

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation de la retenue d'eau d'Amboromalandy et de ses sous-bassins-versants.	5
Figure 2. Répartition des superficies agricoles utilisées par les ménages du secteur 3	15
Figure 3. Les secteurs des plaines de Marovoay	17
Figure 4. Localisation des différentes unités géologiques	19
Figure 5. Carte de localisation du sous-bassin-versant de la Karambo et des sous-bassins-versants.....	21
Figure 6. Diagramme ombro-thermique de Mahajanga, année 2017 (Selon la formule de Gaussen $P=2T$)	22
Figure 7. Carte des occupations du sol des sous-bassins-versants	25
Figure 8. Représentation graphique des feux aux alentours et dans le secteur Nord du Parc en 2017.....	33
Figure 9. Zonage par vocation de l'espace du Parc National Ankarafantsika (Secteur Nord).....	35
Figure 10. Appartenance ethnique de quelque population locale	36
Figure 11. Les impacts des feux de brousse.....	41
Figure 12. Evolution de la pluviométrie d'Ankazomborona et de Marosakoa (2008 à 2017)	42
Figure 13. Répartition de la population âgée de 5 ans et plus par niveau d'instruction.....	53
Figure 14. Evolution surfacique de la localité d'Ankazomborona et de Marosakoa (2002 à 2017)	56
Figure 15. Mode de gestion des ouvrages hydro-agricoles par les AUE du secteur 3.....	58
Figure 16. Typologies des AUE dans le secteur 3.	59
Figure 17. Les résultats contraignants face aux mauvaises caractéristiques de la population locale	60
Figure 18. Situation de la répartition en eau dans le secteur 3.....	66
Figure 19. Plan d'aménagement des sous-bassins-versants	73

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1. Les parties dégradées dans le sous-bassin-versant de la Karambo	38
Photo 2 et 3. Les formes de dégradations au sein des sous-bassins-versants.....	39
Photo 4. Insuffisance en eau dans le barrage, tarissement au niveau de la prise d'eau.....	44
Photo 5. Des parcelles inexploitable de part et d'autre du canal principal.....	44

Photo 6. Vue panoramique des parcelles du secteur 2 à gauche de la RN 4.....	45
Photo 7. Vue panoramique du secteur 3 B, à Tsimahajao Marovoay	45
Photo 8. Début canal d'interconnexion reliant les retenues d'Ambilivily et d'Amboromalandy.....	46
Photo 9. Fin canal d'interconnexion à 16°06'57,9''Sud et 46°46'26,1''Est	46
Photo 10. Situation actuelle du canal d'interconnexion d'Amboromalandy	61
Photo 11. Des parcelles illicites dans le périmètre du barrage.....	69
Photo 12. Réduction des charges solides par un barrage en fascine	70
Photo 13. Site de reboisement détruit par le feu	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des AUE du secteur 3 A et B.....	14
Tableau 2 . Répartition des superficies par spéculation dans la commune d'Ankazomborona.....	15
Tableau 3. Historique des travaux d'aménagement des infrastructures hydro-agricoles stratégiques.....	27
Tableau 4. Besoins en eau avant et après réhabilitation du barrage.....	28
Tableau 5. Résultats globaux de la production rizicole (année 1993 à 2001).....	28
Tableau 6. Calendrier culturale sur périmètre irrigué, secteur 3 A et B.....	30
Tableau 7. Bilan financier des exploitations et des rendements rizicoles du secteur 3.....	32
Tableau 8. Evolution de l'envasement du barrage d'Amboromalandy.....	38
Tableau 9. Taille des ménages enquêtés	47
Tableau 10. Effectif des enfants à charge par ménage	48
Tableau 11. Composition ethnique et évaluation des pratiques paysannes.....	54
Tableau 12. Répartition mensuelle des apports en l/s du sous-bassin-versant de la Karambo au droit du barrage	62
Tableau 13. Besoins en eau par spéculation des superficies exploitables.....	64
Tableau 14. Diminution des productivités rizicoles	67
Tableau 15. Consommation de riz blanc annuelle par taille des ménages	67

LISTES DES ANNEXES

Annexe 1. Des images du Landsat 7, du capteur ETM+ et du Landsat 8 du capteur OLI.....	83
Annexe 2 Fiches d'enquêtes des travaux de terrain	85

LISTES DES ABREVIATIONS

AUE : Association des Usagers de l'Eau
CDI : Centre de Documentation et d'Information
COMEMA : Comité d'Expansion économique de Marovoay
DRAE : Direction Régionale de l'Agriculture et de l'Elevage
ESSA : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
ETM⁺: Enhanced Thematic Mapper Plus
FIFABE: « Fikambanana FAmpanandrosona ny lemak'i BEtsiboka »
FMT: Fikambanan'ny Mpiray Tambajotra
FFMT: Fivondronan'ny Fikambanan'ny Mpiray Tambajotra
FBM: Federasionina Boina Miray
GPS: Global Positionning System
LNTPB : Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment
MNT : Model Numérique de Terrain
MNP : Madagascar National Parc
NGM : Nivellement Géodésique de Madagascar
NIHYCRI : Normes malgaches de construction des Infrastructures Hydro-agricoles contre les Crues et les Inondations
OLI : Operational Land Imager
ONE : Office Nationale de l'Environnement
ONG : Organisation Non Gouvernementale
ONN : Office National de Nutrition
PLAE : Projet de Lutte AntiErosive
PM : Point Métrique
PNBVPI : Programme National Bassins-Versants et Périmètres Irrigués.
PPI : Petits Périmètres Irrigués.
PPN : Produit de Premier Nécessité
SIG : Système d'Information Géographique

GLOSSAIRE

- **Erosion** : C'est l'ensemble des phénomènes externes qui, à la surface du sol ou à faible profondeur, enlèvent tout ou une partie des terrains existants et modifient ainsi le relief.

- **Bassin-versant** : c'est l'espace drainé par un cours d'eau et ses affluents. L'ensemble des eaux qui tombent dans cet espace convergent vers un même point de sortie appelé exutoire.

- **Ouvrages stratégiques** : Ce sont des ouvrages non transférables des périmètres partenaires comprenant : les barrages de retenue d'eau, certain barrage de dérivation ou prise en rivière alimentant des canaux tête morte ainsi que les canaux d'amenée dont l'entretien et la surveillance peuvent porter atteinte à la sécurité publique.

- **Périmètre partenaire** : C'est un périmètre comportant une ou plusieurs infrastructures non-transférables et stratégiques dont la gestion, l'entretien, la préservation et la police demeurent sous la responsabilité de l'Etat pour des raisons diverses comme la complexité de gestion ou les risques en cas de rupture, avec une participation partielle des usagers. Le reste du réseau est confié à une structure d'opération.

- **Système gravitaire** : C'est un système où les aménagements hydro-agricoles se font par prise directe en rivière en amont de la zone cultivée. L'eau est orientée par canalisation et stockée vers un réservoir : un barrage.

- **Usagers des réseaux hydro-agricoles** : Ce sont les membres de la structure d'opération, les exploitants directs et les bénéficiaires indirects, entre autres, les opérateurs économiques œuvrant dans la filière riz et autres cultures irriguées.

- **Vase** : C'est un sédiment fin formé de précolloïdes et de colloïdes, où la fraction sableuse est réduite ; et composé par de la matière organique, du fer et des minéraux argileux.

INTRODUCTION GENERALE

CONTEXTE ET CHOIX DU SUJET

Dans le monde, chaque pays a sa façon d'aménager son espace dans le cadre de la mise en place des infrastructures hydro-agricoles. Ces aménagements conçus sous différentes formes pourraient permettre de vaincre rapidement la famine dans le monde tropical. C'est une solution d'avenir uniquement tributaire des possibilités de financement. La situation est délicate notamment dans les pays sous-développés face au manque des moyens techniques et financiers, renforcée par la pauvreté des populations essentiellement rurales. Par ailleurs, l'appropriation des ressources naturelles exploitables se présentent comme des possibilités de développement. Cependant, le niveau intellectuel et le comportement des populations rurales comptent largement dans le cadre de la maintenance et l'entretien des ouvrages hydrauliques tel un barrage à but d'irrigation pour le développement agricole. Assurer la pérennité à long terme des ouvrages exige une prise en compte de nombreux facteurs.

NEUVY (1991) dans son ouvrage intitulé :« *L'homme et l'eau dans le monde tropical* » affirme que, les actions irréfléchies de l'homme sur les ressources naturelles, et plus précisément sur les bassins-versants, menacent sa propre vie. Entraînant la destruction progressive des réseaux hydro-agricoles en aval comme les barrages et les réseaux d'interconnexion. Or ces derniers assurent l'irrigation de leurs champs de cultures en période d'étiage. En conséquence, la destruction des versants amplifie le phénomène d'ensablement et d'envasement des ouvrages, à tel point qu'ils deviennent impossibles à maîtriser.

En outre, dans les pays du Sud, la construction des barrages hydro-agricoles prend un grand essor ces dernières décennies avec l'accroissement rapide du nombre de la population rurale. Ainsi, l'existence de ces retenues offre des opportunités extraordinaires pour la redynamisation de l'économie en commençant par la satisfaction des besoins alimentaires pour l'ensemble de la population et promouvoir l'emploi. Cependant, la maintenance de ces ouvrages à long terme s'avère menacée.

Madagascar, une grande île située dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien se caractérise par une population généralement rurale et évidemment une importance du secteur primaire dépendante des sols fertiles cultivables. De ce fait, des politiques d'aménagement de petits et grands ouvrages hydrauliques ont été lancées et priorisées par les dirigeants malgaches. Des objectifs ont toujours été adoptés par le gouvernement, des associations, des projets, en termes de lutte contre la pauvreté en milieu rural en procédant à l'amélioration des revenus dans le

domaine : de l'agriculture et d'autres activités concentrées dans le secteur primaire. En effet, dans les programmes d'aménagement PPI (Petits Périmètres Irrigués) et PNBVPI (Programme National Bassins-Versants et Périmètres Irrigués) appliqués dans certains bassins-versants de Madagascar, la construction des micros et grands barrages pour les périmètres irrigués sont parfois réalisés ainsi que des entretiens sur les sous-bassins-versants localisés aux alentours de ses ouvrages.

Généralement, un barrage hydro-agricole est destiné à retenir et à orienter l'eau d'un cours d'eau vers un canal de dérivation alimentant un système d'irrigation. Ainsi, on a constaté récemment qu'il y a augmentation de la quantité des apports solides sur les réseaux hydrauliques en aval ; c'est le cas du barrage d'Amboromalandy. Cet ouvrage est largement menacé aujourd'hui face à la dégradation du sous-bassin-versant de la Karambo et des sous-bassins-versants à sa proximité.

La retenue d'eau est située dans la petite localité d'Amboromalandy et le cours d'eau principal, la rivière Karambo alimentant ce dernier prend sa source dans la forêt sèche d'Ankarafantsika à 249 m d'altitude. Elle figure parmi les rivières importantes qui drainent les plaines alluviales de Marovoay en allant vers l'ouest.

Par ailleurs, le large secteur alluvial au sein des plaines de Marovoay présente des possibilités d'exploitation exceptionnelles. Une opportunité d'accéder à une production agricole intensive et la desserte assurée par la Route nationale 4 (RN 4 reliant Antananarivo à Mahajanga) plus une route secondaire vers Marovoay pour une évacuation des productions.

Selon un cadrage administratif, le barrage d'Amboromalandy est situé au niveau de la commune rurale d'Ankazomborona à 16°07'08.2''Sud et à 46°45'03.0''Est, localisé à 15 km à l'est du district de Marovoay dans la région Boeny (Cf. Figure 1). Tandis que le canal d'amenée débute à 16°09'12,4'' Sud et à 46°44'57,2''Est passant par la commune rurale de Marosakoa avant de rejoindre la retenue d'eau. Ce sont des ouvrages stratégiques, dont les entretiens et la surveillance reviennent à la charge de l'Etat. Ce sont des infrastructures qui assurent l'irrigation de 2 343 ha environ et dont la capacité maximale de retenue monte jusqu'à 30 millions de m³. Ainsi, la mise en pratique d'une telle innovation, des moyens modernes pour assurer une meilleure productivité ont été mal assimilées par des paysans souvent fermés à toutes formes de développement et dont l'entretien de l'infrastructure exigeait une part d'effort venant de ces bénéficiaires en retour.

Par ailleurs, les conditions climatiques influent largement le secteur agricole, infligeant de lourdes pertes pour les paysans tributaires de leur seule production. Ce phénomène conduit d'ailleurs à une exploitation excessive du milieu naturel par les populations locales pour

compenser leur manque à gagner. Ces actes s'intensifient quand la quantité des productions en période de récolte s'avère insuffisante augmentant ainsi les contraintes qui reposent sur les infrastructures.

