3) où P= Moyenne des précipitations annuelles en mm.

Dans notre cas, P est calculé à partir des données moyennes mensuelles des précipitations provenant de la base de données du logiciel New LocClim et ont été compilées (tableau 8),

**Tableau 3: Indice d'érosivité de la pluie dans différentes stations pluviométriques aux environs de Manjakatampo**

STATION	Latitude	Longitude	Pmoyenne	R
Arivonimamo	-19,03	47,16	103,1	84,1964115
Soavinandriana	-19,15	46,73	179,4	205,400387
Faratsiho	-19,38	46,91	136,6	132,441093
Tana SCM	-18,9	47,5	110	93,4521621
Tsimbazaza	-18,91	47,51	110,9	94,6862507
Tana Ivato	-18,8	47,48	121,3	109,386322
Nanokely	-19,5	47,01	138,9	136,049749
Antananarivo	-18,9	47,53	106,5	88,7115156
Nanisana	-18,86	47,53	112	96,2028963
Ambohibary	-19,6	47,1	126,6	117,183212

Source: New Loc Clim, FAO, WMO, CINAT, Hydronet (1950-2000)

Ainsi, pour que toute la zone soit couverte par les indices, la méthode d'interpolation des points a été appliquée. Pour ce faire nous avons, dans un premier temps créé un tableau (tableau 3) sous Excel et rattaché à chaque station pluviométrique ses coordonnées géographiques X et Y ainsi que la valeur de son indice d'érosivité. Par la suite, le tableau obtenu a été exporté dans ArcMap et par la méthode d'interpolation Kriging de Spatial

Analyst les différents points représentant l'indice d'érosivité ont été interpolés puis convertis en image raster.

La valeur de R dans le Bassin Versant d'Andoharaina varie de 68,86 à 82,16.

#### - Calcul de K :

On peut obtenir la valeur du facteur K à partir de 3 équations : celui de Wischmeier et Smith :

$$K = 2.1 * M^{1.14} * 10^{-6} (12-MO) + 0.0325 * (b-2) + 0.025 * (c-3) \text{ (équation n°4)}$$

où M = (% sable fin + limon)\* (100- %argile) et MO = Matière organique

b = Indice de structure du sol et c = Perméabilité du sol et K en t ha H/ha MJ mm.

Par l'utilisation du triangle textural de l'USDA (United States Departement of Agriculture) et le tableau de correspondance de Stone et Hilborn (Annexe)

L'utilisation de l'équation n°4 de Wischmeier et Smith n'est pas faisable faute de l'absence de donnée concernant les pourcentages de matière organique (MO), de même que l'indice **c** (perméabilité du sol) et l'indice **b** (indice de structure du sol). De même pour celui de l'USDA, qui nécessite des données concernant de données pour déterminer le taux de matière organique dans chaque type de sol de notre secteur.

Ainsi, pour déterminer K les descriptions faites par Bailly et al (1976) dans l'étude de la sensibilité des sols de Madagascar à l'érosion a été utilisée. En effet, la valeur de K varie selon le type de sol observé dans les différentes stations d'observations. De plus, Roose et Sarrailh dans l'étude de l'érodibilité des sols en Afrique ont dressé un tableau récapitulatif des valeurs de K à Madagascar (cf. tableau 4).

**Tableau 4: Variation de K observé à Madagascar en 1987 par SARRAILH, en 1976 par BAILLY**

Station (époque)	Climat	Type de sol roche mère, gravier	K mesuré (unité en usa)				Références
			Evolution	Mini	Maxi	Retenue (médiane)	
Beforona (1974-79)	Perhumide	Ferrall. Typique sur migmatite	0 ,001-0,01-0,01-0,001-0,001	0,001	0,01	0,01	SARRAILH, 87
Ivoloina (1966-72)	Perhumide	Ferrall. Typique Jaune/Rouge	0 ,001-0,01-0,01-0,02-0,01-0,01	0,001	0,02	0,01	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87
Ampamaherana (1972-75)	Tropical altitude	Ferrall. Typique	0 ,001-0,0 3-0,03	0,001	0,03	0,03	BAILLY et al, 76

		Jaune/Rouge					SARRAILH,87
Nanisana (1965-73)	Tropical altitude	Ferrall. Typique rouge	0,01-0,05- 0,14-0,20- 0,20-0,11- 0,11-0,13- 0,15-0,07- 0,07-0,12- 0,13-0,08- 0,13	0,001	0,20	0,12	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87
Ambatomainty (1972-77)	Tropical altitude	Ferrall. Remanié très désaturé	0,02-0,19- 0,17-0,22- 0,14	0,02	0,22	0,17	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87
Nanokely (1965-72)	Tropical altitude	Ferrall. Rouge sur basalte	0,02-0,12- 0,22-0,18- 0,21-0,18- 0,17	0,02	0,22	0,18	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87
Manankazo (1968- 77)	Tropical altitude	Ferrall. Remanié très désaturé	N-N-0,01- 0,03-0,03- 0,19-0,24- 0,20-0,09	0,001	0,03	0,03	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87
Ampangabe (1975-79)	Tropical altitude	Ferrall. Typique argilo-sableux	N-0,15-0,15- 0,25	0,15	0,25	0,15	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87
Kianjasoa (1967-75)	Tropical altitude	Ferrall. Typique rouge	0,12-0,38- 0,25-0,23- 0,28-0,29- 0,17-0,14	0,13	0,38	0,27	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87
Befandriana II (1968-72)	Semi- humide	Ferrugineux/Fe rsialitique peu battant	0,09-0,09- 0,14-0,16	0,09	0,16	0,14	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87
Miadana (1970-75)	Semi- humide	Ferrugineux tropical	0,08-0,16- 0,23-0,21- 0,19	0,08	0,23	0,21	BAILLY et al, 76 SARRAILH,87

Source: Cahier ORSTOM, skr. Pédol., vol. XXV, no 1-2, 1989-H) : 7-30

D'après les résultats obtenus, K a été défini qualitativement selon ses valeurs et ses localisations en 1987 par SARRAILH, en 1976 par BAILLY :

**Tableau 5: Valeur qualitative de K d'après en 1987 par SARRAILH, en 1976 par BAILLY**

Type de Sol \ Erodibilité K	Ferralitique jaune sur rouge	Ferralitique typique rouge	Ferralitique remanié	Ferralitique sur basalte	Ferrugineux tropicaux
Très faible : $K < 0,05$	Ampamaherana (0,03) Ivoloina (0,02)				
Moyenne $0,10 < K < 0,20$		Nanisana (0,15)	Ambatomainty (0,19)		Befandriana II (0,16)
Forte $K > 0,20$		Kianjasoa (0,41)	Manankazo (0,24)	Nanokely (0,22)	Miadana (0,23)