En conséquence, dans le but d'approfondir les menaces qui pèsent sur la sécurité des ouvrages en amont et pour assurer la pérennité de ces derniers à long terme, nous avons choisi de traiter le sujet intitulé : « **Les enjeux de la réhabilitation du barrage et du canal d'interconnexion d'Amboromalandy (District Marovoay, Région Boeny)** »

Le choix des ouvrages stratégiques hydro-agricoles d'Amboromalandy parmi tant d'autre au niveau de la région Boeny se justifie par l'accessibilité. Situé au bord de la Route nationale 4 (RN 4), les déplacements ont été facilités lors des enquêtes grâce à la dynamique de la circulation ville-campagne. D'autre part, l'hébergement a été assuré, suite à l'existence d'un centre d'accueil au sein de la Mairie d'Ankazomborona. En outre, la préférence de ces ouvrages a été fondée sur la capacité du barrage de pouvoir dominer de larges périmètres irrigués en aval atteignant 2 343 ha environ au sein des plaines de Marovoay. Par ailleurs, l'observation récente de l'état des lieux révèle une urgence de reprise en considération de l'importance fondamentale de ces ouvrages stratégiques dans la localité. En effet, la situation est délicate face à la pénurie d'eau au sein du barrage hydro-agricole d'Amboromalandy. La hauteur d'eau n'arrive plus jusqu'au niveau de la prise d'eau (les vannes plates) d'où impossible d'évacuer l'eau vers les ouvrages secondaires en aval. Il n'y a pas de possibilité d'exploitation des périmètres irrigués suite à l'insuffisance de l'eau. En sachant qu'on est en pleine période d'étiage, c'est le barrage qui est chargé de l'irrigation. Certes, même les rizières près du canal principal ne tirent pas profit de la proximité de l'ouvrage, de ce fait la situation en aval au sein du secteur 3 B est encore plus délicate.

PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

La région Boeny est l'une des régions qui possèdent des atouts en terres à la fois fertiles et cultivables, notamment les plaines de Marovoay qui s'étendent sur 15 400 ha environ. La région bénéficie de ce fait des projets d'aménagement pour la modernisation de l'agriculture au sein de la localité. Ces travaux de mise en œuvre incluent la protection des ouvrages stratégiques au sein d'Amboromalandy.

Cependant, la retenue est aujourd'hui soumise à d'innombrables contraintes qui se répercutent sur l'état de ces infrastructures. Suite donc à la conjonction des facteurs défavorables qui pèsent sur ces ouvrages, la capacité de rétention en eau du barrage diminue progressivement ainsi que la potentialité des périmètres irrigués.

Ainsi, la question fondamentale qui constitue la problématique de recherche est : « **Dans quelle mesure les actions anthropiques et le milieu naturel constituent-ils des facteurs de dégradation des ouvrages hydro-agricoles dans la zone ?** »

De cette question de recherche principale découlent les questions secondaires suivantes :

- Quelles sont les conséquences de la dégradation des ouvrages sur la productivité agricole ?
- Est-ce que les actions irréfléchies de la population locale accélèrent la destruction de ses réseaux hydro-agricoles ?

OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif principal de recherche est de faire ressortir les liens entre les réseaux hydro-agricoles stratégiques (le barrage et le réseau d'interconnexion) et la destruction progressive de leurs sous-bassins-versants. Et les objectifs spécifiques à mettre en exergue consistent à analyser les conséquences néfastes des actions anthropiques sur ces réseaux.

De ces objectifs principaux et spécifiques de recherche se déduisent les hypothèses suivantes :

- Première hypothèse : les exploitations excessives du milieu naturel par la population riveraine accélèrent la dégradation des réseaux hydro-agricoles.
- Deuxième hypothèse : la défaillance des infrastructures hydro-agricoles influe sur le niveau social et économique des AUE.

Dans une logique de réponse à la problématique posée, notre travail se divisera en trois parties : la première partie de ce travail parlera de notre démarche de recherche et de la présentation générale des ouvrages stratégiques d'Amboromalandy. Dans la seconde partie seront évoqués les facteurs contraignants qui perturbent le fonctionnement durable de ces ouvrages. La troisième partie mettra en exergue les impacts de la dégradation avancée de ces ouvrages stratégiques.

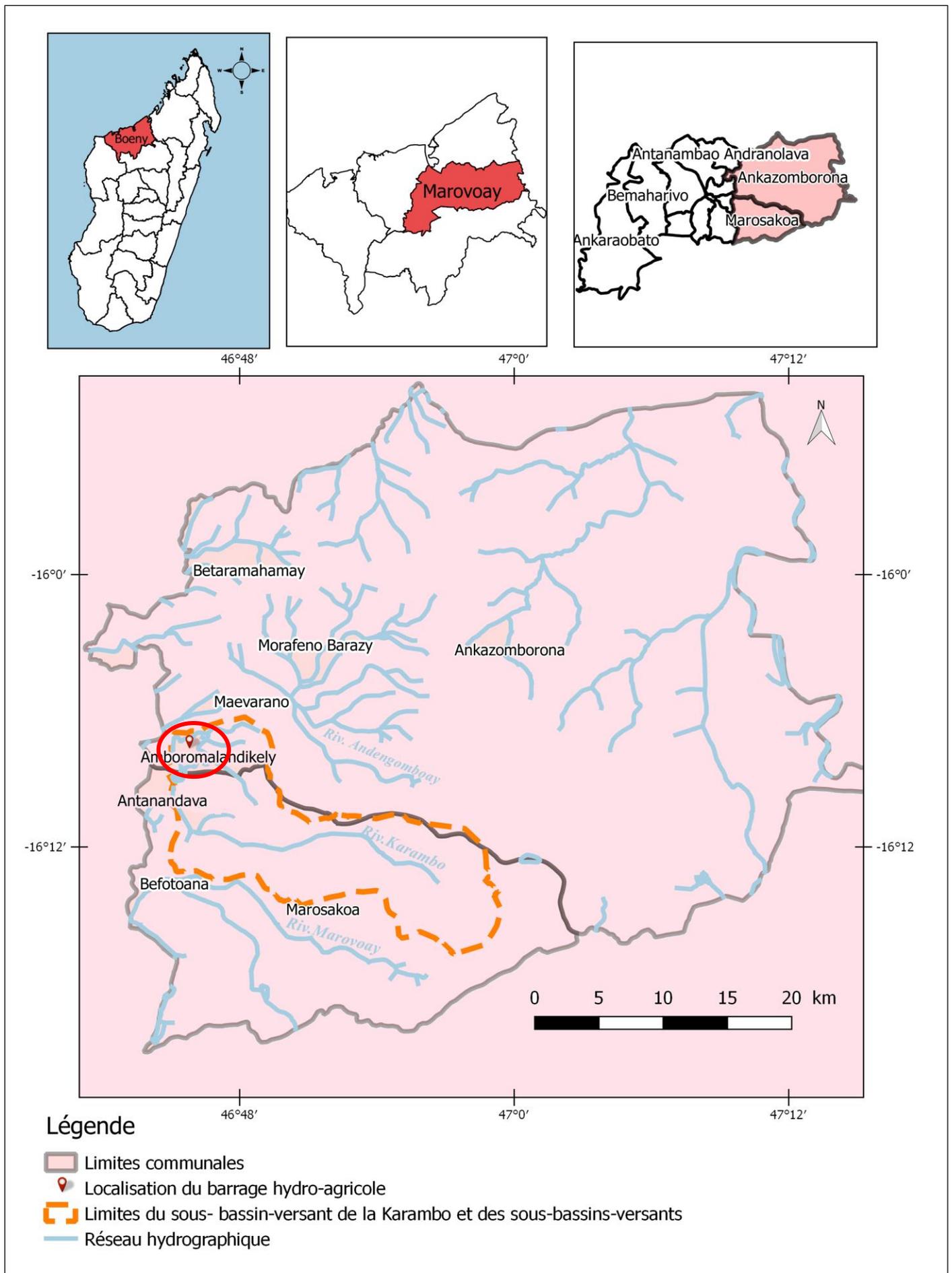


Figure 1. Localisation de la retenue d'eau d'Amboromalandikely et de ses sous-bassins-versants.

Source de données : www.data.humdata.org

PREMIERE PARTIE

DEMARCHE DE RECHERCHE ET PRESENTATION DES OUVRAGES STRATEGIQUES D'AMBOROMALANDY

Dans cette première partie, nous expliquerons la démarche adoptée pour venir à bout de cette recherche. Elle consiste aussi à détailler les données essentielles sur les réseaux hydro-agricoles stratégiques d'Amboromalandy ainsi que la présentation des sous-bassins-versants y afférents.

CHAPITRE I. MODE D'APPROCHE

Dans cette recherche, nous avons adopté une démarche inductive qui, consiste à aller observer directement les faits réels sur le terrain et par la suite combiner ces derniers avec des hypothèses vérifiées induites de la bibliographie. Le tout était appuyé par des outils comme la cartographie et les données chiffrées afin de mener la conceptualisation rationnelle de cette recherche. La descente préalable au sein de la localité d'Ankazomborona nous a permis d'observer un état désolant du paysage, notamment sur les sous-bassins-versants en amont des ouvrages stratégiques face à la prépondérance des feux de brousse en période d'étiage.

Par ailleurs, une étude diachronique a été adoptée pour l'étude de l'évolution dans le temps et dans l'espace d'une partie de la forêt sèche d'Ankarafantsika incluse dans notre zone de recherche.

I.1. LA PHASE BIBLIOGRAPHIQUE ET DOCUMENTAIRE

Dans une recherche, la phase bibliographique est une étape incontournable. Elle permet de mieux orienter les réflexions sur le sujet étudié, d'émettre des hypothèses claires et d'avoir une approche théorique.

I.1.1. Les travaux bibliographiques

L'étape bibliographique a été effectuée après la reconnaissance de la situation réelle du milieu. Le fait de pouvoir dégager une théorie vérifiée le long des travaux bibliographiques, les collectes d'informations adéquates à la zone de recherche ont facilité cette étape. Plusieurs catégories d'ouvrages ont été consultées et traitées si nous ne citons que les ouvrages généraux, les mémoires de DEA et de maîtrise, les rapports des travaux étatiques plus les informations sur internet.

En surcroit, les ouvrages spécifiques ont été lu pour élucider les termes de base sur la recherche et avoir une compréhension concrète des phénomènes actifs dans la zone étudiée. Ainsi, nous avons lu les ouvrages sur les barrages (cas des pays en développement), l'hydrologie au niveau des milieux tropicaux, des études sur les bassins-versants sous projet de développement et la pauvreté dans les pays du Sud. C'est à partir de ces hypothèses vérifiées que nous avons pu déduire l'influence des actions anthropiques sur le plan écologique favorisant l'accélération de l'action de l'érosion au niveau des sous-bassins-versants à la périphérie du barrage et à proximité du canal d'amenée, réduisant ainsi la capacité de ce dernier à stocker l'eau suffisante pour l'alimentation des surfaces agricoles en aval, en période de saison sèche. En outre, les mémoires de DEA et de maîtrise au sein du Centre de Documentation et d'Information (CDI) de la Mention Géographie de l'Université d'Antananarivo et de l'Ecole

Supérieure en Sciences Agronomiques (ESSA) ont permis d'avoir des situations variables des barrages hydro-agricoles existants dans d'autres régions de Madagascar dont les problèmes se différencient en fonction de la localité. Mais le point commun réside dans la pauvreté et l'incivisme des ménages accélérant les processus de dégradation du milieu naturel et des infrastructures élaborées. Bref, la lecture des autres ouvrages a été indispensable pour venir à bout de la conception de cette recherche.

Par ailleurs, nombreux sont les lieux de documentation pour la consultation de ces ouvrages comme le Centre de Documentation et d'Information (CDI) de la Mention Géographie de l'Université d'Antananarivo, l'Institut Français de Madagascar (IFM), le centre de documentation de l'IRD ou Institut de Recherche pour le Développement, l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), le centre de documentation au sein du Ministère des infrastructures et des Travaux Publics, le centre de documentation de la Direction Régionale en charge de l'Agriculture et de l'Elevage à Mahajanga (DRAE), le service du Génie Rural à Nanisana, le service du projet Bassin-Versant et du Périmètre Irrigué (BVPI) à Nanisana et la mairie de la commune rurale d'Ankazomborona.

I.1.2. Les cartes, les images satellites et les Modèles Numériques de Terrain

Des cartes ont été utilisées pour la localisation de la zone de recherche et pour la délimitation du sous-bassin-versant de la Karambo ainsi que les sous-bassin-versants à proximité des ouvrages stratégiques. Ainsi, des cartes topographiques au 1/100 000^{ème} avec les feuilles M40 Marovoay et N40 Ankazomborona ont été utilisées.

Il y a eu aussi utilisation des images satellites de très haute résolution téléchargée à partir du globe virtuel « Google Earth ». Ces images ont permis d'analyser l'évolution dans le temps et dans l'espace de la zone de recherche à des périodes différentes. En d'autres termes, elles ont été utilisées pour comparer la dynamique de l'occupation du sol avant et par rapport à la situation actuelle.

Par ailleurs, des Modèles Numériques de Terrains ont été téléchargées sur internet sur le site : <http://www.earthexplorer.usgs.gov>.

Ces données ont été nécessaires pour la délimitation des sous-bassins-versants, quatre (04) MNT (aster MNT 1-arc second) ont été utilisés : AST 1-arc_S15E046, AST 1-arc_S16E046, AST 1-arc_S15E047 et AST 1-arc_S16E047. En surcroît, d'autres images ont été téléchargées sur le même site. En premier, des images du Landsat 7, du capteur ETM+. Par la suite, des images du Landsat 8 du capteur OLI, chaque image ayant chacun une résolution de 30 m. Elles

ont été utilisées pour l'observation de l'évolution des couvertures végétales et l'extension des périmètres irrigués à proximité des ouvrages stratégiques.

En outre, d'autres données ont été utilisées comme les limites administratives, les données hydrologiques, les occupations du sol et voies de communication téléchargées via le site <http://www.diva-gis.org/gdata> , <http://www.data.humdata.org>. Ces dernières sont sous formes de couches vecteur, éditable sur un logiciel de SIG comme QGIS.