Source: Cahier. ORSTOM, skr. Pédol., vol. XXV, no 1-2, 1989-H) : 7-30

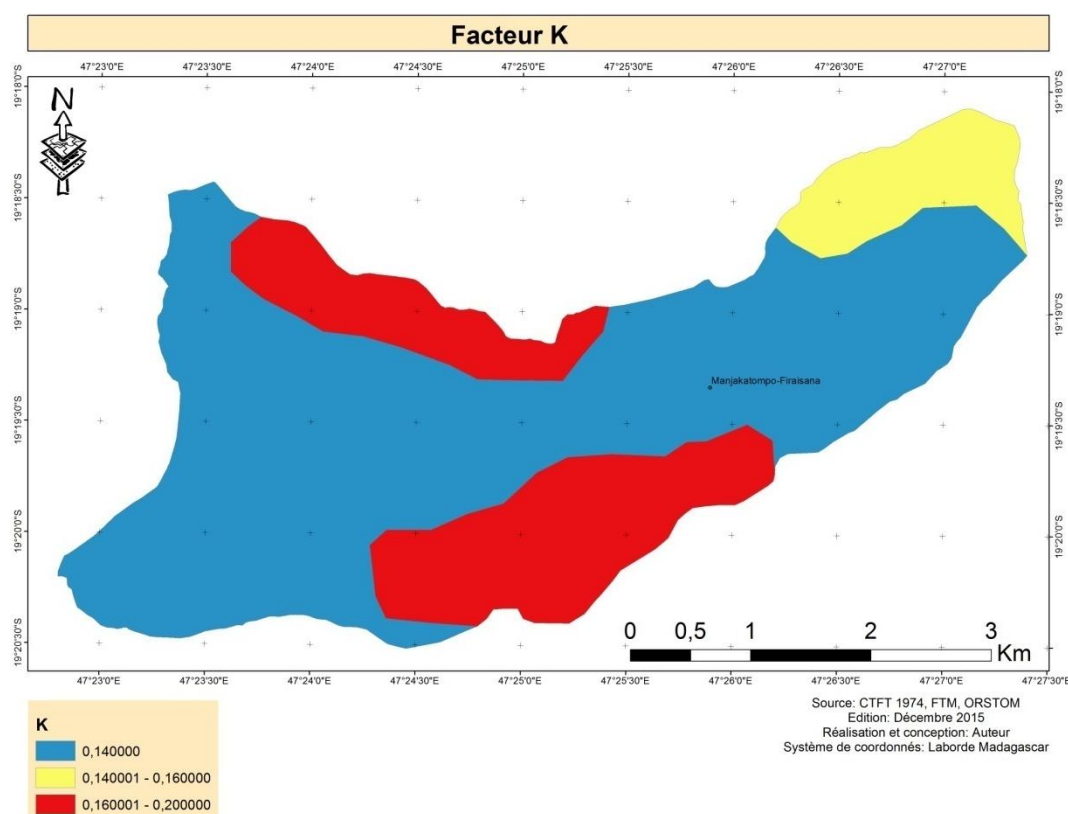
Sachant que les classifications pédologiques ne reposent pas sur les facteurs de l'érodibilité des sols, on remarque quand même certaines constantes (Roose, 1976) (tableau 5):

- les sols ferralitiques sont généralement assez résistants : K varie de 0,01 à 0,20, si on passe de roches à altérites argileuses (basaltes) à des roches à altérites argilo-sableuses (granites) ou à un schiste libérant des limons ;
- les sols ferrugineux tropicaux sont plus fragiles après deux années de culture ( $K = 0,20$  à  $0,30$ ) ;
- les sols gravillonnaires et lithosols sont très résistants à l'érosion en nappe ( $K = 0,01$  à  $0,04$ ) ;
- les Vertisols calciques sont très résistants ( $K = 0,001$  à  $0,01$ ), alors que les Vertisols sodiques seraient très fragiles ( $K > 0,40$ ) ;
- les sols bruns calcaires méditerranéens sont d'autant plus résistants qu'ils ont une charge importante en cailloux et de fortes teneurs en argile saturée en calcium ( $K = 0,10$  à  $0,01$ ) ;
- les sols rouges ferralitiques méditerranéens lessivés sont généralement assez fragiles ( $K = 0,20$ ).

Par extrapolation, l'érodibilité des sols dans le Bassin Versant Andohariana sont respectivement :

- Sols ferralitiques jaune/rouge :  $K = 0,03$
- Associations sols ferralitiques rouge +jaune/rouge :  $K = 0,05$

**Figure 1:** Facteur K du Bassin versant d'Andohariana



- **Calcul du facteur LS ou facteur topographique:**

Ce facteur représente l'effet combiné de la longueur et l'inclinaison de la pente. La pente fournit son énergie érosive à l'eau. Son inclinaison agit directement sur la vitesse du ruissellement en accélérant le transport solide vers le bas en augmentant ainsi l'impact de l'ablation des matériaux détritiques. Le modèle Modèle Numérique de Terrain (MNT) du bassin versant a permis d'établir une carte d'altitude et une carte des pentes du Bassin Versant. La pente du bassin versant varie de 0 à 89,9 %, dans le calcul de LS, elle est subdivisée en 3 classes: 0-29% 29-59% et 59,99-89,9% (tableau 6).

**Tableau 6 : Classification des pentes dans LS**

Classe de pente (%)	Qualification
0-29	Modéré
29-59	Elevé
59,99-89,9	Forte

Source : SRTM 90

La longueur de la pente joue aussi un rôle sur l'énergie érosive de l'eau qui ruisselle. Pour calculer le facteur topographique (LS), la formule de Wischmeier et Smith (1978) qui se base sur l'inclinaison et la longueur des pentes est la plus utilisée. Cette formule s'énonce ainsi:

$$LS = (L/22,13)^m \cdot (0,065 + 0,045 \cdot S + 0,065 \cdot S^2)$$

où L est la longueur de pente en mètre, S est l'inclinaison de la pente en %, m est un paramètre tel que m = 0,5 si la pente est > 5%, m = 0,4 si la pente est de 3,5 à 4,5 %, m = 0,3 si la pente est de 1 à 3 % et m = 0,2 si la pente est < 1%.

Cependant, l'équation de Moore a été choisie, par rapport à l'équation de Wischmeier et Smith (1978), il a comme avantage d'utiliser la surface de contribution spécifique comme une estimation de la longueur de la pente, ce qui est plus souple pour les paysages en trois dimensions. Cette équation s'énonce alors :

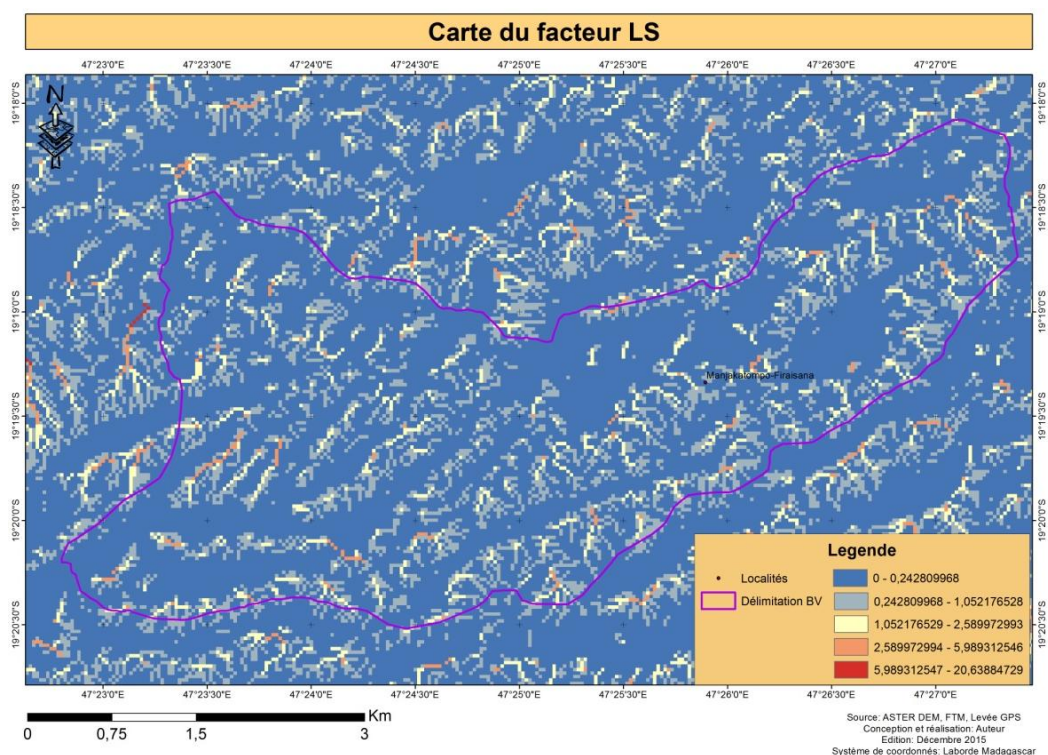
$$LS = (m+1 [A / a_0]^m [\sin B / b_0]^n$$

où A est un secteur de contribution spécifique, B est l'angle de la pente en degré,  $a_0 = 22,1m$  = la longueur de la parcelle standard,  $b_0 = 0,09 = 9\% = 5,16$  degrés : la pente de la parcelle de terrain standard d'USLE, m= 0,4-0,6 et n=1-1,4.