I.2. LES TRAVAUX DE TERRAIN

Les travaux de terrain ont été subdivisés en deux étapes : la première étape consistait à faire un diagnostic de l'état des lieux. En outre, il y a eu familiarisation avec les acteurs locaux concernés. La deuxième étape consistait à mener des entretiens et des enquêtes.

En ce qui concerne la première étape, il s'agissait de faire une lecture du paysage. L'observation de la zone nous a permis d'interpréter des paysages différents de part et d'autre de la retenue d'eau d'Amboromalandy. En amont du barrage, un paysage à forte planéité de 7 à 136 m d'altitude selon les pointages GPS. L'espace est drainé par des cours d'eaux temporaires qui n'apparaissent qu'en saison humide et alimenté par une rivière permanente : la rivière Karambo. L'occupation du sol est marquée par la prédominance de la savane herbeuse et de la savane arborée.

A partir de cette observation, il a été constaté que des quantités importantes de charge solide sont piégées dans les réseaux hydro-agricoles stratégiques. Les éléments apportés par les eaux météoriques se déversent facilement au niveau de ces infrastructures. Par conséquent, la capacité de rétention en eau du barrage diminue progressivement. D'où insuffisance des quantités d'eau pour l'alimentation des périmètres irrigués en période sèche.

Par ailleurs, une partie des travaux de terrains ont été effectués au mois de Septembre 2017, en pleine période d'étiage. Nous avons pu observer une forte épaisseur d'argile limoneuse rougeâtre et de sable argileux rougeâtre à la périphérie de la retenue d'eau juste en aval des sous-bassin-versants. Ces observations ont permis de réfléchir sur les origines de la dégradation progressive et répétée de ces infrastructures.

Par ailleurs, il y a eu des enquêtes au niveau de la population. Lors des enquêtes, les maires, les premiers adjoints au maire et quelques chefs fokontany dans la commune rurale d'Ankazomborona et de Marosakoa ont été consultés à propos de la prépondérance des feux de brousse au niveau des sous-bassins-versants. Plus une reconnaissance des principales activités de la population locale.

En outre, des exploitants regroupés dans différents AUE ont été interrogés. Notamment, ceux qui ont des périmètres irrigués directement par les ouvrages stratégiques. Particulièrement, les AUE du secteur 3 A et 3 B, les bénéficiaires le long du canal d'amenée de la Karambo. Par ailleurs, éleveurs et cultivateurs sur les sous-bassins-versants ont été aussi consultés. Tout cela totalise 100 personnes dont 93 des ménages enquêtés sont répartis dans cinq (05) villages de la zone de recherche. 22,6% des ménages habitent dans le village d'Ankazomborona (fokontany d'Ankazomborona) ; 16,1% des familles enquêtées demeurent à Befotoana (fokontany de Befotoana) ; 21,5% à Ambonara (fokontany Maevarano) ; 29% à Amboromalandikely et 10,8% à Sainte-Marie (fonkotany d'Ampombobe).

Notons que les communes n'ont pas des données chiffrées récentes concernant le nombre exact des agriculteurs et l'effectif de la population locale.

Des entretiens libres ont été menés avec les responsables ministériels au sein de la DRAE du Boeny. Notamment avec le chef de service du Génie Rural et le responsable environnemental. Ils connaissent en partie les réalités au niveau local et les mises en œuvre en cours au sein du territoire.

Enfin, le responsable de l'irrigation, le socio-organisateur et personne chargée du développement et environnement au sein du projet BVPI à Marovoay ont été interrogés. Ces personnes constituent des sources d'information très précieuses concernant l'état des lieux des ouvrages stratégiques par rapport aux études menées. Ces échanges ont aussi permis de se familiariser sur les mises en œuvre effectuées pour la protection des sous-bassins-versants et pour reconnaître les caractéristiques des AUE.

1.3. DIFFICULTES ET PROBLEMES RENCONTRES

Des difficultés ont été rencontrées suite au manque de données mais aussi d'ouvrages traitant la zone d'Ankazomborona et de Marosakoa notamment à propos du milieu naturel. Il n'y a plus de station météorologique opérationnelle au sein de la zone de recherche d'où l'inexistence des données météorologiques actuelles au sein des deux (02) communes. Ainsi, les données thermiques et pluviométriques de la station de Mahajanga ont été utilisées pour notre zone de recherche.

Concernant les données au sein des communes, elles sont anciennes et incomplètes. Il est impossible d'acquérir le nombre actuel des agriculteurs, éleveurs et de simples ménages au sein de la localité. Par ailleurs, l'inexistence du service environnemental au sein de ces communes explique en partie l'incompétence des autorités locales dans le cadre du suivi de la

protection et des entretiens au niveau des sous-bassins-versants et sur l'application du « DINA¹ » en cas de flagrant délit.

Après avoir évoqué les démarches et étapes de la recherche, des descriptions des ouvrages sur le plan économique, social et physique seront abordées dans le chapitre II. Toute en parlant des données essentielles sur le sous-bassin-versant de la Karambo et les sous-bassins-versants à proximité de ces ouvrages hydro-agricoles.

¹ DINA : document contractuel fixant les pénalités attribuées aux usagers et aux personnes en cas de flagrant délit et d'infraction du cadre juridique.

CHAPITRE II. PRESENTATION DES OUVRAGES STRATEGIQUES CONCERNEES

Le présent chapitre décrit en premier lieu les ouvrages stratégiques d'Amboromalandy sur le plan économique, social et physique. Par la suite, il évoquera le cadre du milieu naturel du sous-bassin-versant de la Karambo et des sous-bassins-versants.

II.1. ROLE ECONOMIQUE DES OUVRAGES STRATEGIQUES D'AMBOROMALANDY

Plusieurs ouvrages hydro-agricoles ont été aménagés à Madagascar dans la promotion du développement du secteur agricole. Dans le cadre de cette recherche, nous avons choisi d'analyser des ouvrages stratégiques. Ce sont des ouvrages particuliers dont l'entretien n'est pas à la portée des usagers de l'eau. Incluant ainsi, les barrages hydro-agricoles et canal d'amenée, ce dernier étant un chenal collecteur servant d'alimentation en eau de la retenue et maintes fois assurant l'irrigation de quelques périmètres irrigués le long de son parcours. Ce sont des infrastructures hydro-agricoles catégorie « classe II » dont la superficie totale des parcelles dominées est comprise entre 1000 à 3000 Ha selon la NIHYCRI² (ou Normes malgaches de construction des Infrastructures Hydro-agricoles contre les Crues et les Inondations)

Par ailleurs, la retenue est composée par différents types d'ouvrages pour son fonctionnement rationnel. En premier, on distingue le canal d'interconnexion ou canal d'amenée, un chenal en terre conduisant l'eau vers le barrage. Situé entre 4 630 à 5 793 PM, il a une longueur égale à 1688 m. En outre, ce canal d'amenée de la Karambo débute à partir d'une buse au bord de la RN 4, située à 16°09'12,4''Sud et 46°44'57,2''Est (à 13 m d'altitude) ; il prend fin à 16°08'40,8''Sud et 46°45'27,1''Est à 9 m d'altitude.

Par ailleurs, on observe aussi *la prise d'eau d'Amboromalandy*, un ouvrage d'entonnement en béton, muni de deux (02) vannes VG 1000*1000 mm ; des ouvrages manœuvrés manuellement à l'aide de cric à crémaillère qui assurent tout d'abord le réglage des débits délivrés dans les ouvrages en aval.

Puis, *l'évacuateur de crue* ou le déversoir, un ouvrage destiné à rejeter l'excès d'eau à l'intérieur du barrage. L'évacuation de crue se fait automatiquement par déversement au-dessus

² NIHYCRI : normes fixant les exigences purement techniques en matière de conception, dimensionnement, construction et contrôle des travaux en relation directe avec les risques des crues et inondations sur les infrastructures hydro-agricoles et leurs zones d'influence directes.

du seuil (un seuil statistique de 46 m de longueur déversant dont le niveau est calé à la cote 7,32 m NGM) en débouchant dans un chenal qui franchit d'abord la route-digue Route nationale 4 (RN4) sous un pont en béton armé et qui rejoint ensuite la rivière Bekarara.

En outre, le barrage d'Amboromalandy fait partie des grandes infrastructures stratégiques dont la gouvernance revient à l'Etat. La gouvernance des ouvrages hydro-agricoles au sein d'Amboromalandy s'effectue comme suit :

Les réseaux hydrauliques en amont : sont gérés par l'Etat en raison de la complexité de gestion et du danger que ceux-ci peuvent représenter en cas de rupture. Ainsi, nécessitant en fin de compte une participation partielle des usagers bénéficiaires de ces infrastructures. Pour assurer le versement des frais d'entretien, des Fonds de Remise en état et d'entretien, des Réseaux Hydro-Agricoles (ou FRERHA) ont été créés. Les établissements publics qui existent à l'échelle régionale et nationale sont chargés de la gestion de ces financements. Situé dans chaque chef-lieu des régions concernées, tous les FRERHA régionaux sont dotés de la personnalité morale et de l'autonomie administrative et financière. Ainsi le FRERHA au sein de la région Boeny a pour rôle et attribution d'assurer : l'administration rationnelle des fonds versés par différents acteurs (tels l'Etat, des organismes publics/privés versant des dons, les bénéficiaires des ouvrages, etc....) pour l'entretien de l'ensemble des réseaux hydro-agricoles au sein de la région d'une part et contribuer à leur réhabilitation en cas de passage des aléas d'autre part.

En aval : le canal principal, les canaux secondaires, les canaux tertiaires, le drain principal et les drains secondaires. Selon la politique actuelle du secteur irrigué, la loi n°90-016 promulguée le 20 juillet 1990 évoque le transfert des charges à des groupes d'usagers regroupés dans une structure d'opération, ses structures sont chargées de la gestion, de l'entretien et de la surveillance de ces réseaux hydro-agricoles. Connu sous le nom **d'AUE ou AUR** (Association des Usagers de l'Eau ou des Réseaux), ils jouissent d'une personnalité morale et juridique.

II.2. PARAMETRES ECONOMIQUES ET ORGANISATIONNELS DES BENEFICIAIRES DES OUVRAGES STRATEGIQUES

La retenue d'eau d'Amboromalandy ainsi que les ouvrages annexes au sein de cette localité assurent les gains rapides de productivité pour 1310 ménages ruraux³ regroupés en AUE (Cf. Tableau 1).

Tableau 1. Liste des AUE du secteur 3 A et B

N°	DENOMINATION AUE	ADRESSE	EFFECTIFS MEMBRES
1	FMT Ankazomborona	Ankazomborona	176
2	FMT Bevovoka	Bevovoka	360
3	FMT Amparihilava	Amparihilava	441
4	FMT Antanimora	Antanimora	132
5	FMT Morarano	Morarano	207
6	FMT Maromehy	Tsimahajao Marovoay	34
7	FMT Kelimahinty	Ankazomborona	77

Source : DRAE Boeny.

Le tableau 1 évoque un nombre de sept (07) AUE opérationnelles sur le secteur irrigué. En outre, une nouvelle association a été créée récemment, le FMT Karambo Basse. Ceci dans le but d'avoir une meilleure gestion de l'irrigation dans le cadre de la répartition de l'eau, l'amélioration de l'administration des tours d'eau et l'application du DINA.

L'économie de la localité repose essentiellement sur l'agriculture et l'élevage. Ces activités agricoles et plus précisément, la riziculture constitue les principales sources de revenus de 95% des ménages. En surcroît, la riziculture prédomine (occupant 78% de la superficie totale) avant les autres spéculations comme les cultures de maïs, de manioc, de canne à sucre et de « raphia » (Cf. Figure 2 et tableau 2). Ces dernières permettent de faire face au période de soudure du fait que les revenus issus de ces différentes spéculations servent à acheter le riz qui manque à la famille pendant cette période. Par ailleurs, les cannes à sucre et les maïs sont des cultures vivrières marginales, ce sont des productions entièrement consommées.

³ Recensement agricole 2004-2005

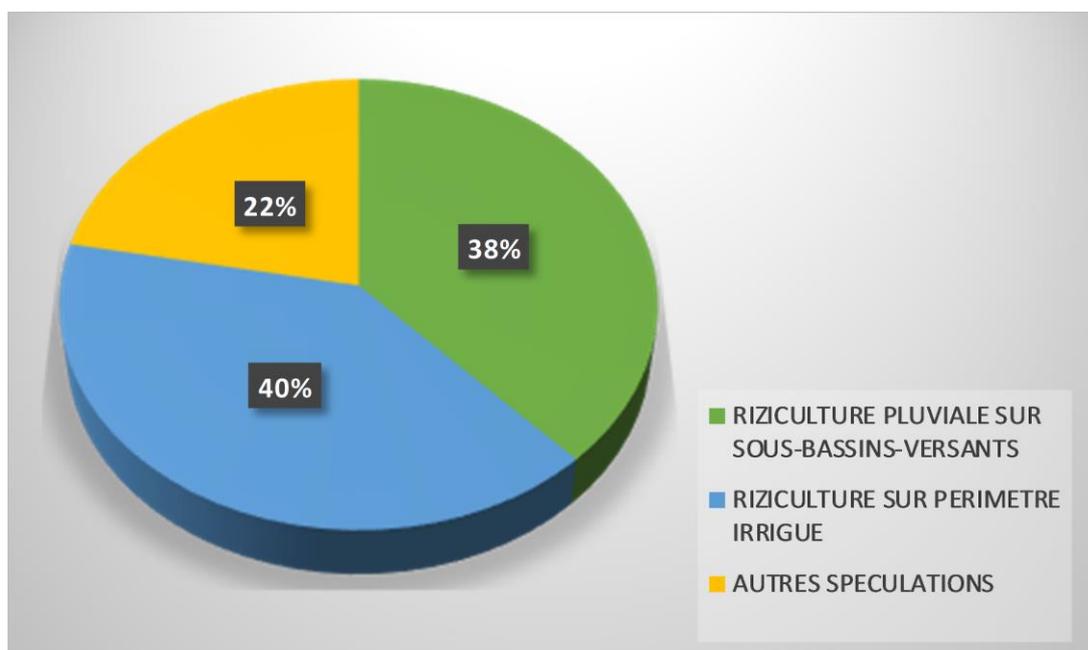


Figure 2. Répartition des superficies agricoles utilisées par les ménages du secteur 3

Source : recensement agricole 2004-2005

Tableau 2 . Répartition des superficies par spéculation dans la commune d'Ankazomborona

Spéculation	Surface cultivée (ha)	Production (t)	Rendement (t/ha)
Riz	1680	3696	2,17
Maïs	20	60	3,00
Manioc	50	225	4,50
Canne à sucre	10	40	4,00
Raphia	300	450	1,50

Source : recensement agricole 2004-2005

En outre les périmètres irrigués au sein des plaines alluviales de Marovoay sont formés par 13 secteurs (Cf. Figure 3) dont 5 secteurs situés en rive gauche et 8 secteurs en rive droite du fleuve Betsiboka. Les superficies irriguées par la retenue d'eau d'Amboromalandy se situent en rive droite. Ces ouvrages assurent les besoins en eau par irrigation en gravitation du secteur 3 A et 3 B. Le barrage peut faire face aux besoins en eau d'irrigation pour l'ensemble, Atriatry, Jeby et Dimbialotra. En effet, On distingue généralement 3 périodes de production : la saison principale, vary jeby : la culture du riz est irriguée tout au long de son cycle qui s'étale du mois d'Avril - Mai à Septembre - Octobre. La saison intermédiaire, vary atriatry: le riz bénéficie des eaux de pluies en début du cycle et doit être irrigué jusqu'à sa maturation, mi-Février à début

Août. Et la saison finale, le vary dimbialotra : l'irrigation dépend largement de l'alimentation en eau par la retenue d'eau.

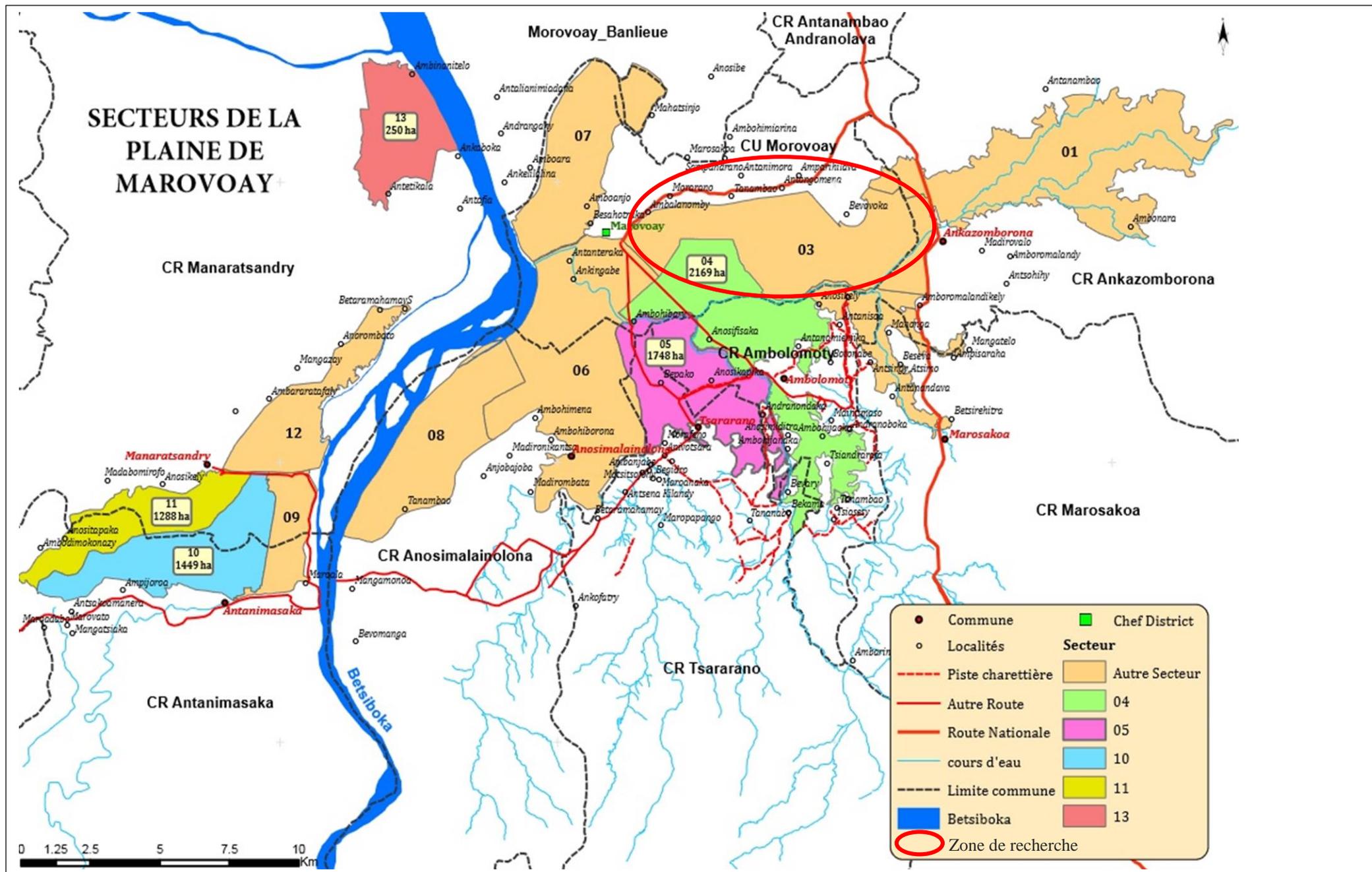


Figure 3. Les secteurs des plaines de Marovoay

II.3. UN MILIEU NATUREL INFLUENCE PAR LA TOPOGRAPHIE ET LA GEOLOGIE

Dans le cadre de cette étude, l'analyse du cadre physique est nécessaire pour la compréhension des contextes morpho-structuraux de la zone et la présentation des données essentielles comme le climat, les couvertures végétales et les différents types d'occupation du sol.

➤ **Un relief multiforme influencé par la géologie**

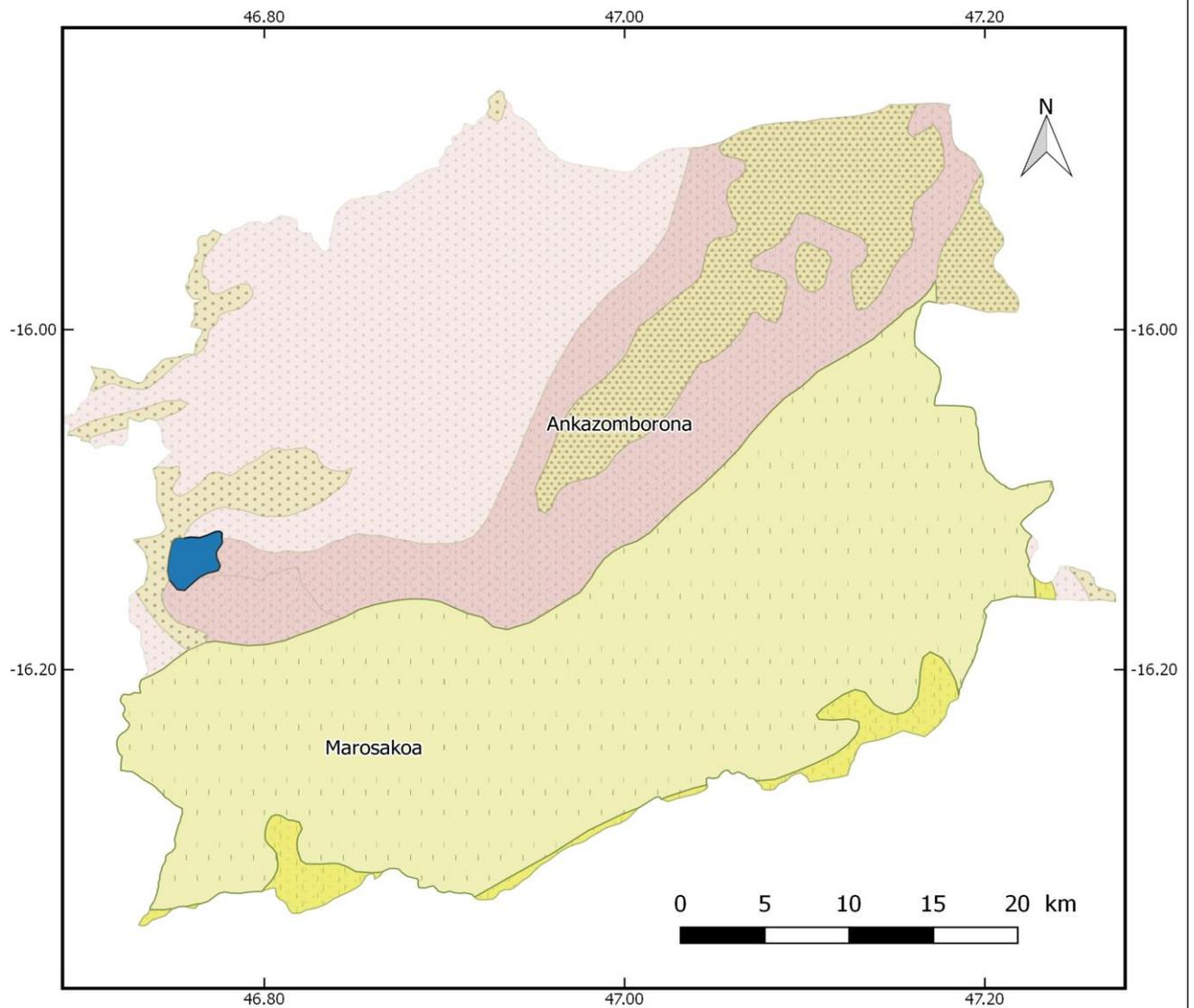
Le relief de la Commune d'Ankazomborona montre un paysage relativement plat. L'altitude varie entre 7 à 136 m d'altitude. La zone est caractérisée au Nord par de vastes plateaux de savanes herbeuses et de savanes arborées constituées par une flore pauvre particulièrement adaptée à la sécheresse édaphique et aux passages fréquents des feux. Dans la partie Sud-est existe les forêts denses sèches du parc d'Ankarafantsika. Le site est drainé par une multitude de cours d'eaux temporaires qui n'apparaissent qu'en saison des pluies. Par ailleurs, l'Ouest est une zone des plaines alluviales. Dans cette portion de l'espace, on observe la régularité de l'altitude autour de 9 m, depuis les périmètres irrigués d'Amboromalandy jusqu'à Tsimahajao. Ce niveau est plat et marécageux, drainée par la remontée de la Betsiboka et de la Marovoay en période de crue et arrosé par les ouvrages hydro-agricoles en saison sèche. Par ailleurs, on note à la périphérie de cet itinéraire la présence du plateau gréseux d'Ankarafantsika.

En outre, la Commune de Marosakoa est dominée par la présence de plateau morcelé par un alignement de collines d'altitudes subégales (altitude entre 34 à 331m). La localité est drainée par 02 rivières permanentes : la Karambo et la Marovoay. La topographie a un caractère accidenté, découpé par des terrasses alluviales et des vallées étroites.

La nature des roches, l'action de l'érosion différentielle et les agressivités climatiques ont construit progressivement le relief sur lequel ce sont succédées les différents cycles de l'érosion, cela a façonné la topographie qui évolue dans un ensemble morphologique.

➤ **Des unités géologiques variées**

La région d'Ankazomborona et de Marosakoa se trouvent dans le bassin sédimentaire de Mahajanga qui s'étale dans le temps du Carbonifère supérieur au Quaternaire. Caractérisé par un système de cuesta incliné vers l'Ouest, ce bassin sédimentaire est constitué d'affleurements durs et tendres favorables à l'érosion différentielle. En effet, la morphologie est caractérisée par la présence d'escarpement qui subissent des phénomènes de lavakisation.



Légende

- Alluvions, Sables
- Basaltes, Limburgites, Sakalavites
- Lac
- Marnes, Argiles à gypse, Calcaires argileux (nodules) Argiles, Marnes sableuses à gypse, Grès argileux
- Marnes, Argiles à nodules ferrugineux, Calcaires, Gypse (secondaire), Glauconites, Argiles à nodules, Grès grossiers
- Marnes, Argiles, Calcaires, Dolomies, Argiles, Lumachelles, Grès à stratifications entrecroisées, Grès à concrétions, Argiles
- Grès argileux, Calcaires

Auteur: RAFANOMEZANTSOA
 Réalisée le 22/09/18

Figure 4. Localisation des différentes unités géologiques

Source : BD 500 FTM

Les couches géologiques sont formées de Calcaires, Grès, Sables, Marnes, Argiles, Basaltes, Alluvions, Dolomies et du Gneiss⁴(Cf. Figure 4). Ces couches se sont disposées de façon monoclinale avec un faible pendage.

A l'Ouest et au Nord-Ouest de la région se retrouvent des alluvions et des grès entrecroisés appartenant à la série sédimentaire d'Amboromalandy, posés sur les grès du Cénomaniens. En outre, c'est au niveau des formations de calcaires et de grès argileux dans le Nord-Est que se présentent la plupart des failles. Ces deux formations ont une faible dureté. La caractéristique de ces dernières est favorable à la dégradation des éléments minéraux.