Pour intégrer cette formule dans un environnement SIG, en nous basant sur les données du DEM SRTM à résolution 90, le facteur topographique LS a été calculé directement sous logiciel ArcGIS à partir du MNT, de la carte des classes de pentes (en degré) et la carte de la direction des flux selon l'expression suivante (*MITASOVA*) :

**Pow ([flowacc]\*resolution/22,1, 0.4)\*Pow(Sin([slope]\*0.01745 )/0.09, 1.4)\*1.4** où "flowacc" représente l'accumulation des écoulements. Le calcul est fait avec l'outil Raster Calculator de ArcGis 9.3 dans Arc toolbox.

**Figure 2: Facteur LS**



### Le facteur C et P :

Le facteur C est défini comme le rapport entre les pertes en sols nus sous des conditions spécifiques et les pertes en sols correspondants aux sols sous système d'exploitation (Wischmeier et Smith, 1978). Le facteur de couvert octroyé par les végétaux et du mode cultural (facteur C) a nécessité la réalisation d'une carte montrant la typologie des différents types d'occupation du sol. Pour avoir des données mises à jour dans l'élaboration de la carte d'occupation du sol, le fond de carte fournis par Google Earth Pro en 2013 a été utilisé. Les entités figurant dans l'occupation du sol sont agencées selon leur surface (tableau 7).

**Tableau 7: Occupation du sol dans le bassin versant**

Type d'occupation	Surface (ha)
Habitation	28,8334
Mosaïque de culture	735,0155
Rizière	257,5652
Savane	570,9891
Reboisement	188,9998
Zone dégradée	5,2543

Source : Google Earth Pro 2013



Par la suite, la sensibilité à l'érosion des différentes classes (tableau 8) a été déterminée à partir de données issues de travaux réalisés sur Madagascar (MAEP, 2004).

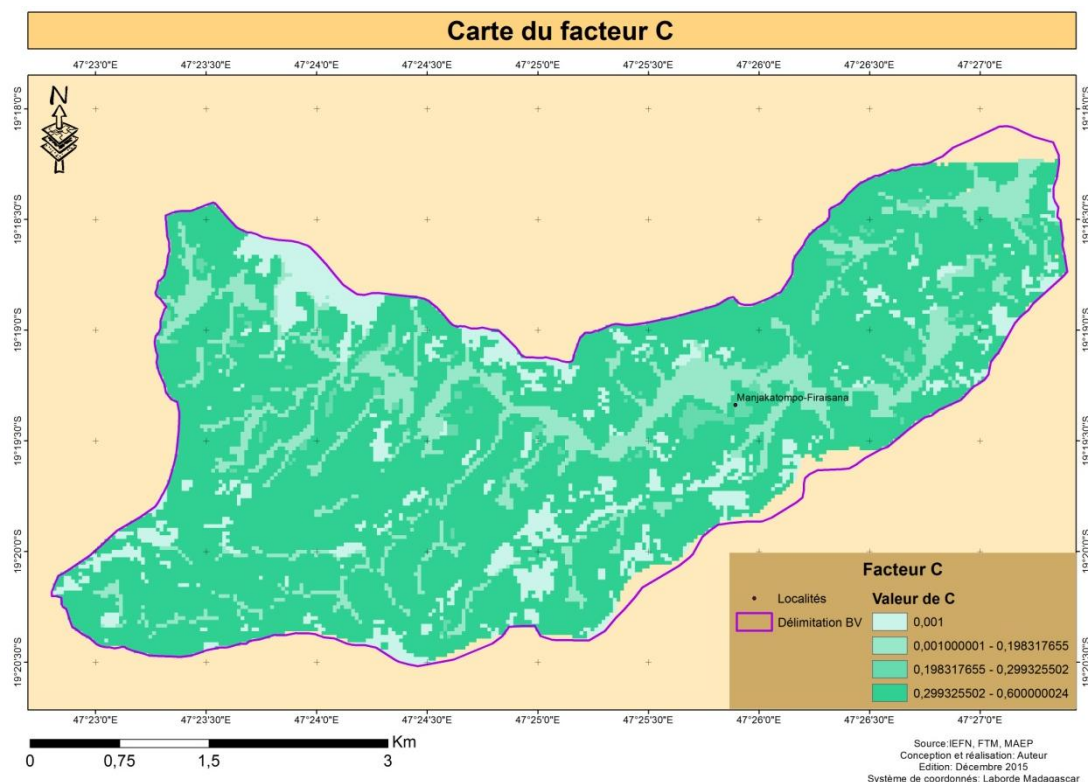
La mise à jour de la carte de l'occupation du sol consiste à l'actualisation de la typologie et des caractéristiques de ces derniers. Ainsi, occupation du sol sera classifiée en cinq (5): la rizière, les mosaïques de culture, les savanes, les reboisements et les zones dégradés incluant les lavaka et les ravinements. Une carte d'occupation du sol avec une échelle de 1/2 000 ème est confectionnée et mise à jour à partir de la numérisation des images Google Earth Pro et de l'ortho photo de la commune venant du *Birao Ifoton'ny Fananan-tany* (BIF) d'Ambatolampy.

**Tableau 8: Sensibilité à l'érosion en fonction du type d'occupation du sol**

Type d'occupation du sol	Facteur C
Sol nu	1
Forêt dégradée	0,7
Savane herbeuse dégradée	0,6
Mosaïque de culture	0,5
Savane arborée et arbustive	0,3
Mangrove	0,28
Surface bâtie	0,2
Zone reboisée	0,18
Rizière	0,15
Forêt dense	0,001
Plan d'eau	0

Source : MAEP, 2004

**Figure 3 : Facteur C**



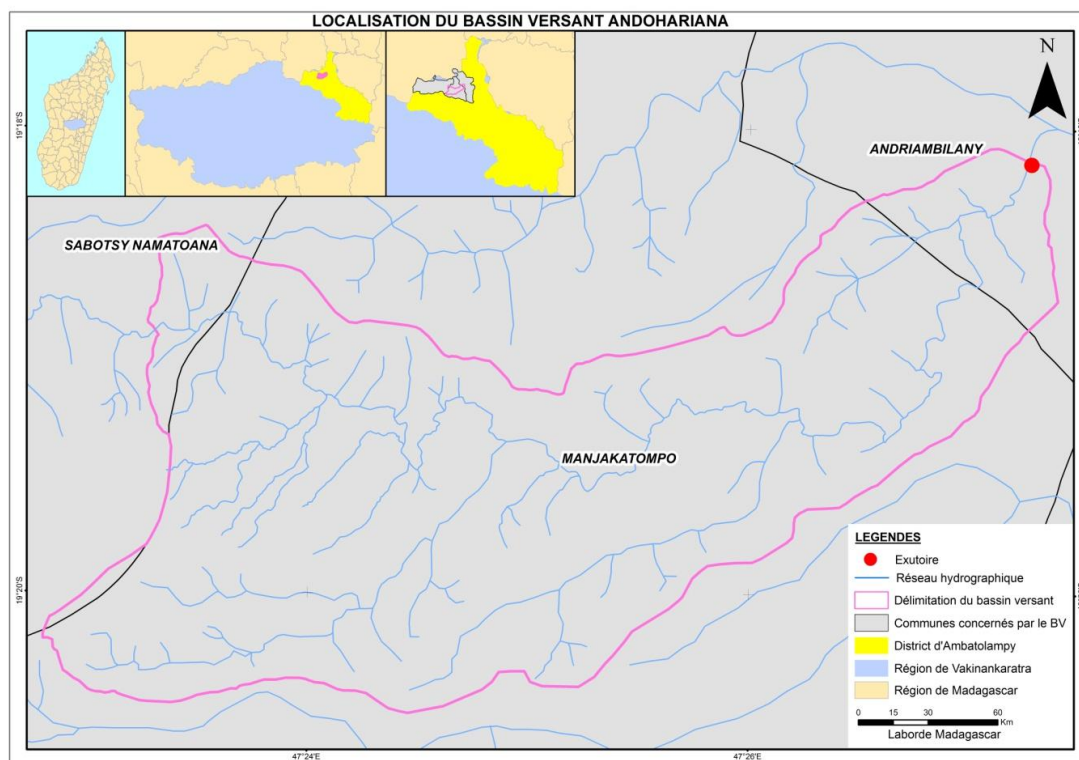
Pour le facteur P ou facteur liée aux pratiques de conservation du sol, en l’absence de données, une valeur arbitraire de « 1 » a été affectée. En d’autres termes, on considère qu’il n’y a pas de pratique de conservation.

## CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA ZONE DE RECHERCHE

### 3.1 Situation géographique

Le Bassin Versant d’Andoharina se situe 47°17’ et 47° 30’de longitude Est et entre 19°17’30’’ et 19°22’de latitude Sud (Fig 1). Il se trouve dans la région de Vakinankaratra, dans le district d’Ambatolampy et concerne trois communes dont Manjakatempo, Sabotsy Namatoana et Andriambolany. Il s’étend sur une superficie de 1834,51 ha. Sa délimitation inclut quatre(6) fokontany éparpillées dans trois (3) communes dont : le fokontany Manjakatempo Firaiana, Antanimbarilehibe, Ambodivona, Ambohipihaonana dans la commune de Manjakatempo, le fokontany Mahazoarivo dans la commune Sabotsy Namatoana et le fokontany Andriambilany dans la commune Andriambilany.

**Figure 1:** Carte de localisation du Bassin Versant d'Andohariana



Source : BD 100 FTM, SRTM 90, Auteur 2015

### 3.2 Zone caractérisée par un climat tropical d'altitude

Le BV d'Andoharina est dotée d'un climat tropical d'altitude, caractérisée par l'alternance de deux saisons biens contrastées: la saison chaude et humide du mois de novembre au mois d'avril et la saison sèche et fraîche du mois de mai au mois d'octobre. La température moyenne annuelle est inférieure ou égale de 20°C avec un maxima de 25°8 et minima de 1°C. (Tableau 9) .A titre indicatif la pluviométrie annuelle dépasse les 1 000 mm, soit 1505,9 mm dont le mois de janvier constitue le mois le plus humide.

**Tableau 9: Normales de température et de précipitations de la station d'Antsirabe (1983-2013)**

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	262,2	226,9	173,9	95,3	24,4	8,4	11,6	10	17,4	8,4	144,1	220,4
Tm(°C)	14	14,1	13,2	11,5	8	5,6	5,4	5,6	6,7	9,6	11 ,8	13,8
TM(°C)	24,9	25	24,4	23,9	22,1	20,1	20	21	23,9	25,4	25,2	25
TX (°C)	19,5	19,6	18,8	17,7	15	12,9	12,7	13,3	15,3	17,5	18,5	19,2

Source : Service météorologique d'Ampandrianomby

P : Précipitation TM (°C) : Température maximale

Tm (°C) : Température minimale TX (°C) : Température moyenne

### **3.3 Un relief collinaire typique des Hautes Terres Centrales**

La topographie de la zone d'étude est généralement marquée par la prédominance du paysage collinaire. L'altitude est comprise entre 1789 m et 1412 m avec une moyenne de 1551 m. On note que les altitudes diminuent graduellement de l'Ouest vers l'Est.

Appartenant à la région d'Ambatolampy, du point de vue géologique, le Bassin Versant correspond à un ensemble gneissico migmatique rapporté au système du graphite. Elle est intégrée dans les séries précambriennes qui sont pour la plupart d'origine paragneissique à la suite du métamorphisme des roches intrusives ancienne gabbroïque (Rabemanambola, 1999).

### **3.4 Caractère pédologique sensible à l'érosion**

Le bassin versants est marqué par la dominance de deux types des sols: les sols ferralitiques rouge et jaune/ rouge couvrant une grande partie de la région et les sols alluvionnaires, constituant les bas fonds. Du point de vue érosion, les sols ferralitiques rouge et jaune/ rouge sont perméables, de texture limoneuse, très acide, à faibles capacités d'échange, fortement dé saturés et pauvres en bases échangeables.

### **3.5 Une hydrographie dense**

Le Bassin Versant d'Andohariana appartient au Bassin hydrologique de Manjakatempo appartenant aux bassins fluviaux de Sisaony. Le réseau hydrographique du bassin versant est dense, les cours d'eau provenant des sources des vallées rejoignent la rivière Manjakatempo pour rejoindre le fleuve Andromba. Le réseau hydrographique s'écoule globalement de l'Est vers l'Ouest. Le débit moyen journalier est de 1,65 m<sup>3</sup>/s tandis que le débit spécifique du Bassin Versant est de 25,9 l/s/km<sup>2</sup>. Les lits des rivières sont peu profonds à cause de la résistance du matériel rocheux traversé (Rabemanambola, 1999).

### **3.6 Une zone à faible couverture végétale**

La couverture végétale de la zone d'étude est dominée par la savane herbeuse à *Aristida* (31,12 %) dont le système racinaire exploite essentiellement les 10 cm supérieur

du sol (Rakotomanana J.L. 1987) par la savane herbeuse (%) et le reboisement (10,30 %) (Tableau 10)

**Tableau 10: Les différents types de couverture végétale du Bassin Versant d'Andoharina**

TYPES DE PAYSAGES	SUPERFICIE (ha)	POURCENTAGE (%)
Savanes herbeuse	571	31,12
Culture	735	40,06
Reboisement	189	10,30

Source : Google Earth Pro 2013

### **3.7 Bassin versant d'Andohariana une zone de concentration de population**

La délimitation du Bassin Versant incluse 6 fokontany dont: Manjakatempo Firaiana, Antanimbarilehibe, Ambodivona, Amohipihaonana, Mahazoarivo et Andriambilany. La population du BV compte 3994 réparties dans 768 ménages, le tableau 11 suivant illustre la répartition des ménages touchés par la délimitation du BV dans les six fokontany.

**Tableau 11: Répartition des ménages par fokontany**

COMMUNE	FOKONTANY	NOMBRES DES MENAGES
Manjakatempo	Manjakatempo Firaiana	329
	Antanimbarilehibe	22
	Ambodivona	274
	Amohipihaonana	26
Sabotsy Namatoana	Mahazoarivo	48
Andriambilany	Andriambilany	69

Source : Terrain 2015

Par rapport à d'autres fokontany, Manjakatempo firaiana de la commune Manjakatempo connaît le plus grand nombre de population avec un nombre de ménage de 329.

### **3.8 Activités économiques accès sur l'agriculture et l'élevage**

L'agriculture est la principale activité de la population dans le Bassin Versant d'Andoharina. La riziculture des bas fonds est la base des activités des paysans. Au total dans

le bassin versant, la rizière occupe une superficie de 261,18 ha. Cette activité est la prioritaire par rapport à l'élevage et la culture sur tanety, elle occupe 80% du temps de chaque ménage. Le calendrier agricole (Tableau 12) est le même dans les quatre (4) *fokontany*. Le semis est fait en mois d'Octobre, le repiquage entre le mois de Novembre et le mois de Janvier et la récolte entre le mois d'Avril et le mois de Juin. Parmi les 4 fokontany, Antanimbarilehibe est le principal producteur de paddy. Pendant la contre saison, sur les parcelles de rizières sont pratiquées les cultures maraîchères et légumineuses. Cependant, dans le fokontany Manjakatampo Firaiana, une minorité des ménages peut pratiquer cette activité faute de problème d'irrigation due à la destruction de l'infrastructure hydro-agricole. Le fokontany Ambohipihaonana est le principal producteur de pomme de terre.

**Tableau 12 : Calendrier rizicole des Bas Fond du Bassins Versant**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Labour												
Semis												
Repiquage												
Sarclage												
Récolte												

Source : Enquête 2015

En termes de production rizicole dans le Bassin Versant, le rendement est en fonction des techniques adoptées (Tableau 13)

**Tableau 13 : Rendement rizicole dans le BV Andohariana en 2014**

	SRI	SRA	SRT	RP
RENDEMENT(t/ha)	5,5	4	2	2

Source : CIRDR Ambatolampy, 2015

Les cultures pluviales occupent les versants des tanety ; le manioc la patate douce et le maïs se succèdent dans le terroir. Dans le Bassin Versant d'Andoharina le fokontany de Manjakatampo Firaiana est renommée dans la production de patates douces. La population pratique également de la riziculture pluviale dont la production est de 2t/ha. Sur le bas de pente sont cultivés le taro et la pomme de terre. D'autres cultures sont également pratiquées par la population à l'instar de melon, soja (tableau 14).