A l'Est et au Sud-Est, le Parc d'Ankarafantsika repose sur des grès grossiers du Crétacé moyen continental, des formations géologiques de la grande cuesta cénomaniens. La désagrégation des Grès par les agents de l'érosion explique en partie la présence des formations sableuses à la périphérie des infrastructures hydro-agricoles.

II.3.1. Caractéristiques du sous-bassin-versant de la Karambo et des sous-bassins-versants.

Les sous-bassins-versants d'Amboromalandy présentent une superficie totale de 78,3 km² selon les calculs des champs de surface sur le logiciel QGIS (Cf. Figure 5). De forme trapézoïdale allongée, ils sont orientés Est-ouest selon l'axe de la plus grande pente qui reste très faible, de l'ordre de 11 m/km entre la crête (33 NGM). Il s'agit ainsi d'un petit sous-bassin-versant, de relief très plat.

Le sous-bassin-versant de la Karambo de forme allongée a une superficie totale de 185,6 km². Ce sous-bassin-versant se caractérise en amont par la présence du plateau gréseux d'Ankarafantsika, morcelé par un alignement des collines d'altitudes subégales. En aval, ce sous-bassin-versant s'étend sur une étendue des plaines alluviales.

⁴ BESAIRIE H., 1971, « *Les terrains sédimentaires de Madagascar* », Fascicule n°XXXV.

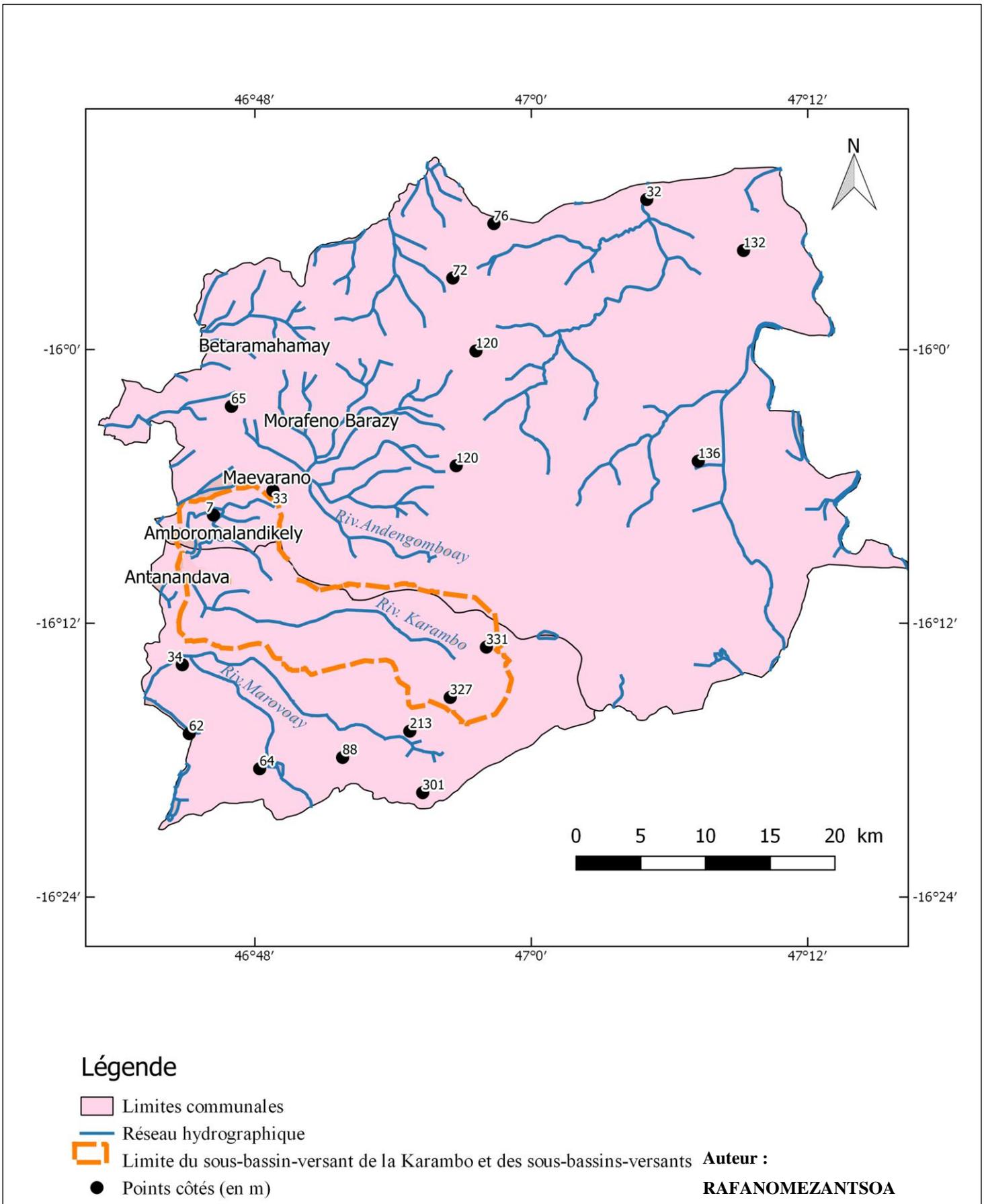


Figure 5. Carte de localisation du sous-bassin-versant de la Karambo et des sous-bassins-versants

Source des données : www.data.humdata.org; BD 500 FTM

II.3.1.1. Un climat subtropical sec

Le sous-bassin-versant de la Karambo et les sous-bassin-versants sont caractérisés par un climat de type subtropical sec, marqué par l'alternance d'une saison humide et chaude et une saison sèche. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1380 mm. 97% de la pluviométrie annuelle tombe entre le mois de Novembre et le mois d'Avril et les six mois de la période de décrue sont très secs (Cf. Figure 6).

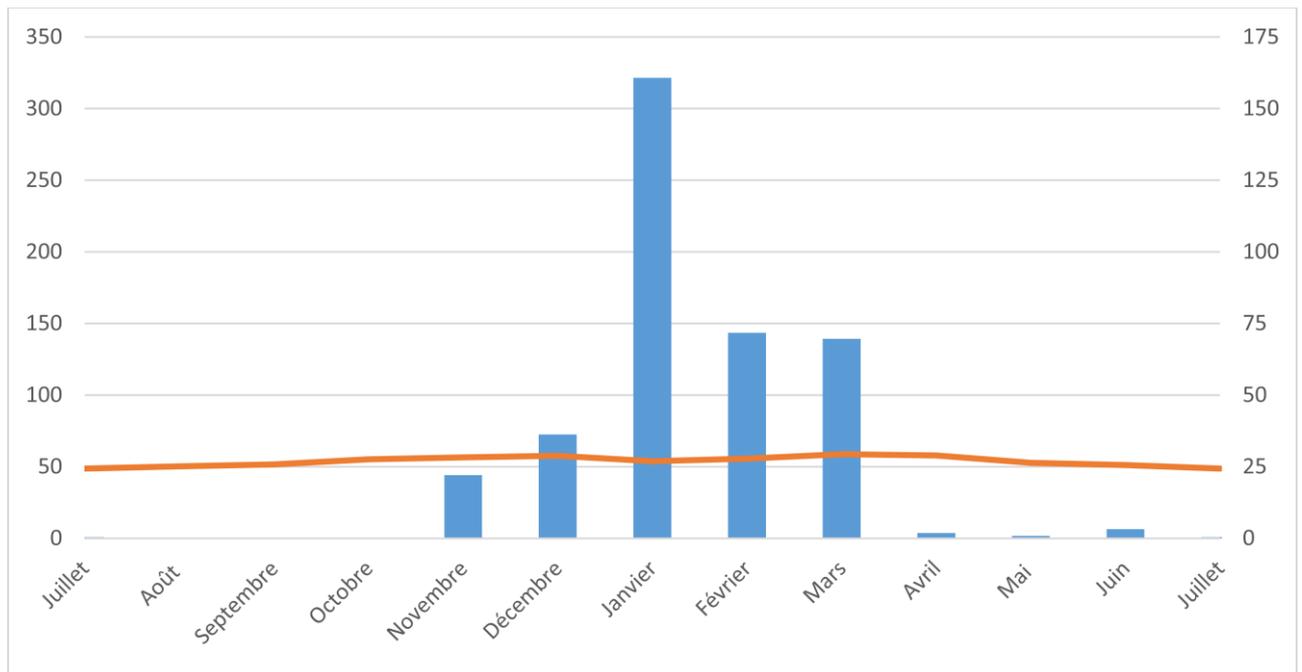


Figure 6. Diagramme ombro-thermique de Mahajanga, année 2017 (Selon la formule de Gausson $P=2T$)

Source : Direction de la météorologie Ampandrianomby

Il n'y a pas de station météorologique dans la localité d'Ankazomborona et de Marosakoa, mais la station de Mahajanga peut servir pour l'appréciation de la température et des précipitations dans la zone vue que la zone de recherche se trouve à 80 Km de Mahajanga.

Les températures atteignent en cette région des valeurs assez élevées, les quantités de chaleur reçues sont fortes. La température moyenne fluctue entre 27°C et 32°C (octobre à février), elle diminue de Mai à Août et peut atteindre 20°C à 22°C. Les mois les plus chauds correspondent à la saison des pluies (Janvier ou Février).

Deux types de vent existent dans la région : d'une part les Moussons vents humides (saisonniers) du secteur Nord-Ouest qui sont à l'origine des pluies de Novembre à Avril ; et

d'autre part les Alizés, des vents permanents du secteur Sud déchargés d'humidité, sont responsables des vents secs de Mai à Octobre.

II.3.1.2. Les conditions pédologiques : sols sur versants

Les sols fersiallitiques caractérisent la plus grande partie du sous-bassin-versant de la Karambo et des sous-bassins-versants à proximité de la retenue d'eau. Ils sont caractérisés par la présence de quantités appréciables d'oxydes ou hydroxydes de fer, sans alumine. Les sols fersiallitiques typiques⁵ sont les plus répandues marqués par un niveau de sensibilité à l'érosion hydrique assez élevé, dès que la couverture végétale naturelle diminue. Ces types de sols dérivent des sables, grès, calcaires ou basaltes. Ce sont des sols rouges ou jaunes d'épaisseur variant entre 2 et 10 mètres. La structure est soit uniforme soit polyédrique. La texture est variable : sableuse ou sablo-argileuse sur sables et grès ; argilo-limoneuse sur calcaire et basalte. La cohésion est moyenne. Les concrétions ferrugineuses y sont assez fréquentes. La réaction est faiblement acide à presque neutre (pH compris entre 6,0 et 6,8). Les teneurs en bases échangeables sont bonnes sous couvert forestier ; faibles sous savane et prairie. Le rapport silice/alumine est très voisin ou très légèrement supérieur à 2. Les concrétions sont essentiellement ferrugineuses.

II.3.1.3. Des occupations du sol et couvertures végétales diversifiées

L'analyse des différentes occupations du sol a montré divers types de formation végétale liées aux caractéristiques écologiques, et a permis entre autres d'évaluer l'étendue des zones boisées et l'extension des parcelles de cultures.

➤ Les forêts denses sèches et les forêts dégradées

Le parc d'Ankarafantsika s'étend jusqu'à la partie Sud et Sud-Ouest des plaines de Marovoay (Cf. Figure 7). Incluant le sous-bassin-versant de la Karambo, ce qui explique la prédominance jusqu'à 55% de la forêt dense sèche. La flore est caractérisée par l'association de la série *Dalbergia* (Manary, Palissandre) -*Commiphora* (Arofy, Matambelona)-*Hildegardia* (Aboringa), en sous-bois très dense avec des lianes parfois ligneuses. Ces formations végétales peuvent être plus ou moins dégradées selon les endroits. Elles sont caractérisées entre autres par des fourrés sclérophylles à Euphorbes et l'importance de la strate arbustive et des lianes. Généralement, ces formations subissent des perturbations dues au pâturage, aux prélèvements pour soins, bois de services et des incursions sur les lisières.

⁵ SEGALEN, 1952

➤ **Les savanes**

Les savanes sont subdivisées en deux : les savanes herbeuses et les savanes arborées. Les savanes herbeuses sont formées par des peuplements graminéens quasi mono spécifiques : *Hypparrhenia rufa* (vero), en milieu relativement plus humide ou moins dégradé. Des *Heteropogon contortus* (danga) en milieu plus sec ou fréquemment brûlé. Ce sont des formations dégradées qui s'étendent sur 10% de la superficie des sous-bassins-versants. Elles se dessèchent en période sèche et leur aspect lignifié justifie les feux dits de renouvellement de pâturage. Elles ne dépassent pas 2 m de hauteur, et leur densité dépend de la dégradation du sol.

En outre, il y a aussi les savanes arborées couvrant 22% du milieu, où les ligneux dépassent rarement 8 mètres et sont peu diversifiées. Elles sont surtout constituées de *Bismarkia nobilis* (satrana) et de *Ceiba pentandra* (kapokier). Les « satrana » sont utilisés par la population pour la construction des toitures des cases. Il y a aussi des éparpillements d'arbres et d'arbustes tels que : *Tamarindus indica* (madiro), *Pourpatia caffra* (sako), et de *Zizyphus jujuba* (mokonazy).

➤ **Les périmètres irrigués et les mosaïques de cultures**

Les parcelles de cultures occupent 6 % de la superficie des sous-bassins-versants, occupant les zones à la périphérie de la retenue d'eau. Ces rizières sont cultivées en riz pluvial. Les mosaïques de cultures au sein de la localité se caractérisent par la culture pluviale. Les cultures dominantes sont maïs, le raphia, canne à sucre et le manioc.

➤ **Aménagement des sous-bassins-versants**

Les zones boisées sont rares et éparpillées représentant à peine 4 % de la superficie des sous-bassins-versants. Les espèces les plus représentatives sont les espèces d'acacia, et d'eucalyptus. Ce sont des reboisements réalisés par le projet PLAE et BVPI.

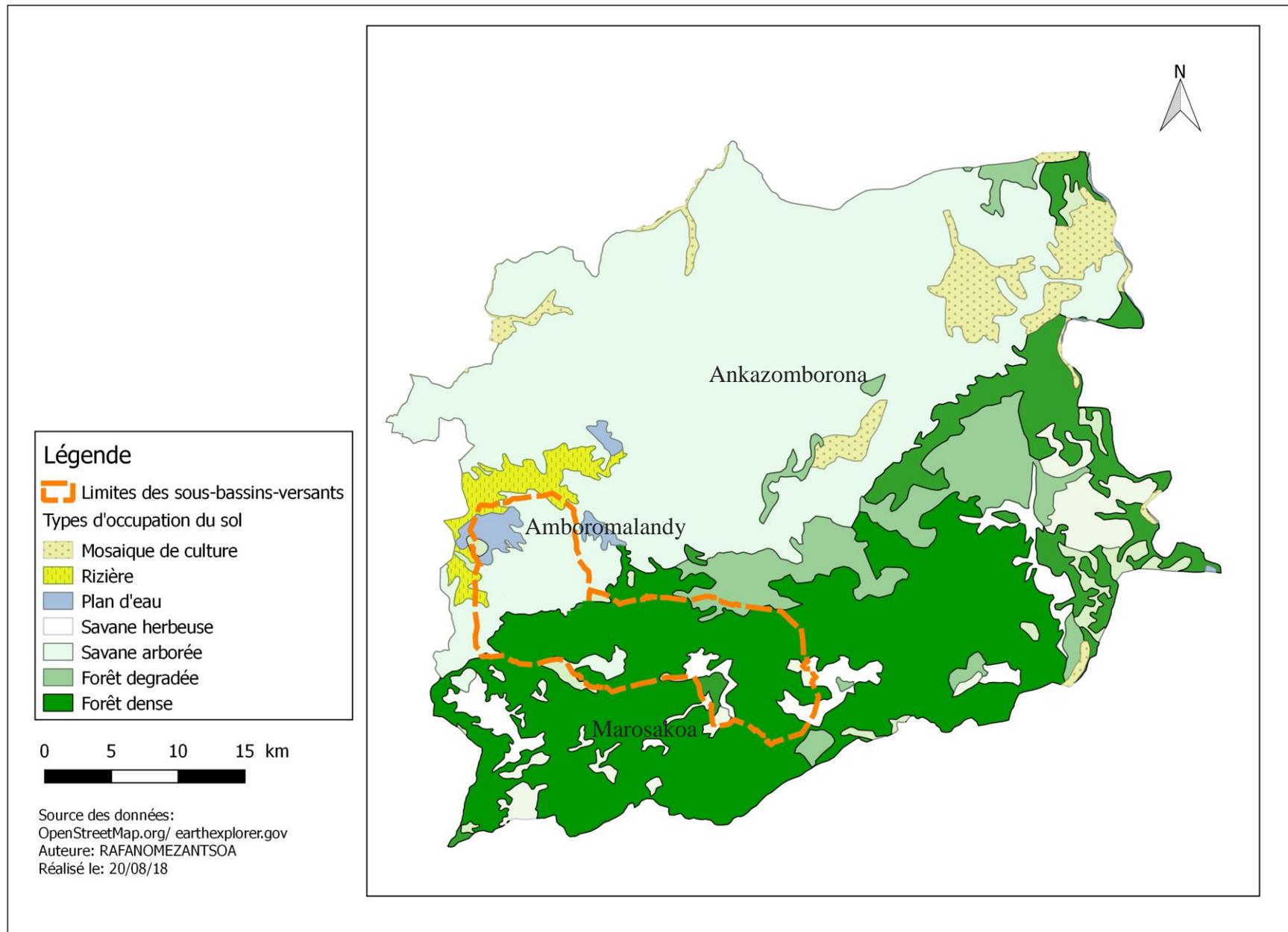


Figure 7. Carte des occupations du sol des sous-bassins-versants

Source : OpenStreetMap.org

DEUXIEME PARTIE
RESEAUX HYDRO-AGRIQUES STRATEGIQUES
D'AMBOROMALANDY : DES INFRASTRUCTURES SOUS PRESSION
ANTHROPIQUE

Dans cette partie nous mettrons en exergue l'historique de la mise en valeur des ouvrages stratégiques d'Amboromalandy tout en évoquant les opportunités que représentent ces infrastructures du fait que ce barrage est l'un des ouvrages essentiels dans la région Boeny. Cependant, les inconvénients ne manquent pas, le chapitre IV sera alors consacré à l'analyse des facteurs contraignant sur l'état de ces ouvrages hydrauliques.

CHAPITRE III. DES RESEAUX A FORTE POTENTIALITE POUR L'AGRICULTURE

Le développement du secteur riz assure la sécurité alimentaire dans l'ensemble de la localité, contribue à l'amélioration de la croissance économique, améliore le revenu et le bien-être des ménages le long de la chaîne de valeurs.

III.1. DES TRAVAUX DE MISE EN VALEUR DES OUVRAGES STRATEGIQUES D'AMBOROMALANDY

Les interventions jugées prioritaires pour réduire les contraintes de la productivité agricole concernent le développement technologique, l'aménagement de nouveau ouvrage hydro-agricole ou l'extension des infrastructures rurales déjà existants (Cf. Tableau 3). L'objectif de ses aménagements vise la mise en place d'une base viable pour une meilleure gestion de la production rizicole et des ressources naturelles.

Tableau 3. Historique des travaux d'aménagement des infrastructures hydro-agricoles stratégiques

Année	Type d'intervention	Liste des ouvrages clés construits, aménagés et touchés
1934	Aménagement initial	- Barrage Amboromalandy - Réseau d'irrigation - Réseau de drainage
1989	Rehaussement de la retenue d'eau	-Rehaussement de la capacité de rétention en eau -Rehaussement des ouvrages connexes (évacuateurs de crues, digue de retenue, les ouvrages de prise d'eau et les ouvrages d'assainissement)
1995	Réhabilitation par le service du Génie Rural	- Réseau d'irrigation - Réseau de drainage
2001	Réhabilitation (Projet Basse Betsiboka)	- Barrage Amboromalandy - Réseau d'irrigation - Réseau de drainage - Piste

Source : DRAE Boeny

Le tableau 3 montre l'historique des grands aménagements des ouvrages stratégiques. La mise en valeur s'est étalée sur quatre grandes périodes. Les premières infrastructures du secteur datent de 1934 par la construction du barrage d'Amboromalandy, de ses systèmes d'irrigation et de drainage. En 1989, le Ministère de la production agricole et de la réforme agraire a procédé à l'augmentation de la capacité de la retenue d'eau d'Amboromalandy et la stabilisation du couronnement en béton de la digue. En effet, le rehaussement d'un mètre du niveau d'eau du barrage amène à l'augmentation du volume d'eau de l'ordre de 10 millions de

m³. Autrefois le volume d'eau stocké était de 20,6.10⁶m³ pour passer à 30.10⁶m³. Ces travaux de rehaussement du barrage ont pour but de compenser l'envasement de la retenue et assurer l'irrigation des rizières pour que les besoins en eau de ces périmètres irrigués soient couverts à 100% (Cf. Tableau 4).

Tableau 4. Besoins en eau avant et après réhabilitation du barrage

Périmètres irrigués	Retenue d'eau	Superficies cultivables (en ha)	Besoins en eau annuels (10 ⁶ m ³)
Karambo Basse	Amboromalandy	1 953 (avant projet de rehaussement)	27,8
		2 343 (après projet de rehaussement)	33,8

Source : SCET-AGRI DINIKA

Le tableau 4 évoque l'étendue des superficies cultivables avant le projet de rehaussement de la retenue d'eau qui s'étendent sur 1953 ha. Et présente entre autres l'extension des parcelles de cultures sur 2 343 ha soit un gain de surface de 390 ha. Les besoins en eau bruts annuels par variété de riz ont été calculés en fonction des besoins nécessaires à la mise en eau de la rizière (300 mm/ha) ; des besoins des pépinières (18 mm/ha) ; de l'efficience réseau et parcelle (0,57 mm/ha). Résultat, il y a extension des périmètres irrigués mis en valeur au fur et à mesure de l'évolution des aménagements hydrauliques (Cf. Tableau 5). Sur 74 parcelles enquêtés au sein de la localité, une extension progressive des surfaces cultivées a été constaté, en passant de 1592 ha en 1 993 à 2 316 ha l'année 2001.

L'étendue des périmètres irrigués mise en valeur varie en fonction de l'état de l'infrastructure et de la portée de l'irrigation. Entre autres, l'augmentation de la production rizicole résulte en partie d'une opération de grande envergure.

Tableau 5. Résultats globaux de la production rizicole (année 1993 à 2001)

N° du secteur											Nombres Parcelles enquêtés
	Année	1 993	1 994	1 995	1 996	1 997	1 998	1 999	2 000	2 001	
3	Superficies récoltées (en ha)	1592	1 914	1955	1935	1962	1938	1953	1972	2 316	74
	Rendement moyenne de paddy (en t/ha)	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,8	2,9	2,7	3,1	

Source : Service du Génie Rural (Boeny)

En outre, l'année 1995, le service du Génie Rural a procédé à la réfection de plusieurs réseaux. Enfin, des opérations de calibrage et de réfection de certains réseaux et de piste d'accès ont été faites dans le cadre de la mise en œuvre du projet Basse Betsiboka en 2001.

III.2. LES PRINCIPAUX ATOUTS DES INFRASTRUCTURES HYDRO-AGRIcoles

Les aménagements comme les retenues d'eau ont été en premier lieu conçus pour de vastes superficies où l'eau est inégalement répartie. Par la suite, elles ont été réalisées dans l'objectif d'accéder à un gain rapide de productivité pour les ménages ruraux, ce sont des ouvrages capables d'alimenter des milliers d'hectares. Le manque d'eau peut avoir un véritable effet réducteur des rendements. En effet, il y a une quantité optimale d'eau à donner aux cultures, correspondant à leur besoin réel en eau pour chaque période de leur cycle végétatif. Les ouvrages stratégiques d'Amboromalandy présentent des opportunités pour l'exploitation efficace des terres fertiles au sein des plaines alluviales de Marovoay.

III.2.1. Rôles des ouvrages stratégiques dans la riziculture

Les activités économiques au niveau des communes sont dominées par la riziculture sur plaine avec un rendement moyen de 1,5 à 3,5 t/ha. L'objectif de la mise en place de ces outils vise l'intensification des cultures en période de contre-saison. En effet, une division de l'année en deux saisons bien distinctes s'observe au sein de la localité : la saison sèche allant du mois d'Avril à Novembre (Cf. Figure 6). Durant cette période, les précipitations sont très faibles, voir nulles. Les cours d'eaux temporaires tarissent en étiage, bref une rivière permanente assure la continuité de l'approvisionnement en eau de ces réseaux hydro-agricoles. Ensuite, une saison humide vers le mois de Décembre jusqu'en Mars où tombent 97% de la pluviométrie annuelle.

De ce fait, la présence des ouvrages comme les retenues d'eau améliorent la sécurité alimentaire au sein de la localité en assurant la continuité des activités agricoles pendant une saison sèche qui s'étend sur huit mois. De plus, la production est presque toujours insuffisante pour nourrir une population à forte croissance démographique. Ainsi, seule l'irrigation par ces ouvrages peut permettre d'atteindre les objectifs de deux à trois cycles de cultures annuelles pendant cette période au sein de la localité. Notamment l'ensemble des spéculations Atriatry, Jeby, Dimbialotra (des cultures irriguées) et Asara (une culture pluviale) (Cf. tableau 6). La campagne rizicole débute après le retrait des eaux d'inondation.

La culture irriguée du riz nécessite un gros apport d'eau dès le semis et le repiquage car le sol doit être imbibé d'eau. Il faut entre 10 000 et 20 000 m³/ha d'eau pour un cycle végétatif

complet. Par ailleurs, ces ouvrages assurent une meilleure gestion des ressources en eau vue la présence de nombreuses prises d'eau.

Tableau 6. Calendrier culturale sur périmètre irrigué, secteur 3 A et B

Spéculation	Opération	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Atriatry	Semis												
	Repiquage												
	Récolte												
Jeby	Semis												
	Repiquage												
	Récolte												
Dimbialotra	Semis												
	Repiquage												
	Récolte												
Asara	Semis												
	Repiquage												
	Récolte												

Source : enquêtes personnelles de l'auteur en 2018

Le vary Jeby est la saison de culture principale, elle coïncide avec la saison sèche. Suivie de la spéculation Atriatry et Dimbialotra, des cultures intermédiaires, ce sont aussi des cultures de décrue. Enfin, face à l'ennoyage annuelle des plaines, toute les terres situées au-dessus du niveau de l'inondation ayant des topographies légèrement plus hautes sont cultivées en vary Asara et irriguées par les eaux de ruissellement. En fait, cette submersion temporaire rend la culture du riz impossible au niveau des plaines en pleine saison pluvieuse.