**Tableau 14 : Rendement des cultures pluviales (2014)**

	Pomme de terre	Manioc	Patate douce	Haricot	Maïs	Lég. à F	Taro	Melon	Soja
RENDEMENT (t/ha)	8,6	-	-	1,2	1,4	6	8	30	1,2

Source : CIRDR Ambatolampy, 2015

Les arbres fruitiers sont plantés à proximité des habitations, il s'agit essentiellement du pêchier, pommiers, pruniers et bananiers.

Dans le fokontany de Manjakatempo firaiana, sur les 20 ménages enquêtés 12 d'entre eux possèdent un parc à bœufs et possédant au moins 2 têtes. L'élevage de bovin est significatif, les vaches laitières et les races autochtones sont les principales races apprivoisées. L'élevage porcin, caprin et ovin est également pratiqué, quelques nombres pratiques l'apiculture.

La pisciculture est également pratiquée dans la zone de Manjakatempo et associée avec la riziculture, cette activité s'est beaucoup développée grâce à sa faible charge de production et sa facilité d'être associée avec d'autres activités d'élevage. 80% de la production est destinée à l'autoconsommation, les 10 % sont destinées à la vente pour la réalisation des grands travaux, les 10 % restantes sont vendus au marché d'Ambatolampy et d'Antanamalaza.

# DEUXIEME PARTIE: LES PREMIERS RESULTATS ET LA NECESSITE D'UNE AMENAGEMENT

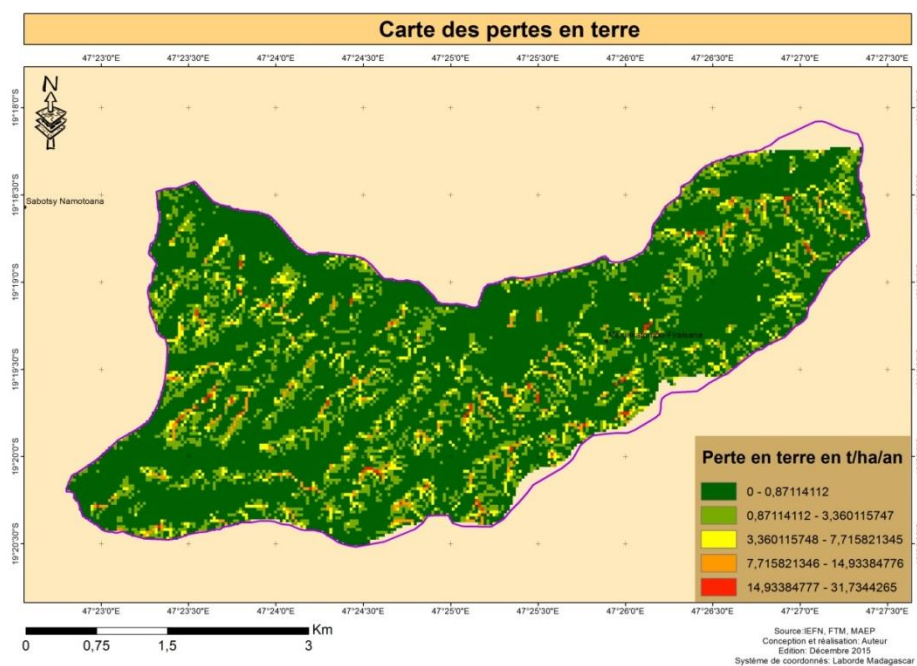
## CHAPITRE 4 : CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT D'ANDOHARIANA ET AMENAGEMENT

C'est à partir du dépouillement des données cartographiques et quantitatives, qu'un essai de caractérisation du Bassin Versant a été effectuée. Le but de la caractérisation du BV est de dresser un portrait global du Bassin Versant, elle permet de définir et de comprendre les relations entre les éléments et les caractères distinctifs du bassin versant afin d'élaborer un plan d'aménagement durable et efficient. C'est par le biais de caractérisation du BV, que les problèmes engendrant la dégradation du BV vont être repérés. Ainsi, deux (2) thématiques vont être abordées dans la caractérisation : l'état de dégradation du Bassin versant dont le topo séquence est l'échelle d'analyse, les facteurs de cette dégradation en se focalisant sur l'utilisation du Bassin et son état physique.

### 4.1 Une modélisation de perte en terre

Une modélisation de l'érosion hydrique du Bassin Versant par méthode empirique en utilisant la formule USLE est faite. Par croisement de différentes données cartographiques une carte de perte en sol est dressée (Carte 5).

**Figure 5 :** Carte des pertes en terre





En se référant aux cartes des différents facteurs et à la carte finale (cf carte 6). La perte en terre dans le Bassin versant d'Andoharina a été quantifiée, elle varie de 0,87 à 31,73 t/ha/an. Cette valeur est expliquée par l'effet de l'action du climat associée à la topométrie du Bassin versant, à la couverture végétale et le type de sous sol du Bassin versant. Du point de vue érosion, les sols ferralitiques rouge et jaune/ rouge sont perméables, de texture limoneuse, très acide, à faible capacité d'échange, fortement désaturés et pauvres en bases échangeables. La couverture végétale tient un rôle important dans la dynamique de l'érosion. Les zones qui connaissent une forte perte en terre sont les zones dénudées à forte pente situés en haute altitude, ce sont les zones de culture ou parcelles laissées en jachère sans embroussaillage. Les zones de faibles pertes en terre constituent les zones reboisés qui se trouve au sommet ou dans les zones de faible pente mise en culture.

A part le fait de la fragilité du milieu physique, les techniques utilisées par la population constituent les causes de destruction du Bassin Versant.

#### **4.2 Techniques agricoles non adéquats pour la gestion durable du bassin versant**

La technique agricole adoptée par la population figure parmi les causes majeures de la destruction du Bassin versant. Cette technique consiste à la mise en culture des versants de forte pente, le choix de la période de travail des parcelles des *tanety*, ainsi qu'à leur mise en jachère. En termes d'aménageabilité, on distingue trois classes de pente dans le bassin versant (cf tableau 15) :

**Tableau 15: Classe des pentes dans le BV**

<b>Pente %</b>	<b>Surface (Ha)</b>	<b>Pourcentage %</b>
0-5	385,6107	21,02
5-12	325,9455	17,77
12-15	177,4367	9,67
Sup 15	945,5217	51,54

Source: SRTM 90

Le manque de maîtrise d'eau favorisée par la destruction des infrastructures hydro-agricole (cf cliché 1) et le morcellement des rizières dans les bas fonds poussent la population à la mise en valeur des versants à forte pente qui peut atteindre jusqu'à plus de 90%, différents cultures y sont pratiquées dont la culture maraîchère et les cultures sèches. Aucune technique antiérosive n'est associée à la technique culturale adoptée, cette situation favorise la destruction du sol par l'érosion et ensablement des rizières en aval. L'insuffisance de la production rizicole est amplifiée par la baisse de récolte sur *tanety* et l'augmentation des coûts de la culture. 3 ménages sur 10 seulement peuvent effectuer des amendements sur *tanety* faute de moyen financier. Aucune infrastructure n'est mise en place à fin de canaliser les eaux de ruissellement des versants pour être rejetées dans la rivière. Cette situation favorise des conflits entre exploitant du bassin versant.

**Photo 1 :** Vétusteté des infrastructures hydro agricoles dans le Bassin Versant dans le fokontany Manjakatampo Firaiana,

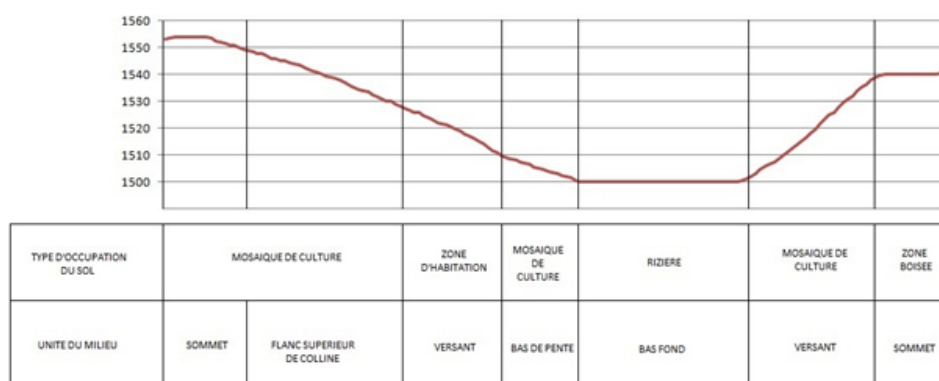


Source : Juillet 2015, Auteur

#### **4.3 Versants et bas de pentes caractérisés par des lavaka**

Comme le paysage bassin versant est de type collinaire, l'analyse de la dégradation du Bassin Versant (croquis 1) par topo-séquence est adéquate. Le croquis résume la topo-séquence de l'occupation du sol suivant les unités topographiques qui se trouvent dans la zone du bassin versant, il est suivi du tableau n°16 résumant l'état de dégradation des unités topographiques (tableau 16).