III.2.2. Des cultures largement tributaires des réseaux hydro-agricoles : le problème de salinité

La nature des sols est liée à l'ennoyage récent des plaines alluviales de Marovoay. En fait, une transgression marine quaternaire suivie d'une régression marine serait à l'origine de la grande proportion de sols salins⁶. La plaine de la Krambo et les micro-plaines situées à proximité se trouvant sur la rive droite de la Betsiboka sont caractérisées davantage par des sols halomorphes ou sols sodiques, des sols peu évolués. Leurs évolutions sont dominées par la présence de sels solubles qui ont un effet néfaste sur la structure des différents horizons pédologiques. En effet, la salinisation des sols est un processus d'accumulation des sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux (notamment le riz) et les sols. Au cours de son cycle de développement, la résistance du riz au sel est variable. Le riz est très sensible pendant le stade de levée et le stade de floraison. Par

⁶ DAMOUR M., BOUCHARD L., DOBELMANN J.P., 1971, « Contribution à l'étude de la mise en valeur des plaines de Marovoay », Doc. IRAT N°303, Tananarive

contre, il est relativement résistant à la germination, au tallage et à la maturité. La sensibilité du riz en phase de levée est accentuée si la quantité d'eau dans les parcelles est faible. Comme le sol est riche en sels, la solution du sol sera alors d'autant plus chargée tant que le volume d'eau d'irrigation est faible. Il s'en suit une diminution des rendements et, à termes, une stérilisation du sol. La concentration de sels neutres dans le profil du sol en quantité suffisante affecte les aptitudes agronomiques par l'augmentation de la pression osmotique provoquant un stress hydrique de la plante.

Les sels solubles sont principalement des chlorures (*Cl*) et sulfates de sodium (Na_2SO_4) ou magnésium (*Mg*) dissous dans la nappe phréatique sous-jacente. Leur extrême mobilité est à l'origine des mouvements saisonniers qui se traduisent par la remontée saline sous l'influence de l'évaporation en période d'étiage. En d'autres termes, lorsque le sol est asséché, il se crée un flux d'eau chargée en sels vers la surface du sol à travers des remontées capillaires tandis que les sels sont maintenus en profondeur en saison pluvieuse. L'aménagement des sols halomorphes requière une nappe d'eau douce permanente sur les rizières dès qu'elles sont récoltées. Par ailleurs, la percolation des eaux d'irrigation nettoie le sol en surface.

De ce fait, la réussite des activités agricoles au sein de la localité dépend largement du bon fonctionnement de la retenue d'eau d'Amboromalandy.

III.2.3. Un milieu en apparence exceptionnel pour la riziculture

Les conditions propices sont réunies pour le développement d'une agriculture intensive et notamment la riziculture. Tout d'abord, la platitude du relief facilite l'irrigation des périmètres irrigués. En outre, c'est un site topographiquement inondable en crue annuelle. En fait, les plaines se trouvent noyées sous une tranche d'eau d'un mètre à 1 m 50. L'inondation annuelle dure environ 3 mois (de Janvier à Mars). Elle est provoquée par les crues du fleuve Betsiboka et de ses affluents, plus les eaux de ruissellement temporaires. Ces apports des rivières en crues améliorent la fertilité des sols cultivés grâce à la sédimentation et l'envasement temporaire des plaines. Depuis plusieurs années, les rizières sont cultivées sans avoir recours aux engrais. Certes, les équipements hydro-agricoles permettent d'accéder à l'exploitation efficace de ces vastes étendues de terre fertile. De plus, la chaleur représentant un atout décisif pour la riziculture, est suffisante pour cultiver pendant douze mois ; pas comme au niveau des Hautes-Terres-Centrales où le froid qui sévit du mois de Juin au mois d'Août ne permet pas généralement une seconde ou une troisième culture de riz. Par ailleurs, l'existence des infrastructures routières notamment la Route nationale 4 (RN 4), l'axe secondaire desservant Marovoay et d'autres pistes facilite l'évacuation et la commercialisation des produits agricoles. Ainsi, ces réseaux routiers assurent les liaisons entre les zones principales de

productions et les centres majeurs de consommation. Apparemment, les conditions indispensables au développement de l'agriculture existent et ne demandent qu'à être valorisées.

III.2.4. Des réseaux hydro-agricoles facteurs de développement économique

Devant les atouts offerts par l'irrigation des plaines de la Karambo Basse, les surfaces irriguées sont immenses et procure des revenus satisfaisantes pour les bénéficiaires (Cf. Tableau 7).

Tableau 7. Bilan financier des exploitations et des rendements rizicoles du secteur 3

Spéculation	Superficies concernées (en ha)	Coût d'exploitation direct (en Ariary)	Production (en Tonnes)	Recette Totale (en Ariary)	Revenu brute rizicole annuel (en Ariary)
Atriatry	1 797	2 349 577 500	5 400	2 700 000 000	350 422 500
Jeby	762	996 315 000	3 048	1 524 000 000	527 685 000
Dimby alotra	1 273	1 664 447 500	3 819	1 909 500 000	245 052 500
Asara	238	164 815 000	476	238 000 000	73 185 000

Source : Altec Madagascar (année 2007)

Le tableau 7 résume le bilan financier des exploitations rizicoles du secteur 3 l'année 2007. Ce bilan est basé sur une valorisation monétaire de toutes les activités culturales incluant les différentes charges d'exploitation et toutes les dépenses liées aux travaux culturaux tels l'achat des semences et des fumiers, le paiement des mains d'œuvre, les coûts de location des matériaux, les cotisations annuelles, etc... En outre, le tableau montre les gains financiers issus des ventes des productivités rizicoles. Les bénéfices financiers dégager l'année 2007 est de 1 196 345 000 Ariary. Le riz reste la culture vivrière largement prédominante par rapport aux autres cultures. 80% du revenu issu de l'agriculture proviennent du riz⁷.

Devant les avantages offerts par l'irrigation et la fertilité des plaines alluviales, le fonctionnement des infrastructures hydro-agricoles stratégiques connaissent des déséquilibres actuellement. L'analyse des différents éléments perturbateurs de ces réseaux hydrauliques fera l'objet du chapitre IV de ce mémoire.

⁷ Source : IFPRI 1995-1996

CHAPITRE IV. DES FACTEURS CONTRAINGNANTS, PERTURBATEURS DE L'ETAT DES OUVRAGES

Les atouts offerts par les plaines alluviales favorisent toutes les activités. Cependant, les AUE connaissent une réduction progressive des terrains de cultures à cause du mauvais état du barrage ainsi que du canal d'amenée.

IV.1. INFLUENCE DES ACTIONS ANTHROPIQUES ET DES CONDITIONS CLIMATIQUES

Les ouvrages stratégiques d'Amboromalandy ont été construits au niveau des sous-bassins-versants de la localité d'Ankazomborona et de Marosakoa. Pourtant, la dégradation de ces derniers et les comportements répréhensibles de la population locale perturbent l'état des réseaux hydro-agricoles.

IV.1.1. Les feux de brousses : une pratique ancestrale dominante et persistante

Chaque année les sous-bassins-versants et une partie du parc d'Ankarafantsika inclut dans notre zone de recherche sont les proies de la flamme (Cf. Figure 8).

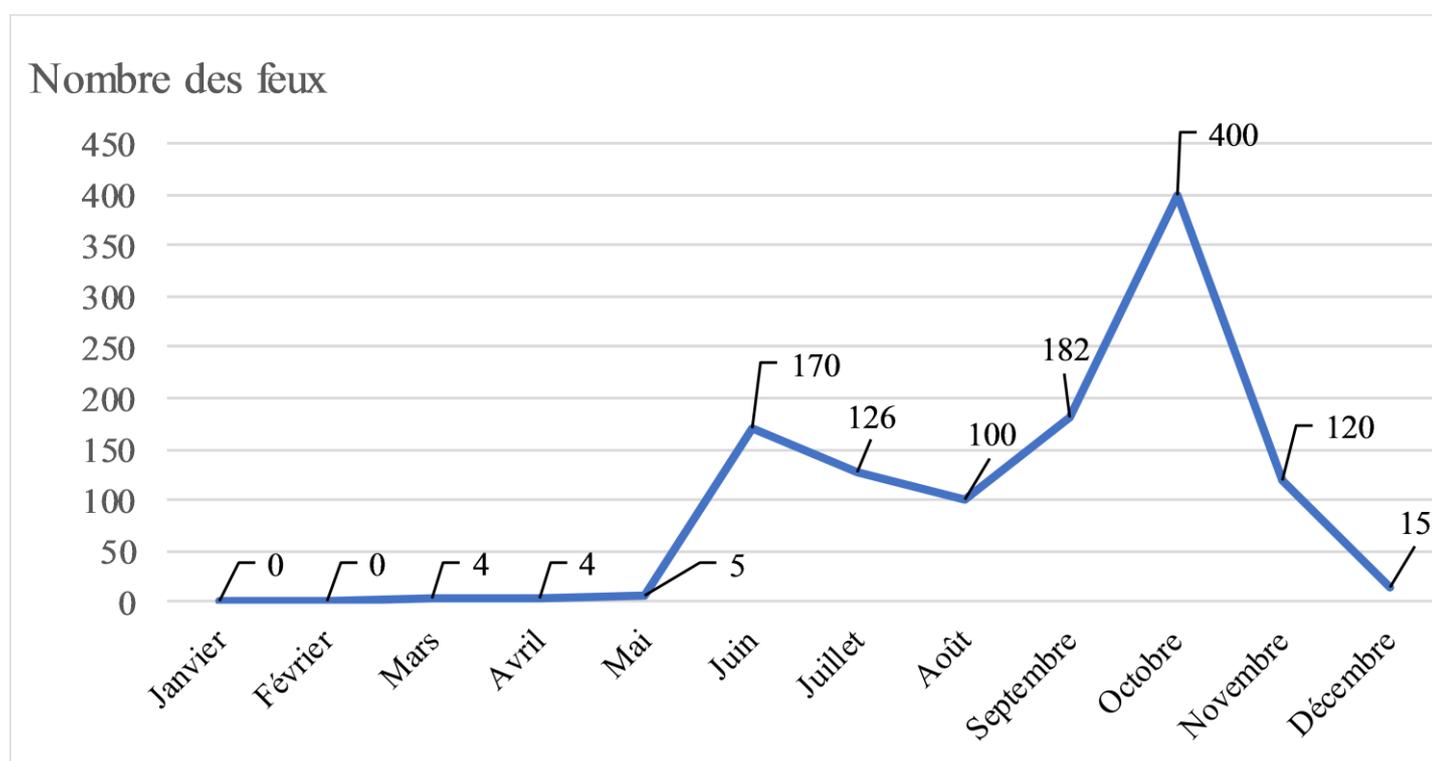


Figure 8. Représentation graphique des feux aux alentours et dans le secteur Nord du Parc en 2017

Source : MNP

La figure 8 montre que l'année 2017, le feu a pris beaucoup d'ampleur. Le vrai feu a commencé le mois de Mars et s'est prolongé jusqu'au mois de Mai. Puis un nouveau foyer a été détecté le mois de septembre dans la localité de Sainte Marie. Ce même feu s'est propagé et envahi les localités d'Ampombobe, de Mahatazana et de Marosakoa.

Ces localités victimes du passage de ces incendies montrent qu'une partie du noyau dur de la forêt dense sèche était touchée (Cf. Figure 9). Cette catégorie représente un sanctuaire d'intérêt biologique, culturel, historique, esthétique, morphologique et archéologique. Elle représente le périmètre de préservation intégrale et où toute activité, accès et circulation est réglementé. Suivant le zonage par vocation de l'espace, une partie des Zones d'utilisation contrôlée (Z.u.c.) et des espaces de restauration ont été aussi touchées. En effet, les activités agricoles ou pastorales ou d'autres activités au niveau des zones périphériques influencent directement la dégradation des couvertures végétales dans le parc et sur les périphéries.

Ainsi, l'analyse du suivi des feux de l'année 2017 permet d'affirmer que ces incendies sont très prépondérants le mois d'Octobre. 400 feux ont été enregistrés dans les zones périphériques et dans une partie du secteur Nord d'Ankarafantsika. Le feu n'a été éteint qu'au mois de novembre. En effet, la propagation du feu est très rapide et très difficile à maîtriser. Une sécheresse prolongée et rude a été un facteur primordial de l'ampleur des feux durant cette année. Certes, les causes et leurs origines demeurent anthropiques.

Ces feux ont un effet néfaste sur l'environnement notamment la transformation de la végétation et le changement des caractéristiques du sol. L'effet du feu sur la végétation consiste au remplacement de la flore naturelle par une flore dégradée et des bonnes espèces fourragères au profit des espèces xérophi les dures et de médiocre valeur fourragère. Quant à l'impact du feu sur le sol, l'effet présente de multiples aspects. La destruction et l'appauvrissement du sol en termes de matières organiques favorisent la perte de son agrégation et la destruction de sa structure. Après le sol devient sensible à l'action du vent et au ruissellement, donc vulnérable à une attaque érosive.