### Croquis 1: Transect du terroir dans le fokontany Andriambilany



Source: SRTM 90, Google Earth Pro, Auteur 2015

Le Bassin Versant d'Andoharina est composé de quatre unités topographiques: le sommet des collines; les versants, les bas de pentes et le bas fonds. Chaque unité topographique en fonction de son type d'occupation du sol subit des dégradations.

Sur les sommets et les flancs supérieurs des collines, les mosaïques de culture occupent le paysage. L'érosion en nappe attaque les sommets et les flancs supérieurs des collines, les techniques agricoles adoptées par la population jouent un rôle important sur l'intensité du ruissellement. Par la priorisation de la riziculture des bas fonds et par choix, la population ne peut travailler les terres sur les *tanety* qu'avant le début de la saison de pluie. Cette pratique agricole favorise le haut risque de ruissellement car le sol se comporte comme le sol nu. Les sommets occupés par des reboisements sont les mieux protégées, le risque d'érosion est faible.

Parmi les unités topographiques, les versants dénudés et le mi pente sont les plus touchés par l'érosion. Les ruissellements façonnent les sommets et les versants dénudés ou cultivés, les lavaka se développent dans les bas de pente. La mise en valeur des *tanety* par la pratique de la culture pluviale sans technique rend les *tanety* sensible à l'érosion et provoque l'ensablement des rizières et les infrastructures hydro-agricoles en aval d'où la dégradation des SBV. Cette dégradation est surtout due à la pratique par la population des techniques culturelles qui sont néfastes à la préservation du BV: les modes de cultures suivant le sens de la pente, la mise en culture des zones à forte pente, la mise en jachère des parcelles sans couverture végétale, la mise en culture toute proche de la saison de pluie mais également la non maîtrise des pâturages. Au niveau du Bassin Versant d'Andohariana, par insuffisance de main d'œuvre, les *tanety* sont laissés sans culture. Les routes et chemins mal entretenus font

aussi partie des zones sensibles à l'érosion. Les unités topographiques à forte pente et dénudées sont les plus exposées à l'érosion, ainsi que les zones occupées par des mosaïques de cultures.

L'érosion en amont du BV provoque l'ensablement des rizières en aval. Cela est renforcé par le ruissellement qui s'opère dans les sommets et les versants des *tanety* provoquant la sédimentation des bas fonds. En 2008, 8,12 ha ont été ensablés. Cette situation constitue un problème majeur au niveau des cultivateurs par une perte importante de surface rizicole d'où une perte importante de récolte menant l'insuffisance et à l'insécurité alimentaire des ménages.

**Tableau 16 : Les états de dégradation des topo-séquences.**

UNITE TOPOGRAPHIQUE	Altitude (m)	DESCRIPTI ON	ETAT DE DEGRADATION	RISQUE
SOMMET	+1550m	Boisée, cultivée	Protégée contre le ruissellement et l'érosion	Faible
		Dénudée	Touchée par le ruissellement	Élevé
FLANC SUPERIEUR DE COLLINE	1530 -1550 m	Boisée	Protégée contre le ruissellement et l'érosion	Faible
		Mosaïque de culture	Touchée par le ruissellement	Elevé (cultures et pentes de même sens, pente forte, mise en culture proche de la saison de pluie...)
				Moyen (pente faible, utilisation de techniques adéquates)
VERSANT	1510-1530 m	Occupée par des mosaïques des cultures Lavaka (cultures et pentes même sens)	Touchée par le ruissellement (érosion de rejaillissement, formation des lavaka)	Elevé
BAS DE PENTE	1500-1510-1500m	Mosaïque de culture et habitation	Faible dégradation Formation des lavaka et ravinement Destruction de berges	Faible
BAS FOND	1500m	Occupée par des rizières	Ensablement par les crues de rivière et par la dégradation venant de l'amont	Risque élevé de perte en surface agricole donc en production

Source : Constatation de l'Auteur

## **Cliché 2 : Ensablement de rizière dans le fokontany Manjakatombo Firaïsana**



Source : Juillet 2015, Manjakatombo Firaïsana, Cliché de l'auteur

Les lavaka dans les BV concernés sont surtout d'origine anthropique. Ils se développent dans les zones à forte pente dont la couverture végétale est faible. Au niveau des tanety, ces formes d'érosion sont perçues comme étant un problème majeur pour la population.

## **CHAPITRE 5 : UN PLAN D'AMENAGEMENT AXE SUR L'AMENAGEMENT DES ZONES DEGRADEES.**

### **5.1 Les aménagements locaux**

Les zones dégradées constituent les lavaka, les rigoles et les ravinements. Vu les impacts de l'existence de ces zones dégradées sur le point agricole et socio-économique, l'aménagement de ces zones constitue une priorité absolue.

Au niveau du Bassin Versant, pour éviter les dommages provoqués par l'érosion du sol, une partie de la population utilise des plantes antiérosives comme les bambous sur les versants à très forte pente (cliché 4) ainsi que des réseaux de canalisation des eaux de ruissellement. Pour les rizières subissant l'ensablement, une énorme baisse de production est engendrée par la perte de surface cultivable. Aussi le coût du désensablement est élevé. Le désensablement de 100 m<sup>2</sup> s'élève au moins à 200 000 Ar. D'après la population, le déplacement du barrage un peu plus en contre bas de sa localisation actuelle est une des alternatives qui pourraient éviter l'inondation et ses impacts dévastateurs lors de la saison de pluie.

**Cliché 3:** Utilisation des végétations pour la protection des versants dans le fokontany Sabotsy Namatoana.



Source : Juillet 2015, Sabotsy Namatoana, Cliché de l'auteur

## **5.2 Proposition d'aménagement suivant les unités topographiques existantes**

Des aménagements seront nécessaires pour la planification et la réorganisation spatiale du bassin versant Andohariana. Dans le but d'assurer l'autosuffisance des exploitants du bassin versant, elles seront focalisées sur la stabilisation de zones dégradées. Les différentes unités topographiques vont être considérées.

### ***a. Aménagement des sommets et des flancs des collines par le reboisement***

La couverture végétale joue un rôle très important dans la lutte contre l'érosion. L'arbre protège le sol à l'aide des houppiers qui amortissent la force des gouttes de pluies, des litières qu'ils produisent peuvent pour couvrir et améliorer le sol et les racines qui fixent le sol. Grâce au reboisement l'approvisionnement de la population en bois d'énergie et de consommation est assuré. Aussi, c'est une source de revenu supplémentaire pour la population. En fonction de l'étendue de la zone à reboiser, une mise en place de pépinière villageoise pour l'approvisionnement des plants est nécessaire.

Eucalyptus, Pins, Acacias sont les espèces plantées par population. L'intérêt commun de la population pour le reboisement de ces espèces est la destination des produits : bois d'énergie, bois de construction, source de revenus supplémentaires.

### ***b. Aménagement des pentes***

#### **- Stabilisation de lavaka et stabilisation des ravins**

La stabilisation des lavaka fait intervenir différents processus: diminution de son aire de drainage, la diminution des effets de cascades d'eau venant de la partie supérieure, l'arrêt de son approfondissement. Dans le bassin versant d'Andohariana, les lavaka et les ravinements occupent un espace de 7,37 ha. La végétalisation joue un rôle important dans la stabilisation d'un *Lavaka*. Elle fixe le sol et réduit les effets de l'eau. Une recolonisation de l'intérieur des lavaka par la végétation peut être adoptée. La méthode de stabilisation des ravins bordant le canal principal de la rivière est le terrassement, cette méthode a pour objectif de réduire les effets de la chute d'eau. Toute la surface travaillée est gazonnée pour la protéger contre l'eau de pluie. Les fascines sont des mécanismes de protection adéquate pour la maîtrise de l'érosion des ravinements. Dans le traitement des lavaka et des ravines, les haies antiérosives sont installées sur la zone en amont à traiter mais également pour fixer l'accumulation de sable en aval des ravines. Une vérification annuelle doit être effectuée pour le suivi des dispositifs de protection.

#### **- Adoption des haies vives**

Dans la zone de culture, la dégradation du sol par l'effet d'érosion provoque la diminution de la récolte. La mise en place des techniques de restauration de sol est à prioriser par l'adoption des techniques antiérosives.

L'adoption des haies vives concerne la mise en place de lignes antiérosives équidistantes de 8,6 à 7,21 m selon la pente des versants et suivant les courbes de niveau des terrains. Les haies vives seront plantées sur la limite des parcelles. Concernant le choix des espèces, diverses espèces légumineuses ou graminées, des plantes fourragères sont envisageables. L'association de ces deux espèces reste le meilleur choix possible. Les lignes anti érosives seront constituées soit par des *Tephrosia* avec du Vétiver et Citronnelle/Fourrages.



- Pratique de la jachère améliorée

La pratique de la jachère améliorée a pour objectifs la fertilisation de la terre, la production des bois de chauffe, le pâturage des bœufs et la lutte contre le ruissellement dans les parcelles. Plusieurs espèces peuvent être utilisées dont: le fourrage comme *Bracharia ruziensis* (*brizantha* ou *humidicola* ou *Stylorantes guianensis*) ou les espèces légumineuse (*tephrosia*, *Cajanus* *Cajan*,.....)

#### ***c. Aménagement des bas de pente***

- Arboriculture

La pratique de l'arboriculture est vivement encouragée dans le bas de pente. Cela a pour objectif la protection de cette unité de topo séquence contre l'érosion, satisfaire l'équilibre nutritionnel, la diversification des spéculations rurales et d'augmenter les revenus des paysans.

#### ***d. Aménagement des bas fonds***

- Protection des berges

La destruction des berges constituent l'amplification de l'ensablement des rizières du bassin versant. Deux méthodes de protection des berges peuvent être adoptées: la protection mécanique et protection biologique. La protection biologique consiste à la plantation des vétivers le long des bordures des rivières. La protection et à la réhabilitation des berges par des méthodes mécaniques consiste par la construction des gabions ou à l'utilisation des bois.

Dans le fokontany de Manjakatempo Manjakatempo Firaisana 5,56 km ont besoin de système de protection. La destruction des berges engendre la perte en surface rizicoles soit par ensablements par l'apport du sédiment lors de la montée des eaux soit par écroulement des parcelles des rizières lors des fortes saisons de pluie. L'ampleur des destructions et des dommages est amplifiée par la l'endommagement du barrage hydroélectrique d'Andohariana.

- Construction et réhabilitation des infrastructures hydro- agricole

La construction et réhabilitation des infrastructures hydro-agricoles va assurer l'augmentation de la production rizicole des bas fonds, la protection des rizières contre l'ensablement et la



possibilité de pratique de culture de contre saison. Elle a pour rôle également la baisse des conflits concernant l'usage de l'eau.

### **5.1 Une mise en place et renforcement de la capacité des structures socio-organisationnelles existants**

Aucune organisation œuvrant pour la protection du bassin versant n'existe au niveau de ce dernier. Pour l'appropriation des actions d'aménagement, la sensibilisation de la population à se regrouper dans des associations est primordiale. Un AUE est présent dans le fokontany de Manjakatempo Firaïsana, mais l'effectif des membres reste faible. L'intégration de la totalité des usagées et le renforcement de capacité des membres s'avère nécessaire dans le but de la gestion durable du bassin versant. La mise en place d'un comité de gestion est primordiale pour responsabiliser la communauté locale.

### **5.2 L'élaboration du plan de gestion**

Un plan de gestion participative aboutissant à un pacte communautaire est nécessaire afin de garantir l'appropriation de la population des projets d'aménagement à venir. Le mode de gestion, les règles d'accès et d'appropriation des ressources doivent être discutés et concertés dans ce plan de gestion. Ainsi la participation de la population dans l'élaboration est le garant de l'efficacité des aménagements qui doivent être réalisés.

## **CONCLUSION GENERALE**

Le bassin versant d'Andohariana constitue l'espace de vie d'un grand nombre de population dans la commune de Manjakatempo. C'est le support de différentes activités socio-économiques. Le Bassin Versant d'Andohariana est caractérisé par la manifestation de l'érosion et de la mauvaise gestion des ressources menaçant la viabilité économique de la population et l'état des ressources naturelles. La fragilité du milieu naturelle et la pratique culturale non adéquate dans le bassin Versant engendre sa destruction. Un plan d'aménagement est nécessaire a fin d'assurer la gestion rationnelle des ressources et la viabilité économique des utilisateurs du Bassin Versant. La présente recherche vise à contribuer à l'élaboration du plan par l'essai de caractérisation du bassin versant et une proposition des actions d'aménagement à effectuer. Les aménagements par topo-séquences cités dans la recherche ne sont que des directives dans l'élaboration du plan d'aménagement proprement dite, une approche besoin et une approche terroir doivent être effectuée. Tout cela suivis d'un zonage distinguant les différentes zones d'aménagement.

## **BIBLIOGRAPHIE**

### **MEMOIRE :**

- **RASOLOZAKA (T. M), 2014**, Essai de cartographie et de prévision d'érosion à Tolongoina, Région Vatovavy Fitovinany, Université d'Antananarivo, Département de la Géographie
- **HADIR (S.), 2010**, Modélisation du ruissellement et de l'érosion par le modèle STREAM dans le bassin versant de l'Oued Saboun, Management des ressources en sols et en eaux, Institut agronomique et vétérinaire HASSAN II RABAT, Département des ressources naturelles et de l'environnement 175 Pages.
- **RABEMANAMBOLA (H.), 1999** : Etude des ressources en eau et approvisionnement en eau potable de la ville d'Ambatolampy, Université d'Antananarivo, Département de la Géographie, 111 Pages.

### **ARTICLE :**

- **DAOUDI (M), SALMON (M), DEWITTE (O), GERARD (P), ABDELLAOUI (A), Ozer (A), 2009**, Prédiction de l'érosion ravinant en Algérie : vers une nouvelle approche probabiliste de données multi sources, Journées d'Animation Scientifique (JAS09) de l'AUF Alger .7 Pages.
- **DAEC/Projet de délimitation des bassins versants du 16.12.2013**, rapport explicatif accompagnant le projet de délimitation des bassins versants dans le cadre de la mise en œuvre de la loi sur les eaux, 7 Pages.
- **MOSTEPHAOU (T), MERDAS (S). SAKAA (B), HANAF (M ) et BENAZZOUZ (M ), 2013**, Cartographie des risques d'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de pertes en sol à l'aide d'un système d'Information géographique dans le bassin versant d'El Hamel (Boussaada) ALGERIE ; Journal Algérien es Région Arides , 17 Pages.

### **OUVRAGE :**

- **FAO, 2008**, La nouvelle génération de programmes et projets d'aménagement des bassins versants, Etude FAO : Forêts, 152 Pages.

- **HOTTIN (G)**, 1969, Etude géologique et prospection au 1/100 000 de la feuille Ambatolampy P 48. Travaux du Bureau Géologique N°121, Service Géologique, Antananarivo, 35 Pages.
- **Hanz (M.)**, 2011, Evaluation du modèle hydrologique CLSM dans le bassin versant de l'Yvette par comparaison à plusieurs jeux de données indépendants, Université Paris Sud 11, 42 Pages.
- **CRAVO RIOS (M.)**, 2010 : Cartographie des zones sensibles à l'érosion sur le bassin versant de la Vie du Ligneron et du Jaunay, La salle BEAUVAIS, AGRO CAMPUS Ouest, 54 Pages.
- **ONE**, 2005, Tableau de bord environnemental région Vakinankaratra, 194 Pages.
- **Dautrebade (S)**, 2003: Guide méthodologique pour le choix d'aménagements appropriés en matière de conservation des sols et des eaux, Gembloux faculté universitaire des sciences agronomiques, 145 Pages.
- **Vernoux (J.F), Wuilleumier (A), Seguin (J.J.), Doerfliger (N.), Martin (A.)**, 2007 , Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Eau Seine Normandie, BRGM , 293 Pages.
- **ONU Conseil Economique et social** ; Examen de la mise en œuvre d'Action 21 : les sols, 25 Pages.
- **RATSIVALAKA (S), SERPANTIE (G), GEORGES ( N), ROOSE (E)**, 2005, Erosion et gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols, Actes des journées scientifiques du réseau de chercheurs Erosion et GCES, actualité scientifique , AUF, GB, 310 Pages.
- **RANDRIANARISOA (P. M.)**, 2001, Plan d'aménagement et de gestion de la zone pilote Ampohibe : Terroirs Androhofary et Antsahanampiana, Rapport final du projet d'amélioration et de développement du Nord Est (PADANE) 92 Pages.
- **RAHARINAIVO (S)**, 2008, Les techniques de correction des ravines et de stabilisation des Lavaka tirées des acquis du PLAE à Marovoay, PLAE, BMZ , KfW, 37 Pages.

- **Ministère de l'agriculture**, de l'élevage et de la pêche, unité de politique de développement rural, 2003 : Monographie du Vakinankaratra, 118 Pages.
- STUCKY Ingénieurs-conseils SA, 2005, Schéma d'Aménagement et de gestion des Eaux de l'Odet, Commission Locale de l'Eau SAGE de l'Odet, 73 Pages.

## **WEBOGRAPHIE**

- Caractérisation du Bassin Versant,
- [http://www.mddep.gouv.qc.ca/jeunesse/bassin\\_versant/bv.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/jeunesse/bassin_versant/bv.htm)
- Elaboration d'un plan d'aménagement d'un Bassin Versant stratégique,  
[http://www.mddep.gouv.qc.ca/jeunesse/bassin\\_versant/bv.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/jeunesse/bassin_versant/bv.htm)
- Définition aménagement et bassin versant,  
<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article408>

## **ANNEXE**

### **ANNEXE I**

#### **I. 1 PERSONNES CIBLES ET TYPES DE QUESTIONS**

##### **1. Autorité locale/ président du fokontany**

- Démographie
- Infrastructures sociales
- Infrastructures techniques
- Tenure foncière
- Mode d'accès à la terre et aux ressources

##### **2. Ménages**

- Taille
- Système agraire
- Economie de ménage
- Usages forestiers

##### **3. autorité traditionnelle**

- Historique de la zone
- Usages et coutumes
- Locaux et régionaux

#### **I. 2 QUESTIONNAIRE POUR MENAGES.**

##### **Thématique 1 : Caractéristiques des ménages**

- Taille de ménage :

- combien avez-vous d'enfant ? Quels âges ont-ils ?
- combien sont scolarisés et ne le sont pas (pourquoi)? Où?
- sur quels niveaux ont-ils arrêté (BEPC, CEPE, BACC)?
- après leur scolarisation reviennent-ils aux villages ?
- si oui qu'est-ce qu'ils font? (activités)
- s'il en a qui sont déjà mariés quels âges ont-ils?

Objectifs :

- connaître le rythme de demande en terre par la population.
- connaître la dynamique sociale du ménage et son impact sur le problème foncier.
- reconstituer l'historique d'implantation de la famille dans la zone.

**Thématique 2:** Le système agricole.

○ **Les unités de production :**

- riziculture irriguée
- cultures pluviales
- reboisement

-Quel est votre activité principale\ Secondaire?

○ **Productivité des unités de production**

- Riziculture irriguée

- moyen de production : - surface cultivée
  - nombre de parcelles
  - lieu et distance
  - bœufs
  - charrue
  - herse
  - charrette
- modes de cultures / techniques culturales
  - traditionnelles/ voly saritaka / ketsan-drazana
  - cultures en ligne
  - SRI /ketsa 8 andro
  - utilisation d'engrais, pesticide
  - le calendrier agricole

***Synthèse : explications choix des techniques culturales***

- production
  - rendement
- autosuffisance
  - autosuffisant
  - excédentaire : évaluation du surplus
    - utilisation du surplus
  - déficitaire
    - durée de la soudure
    - solution/stratégies
  - proportion vendue
    - faites vous des défrichements ?combien par ans? On insistera sur les causes, la superficie et la localisation.
  - problèmes

**I. 3 QUESTIONS POSES AU NIVEAU DU FOKONTANY.**

-Nombre de population

-nombre des villages (hameaux)



-nombre \ taille des ménages

-y a t-il une autorité traditionnelle ? Quels rôles jouent-ils ?

*Objectifs :*

*-Savoir la dynamique démographique du fokontany.*

*-Connaître les rôles des instances traditionnelles existantes.*

#### **I.4 FOCUS GROUPE:**

- **Acteurs concernées**
  - AUE
  - ray amandreny
  - chef FKT

#### **Thématique 5 : organisation sociale**

- coutumes et us (fady ...)
- rôle de l'autorité traditionnelle dans l'organisation sociale
- type d'organisation sociale

*Objectif:*

*Connaître les caractéristiques de l'organisation sociale des fokontany*

#### **Thématique 6: Conflit sur l'usage de l'eau**

- Quels sont les problèmes sur l'usage de l'eau ?
- Quels sont les types de conflits ?
- Qui sont les acteurs de conflits ?

- Quels sont les méthodes de résolution des conflits ?
- Sont –ils satisfaisants ?

*Objectifs:*

- *Connaître les types de conflits leurs caractéristiques*
- *Savoir l'efficacité des résolutions des conflits*

## TABLES DES MATIERES

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	I
<b>RESUME</b> .....	II
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	IV
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	IV
<b>LISTE DES CROQUIS :</b> .....	V
<b>LISTE DES FIGURES :</b> .....	V
<b>LISTE DES PHOTOGRAPHIES</b> .....	V
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	VI
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>PARTIE I : CADRE CONCEPTUEL ET DEMARCHE DE LA RECHERCHE</b> .....	4
<b>CHAPITRE 1 : CONCEPT ET THEORIE</b> .....	4
1.2 Le schéma et le plan d'aménagement (Elaboration d'un plan d'aménagement d'un Bassin Versant stratégique, .....	5
1.3 L'aménagement d'un bassin versant un concept en perpétuelle évolution .....	5
<b>CHAPITRE 2 : LA DEMARCHE ET METHODOLOGIQUE DE RECHERCHE ADOPTEES</b> .....	7
2.1 Analyse bibliographique .....	7
2.2 Les travaux de Terrain.....	10
2.3 Dépouillement des données .....	11
<b>CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA ZONE DE RECHERCHE</b> .....	22
3.1 Situation géographique .....	22
3.2 Zone caractérisée par un climat tropical d'altitude .....	23
3.3 Un relief collinaire typique des Hautes Terres Centrales .....	24
3.4 Caractère pédologique sensible à l'érosion .....	24
3.5 Une hydrographie dense .....	24
3.6 Une zone à faible couverture végétale.....	24
3.7 Bassin versant d'Andohariana une zone de concentration de population .....	25
3.8 Activités économiques accès sur l'agriculture et l'élevage.....	25
<b>DEUXIEME PARTIE: LES PREMIERS RESULTATS ET LA NECESSITE D'UNE AMENAGEMENT</b> .....	28
<b>CHAPITRE 4 : CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT D'ANDOHARIANA ET AMENAGEMENT</b> .....	28
4.1 Une modélisation de perte en terre .....	28
4.2 Techniques agricoles non adéquats pour la gestion durable du bassin versant.....	29
4.3 Versants et bas de pentes caractérisés par des lavaka .....	30

<b>CHAPITRE 5 : UN PLAN D'AMENAGEMENT AXE SUR L'AMENAGEMENT DES ZONES DEGRADEES.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Les aménagements locaux.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 Proposition d'aménagement suivant les unités topographiques existantes .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Une mise en place et renforcement de la capacité des structures socio-organisationnelles existants .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2 L'élaboration du plan de gestion.....</b>	<b>37</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>39</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>42</b>