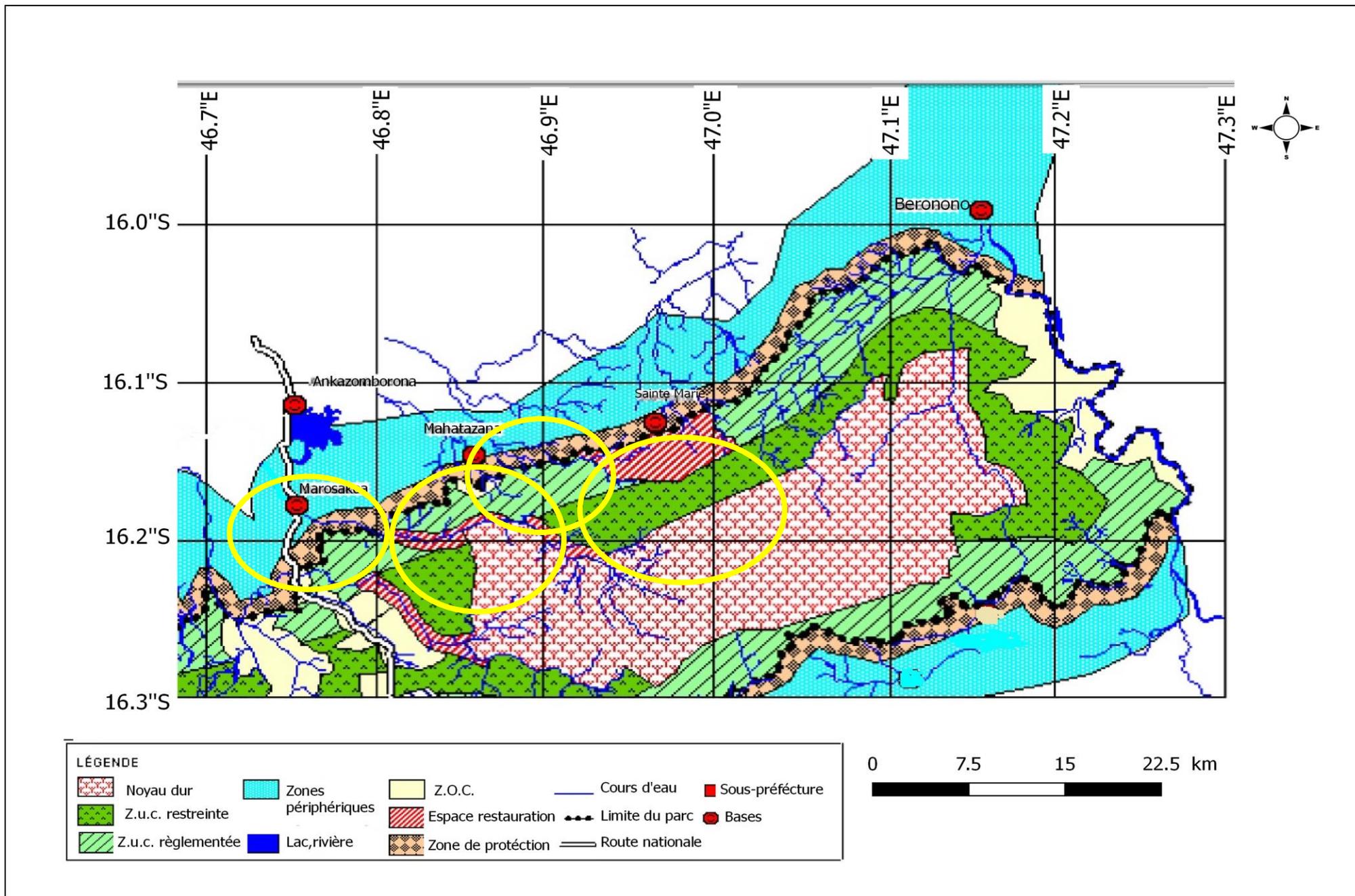


Figure 9. Zonage par vocation de l'espace du Parc National Ankarafantsika (Secteur Nord)

Les feux de brousses pratiqués par les éleveurs, souvent d'origine sakalava et Antandroy expliquent en partie l'augmentation du nombre de mois secs (Cf. Figure 6) au sein de la localité.

Le feu est utilisé soit pour la procuration de jeune pousse d'herbe à leur bétail soit comme moyen de défense contre l'insécurité (le vol de zébu). Ainsi, les éleveurs ne sont plus obligés de se déplacer à la recherche de fourrage. Tandis que les agriculteurs les pratiques avec des visées de mise en valeur. Les feux de défrichement ne sont pas toujours bien contrôlés et bien souvent pour un petit champ défriché, ce sont des milliers d'hectares qui partent en fumée.

Et parfois le feu est utilisé comme signe de manifestation de mécontentement envers l'Etat. Plus les feux accidentels par inadvertance des bouviers.

Pour se doter de données plus récentes, des échantillons sur 93 ménages ont été effectués où la majorité de la population sont des migrants originaires d'autres régions de l'île (Cf. Figure 10) : des Betsileo, des Merina et des migrants venant du Sud de Madagascar. Ces derniers sont composés d'Antandroy, ils ont l'habitude de pratiquer l'élevage par gardiennage en savane arborée autour d'Ankarafantsika ainsi que les cultures sur brûlis. Ces techniques agricoles dégradent des milieux protégés et bouleversent les écosystèmes qui restent dans tous les cas fragiles. Les sakalava, les populations originaires de la localité et les propriétaires terriens restent nombreuses avec un pourcentage de 31%.

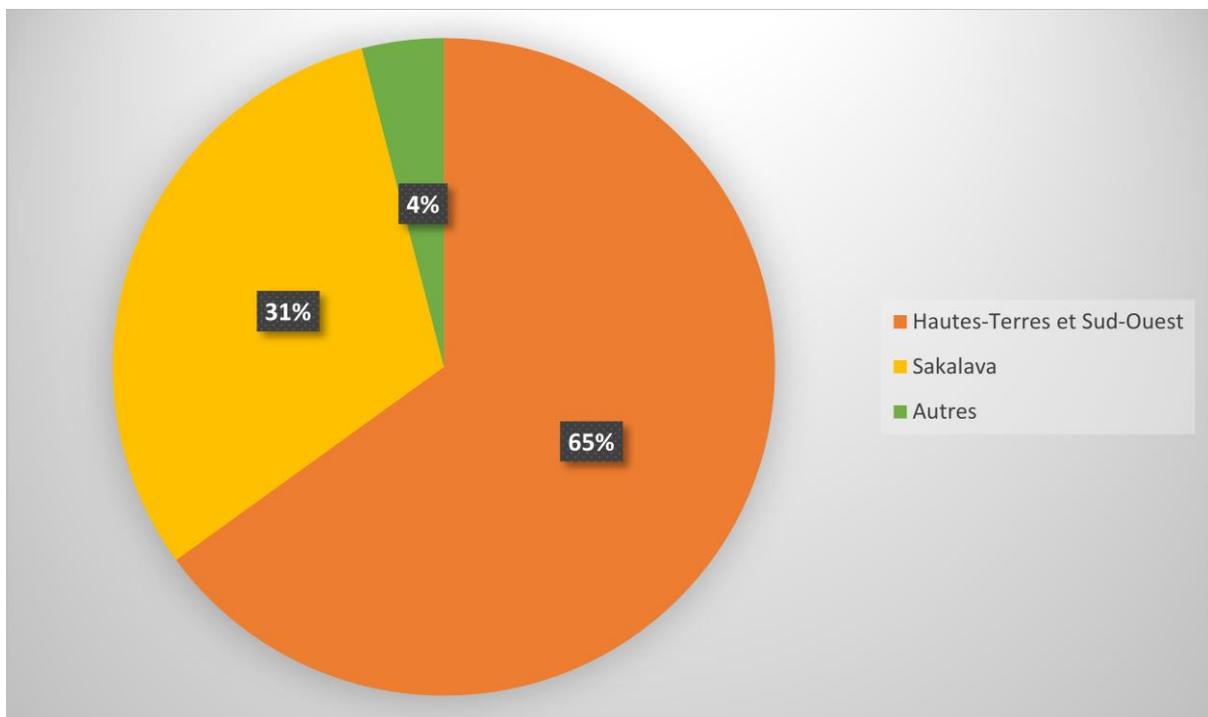


Figure 10. Appartenance ethnique de quelque population locale

Source : enquête personnelle de l'auteur en Octobre 2018

Toute procédure d'entretien des sous-bassins-versants seront menacées en permanence face à ces comportements répréhensibles de ces individus. On a pu constater que les étendues des sous-bassins-versants font l'objet de mises en valeur multiples et sont soumises à la double pression des exploitations agricoles et du pâturage. Les feux de végétation et exploitations illicites ont ravagé jusqu'ici une superficie forestière de 2 500 ha⁸. Des personnes ressources au sein du secteur 3 A confirment que ces éleveurs n'apprécient pas les actions d'entretien du milieu naturel par les projets en cours de mise en œuvre. Les actions de sensibilisation et vulgarisation des informations sur les impacts de leur action s'avèrent inutiles, surtout pour ces éleveurs et migrants tardifs au sein de la localité. Certes, un assèchement plus vite que prévu de la végétation résulte du manque de précipitations, de ce fait la pratique du feu sur les versants commence à se répandre dès que le peu de verdure restant n'est plus suffisant pour le troupeau.

IV.1.2. Le phénomène de Lavakisation

La pression anthropique augmente les phénomènes érosifs. Parmi les différents types d'érosion existant, ceux expliqués dans la présente étude est l'érosion due aux précipitations.

Certes, les processus d'érosion hydrique dans cette zone sont au nombre de trois. Premièrement, un décapage brusque par ruissellement diffus sur versant couvert d'une végétation naturelle ou cultivée transporte progressivement les éléments fins du sol. Les plus légers tels que les argiles, les petits déchets organiques et humus essentiels pour la fertilité sont transportés. Deuxièmement, on distingue une dissection linéaire mineure (rigoles, ravineaux, ravines) par ruissellement concentré. Enfin, le sapement des berges⁹ qui intervient le long du canal d'amenée. Ces phénomènes entraînent un engorgement et une diminution de profondeurs par accumulation des sédiments ainsi que le remblaiement des zones humides. Généralement, l'évolution de l'érosion conduit à la formation des lavaka, tel est le cas des sous-bassins-versants d'Amboromalandy et du sous-bassin-versant de la Karambo (Cf. Photo 1), transportant d'énormes quantités de terre dont le processus de décantation s'effectue dans les zones de basse altitude, en d'autres termes au niveau des ouvrages stratégiques (Cf. Tableau 8).

⁸ Plan Communal de Développement de la commune rurale d'Ankazomborona

⁹ Berge : rives d'un cours d'eau ou d'un canal. Jean-Paul R., Jean-Luc B., 2000, *Dictionnaire professionnel du BTP*, Edition Eyrolles

Tableau 8. Evolution de l'envasement du barrage d'Amboromalandy

Périodes	Erosion spécifique en t/km ² /an	Transport solide en t/an	Volume d'envasement en 10 ⁶ m ³	Taux d'abrasion en mm/an.
1933-1970	1 427	71 350	2,2	1,2
1970-1983	2 215	110 786	1,2	1,8
1983-1984	4 800	240 000	0,2	4,0
1984-1992	23 716,54	711 436	3,6	11,9

Source : SOMEAH

Le tableau 8 illustre la quantité des sédiments qui se déposent au niveau de la retenue d'eau. L'apport des matériaux les plus fins ne cesse de s'accroître, le plus élevé étant le volume d'envasement de l'année 1984-1992 atteignant : 3 600 000 m³. Cette situation oblige le rehaussement et la réfection à plusieurs reprises du barrage à cause de la diminution du volume d'eau utile.



Photo 1. Les parties dégradées dans le sous-bassin-versant de la Karambo

Source : cliché de l'auteur en Octobre 2018



Photo 2 et 3. Les formes de dégradations au sein des sous-bassins-versants

Source : cliché de l'auteur en Octobre 2018

Dans ces parties des sous-bassins-versants, on observe d'innombrables formes de lavaka très nette à l'origine de l'érosion en rigole. Dans ce cas les lavaka prennent naissance au bas des pentes non protégées par la végétation. Dans ses sous-bassins-versants, ils existent plusieurs lavaka. Chacun a ses propres caractéristiques mais ils ont la même origine ; ils se sont formés à partir du ruissellement superficiel concentré.

La photo1 montre un lavaka situé à 16°09'12'' Sud et 46°44'57''Est à 40m d'altitude. Plus précisément, localisé dans la partie centrale du secteur Nord du Parc d'Ankarafantsika. La profondeur de ce ravin est d'environ 1m, il a une longueur de 1m et une largeur de 0,7 m environ. Il présente au fond des ensablements dus à l'altération des minéraux. La section transversale a la forme en U, ce qui explique que le sol et le sous-sol sont sensible à l'érosion. Ces lavaka sont une source importante de sable pour les réseaux hydrauliques à proximité.

Par la suite, la photo 2 et 3 illustrent le niveau de dégradation actuelle au sein des sous-bassins-versants d'Amboromalandy. Au premier plan s'observe des lavaka d'envergures diverses localisés respectivement en amont de la retenue d'eau à 16°07'10''Sud et 46°47'03''Est à 17 m d'altitude ; et à 16°07'04''Sud et 46°47'12''Est à 21 m d'altitude. Au second plan s'étend la savane herbeuse piqueté d'arbres et en arrière-plan s'observe une vue panoramique du barrage hydro-agricole. Nous avons pu constater que le Nord-ouest des sous-bassins-versants à lui seul,

recense 10 lavaka éparpillés d'envergure diverse. Les dégradations constatées se manifestent par la faiblesse de la couverture végétale sur l'ensemble des sous-bassins-versants.

Apparemment, l'érosion moyenne sur sous-bassin-versant couvert de savane dégradée s'élève jusqu'à 16,6 t à l'hectare par an¹⁰. Ce qui doublerait chaque décennie le taux d'envasement et d'ensablement au niveau des ouvrages stratégiques. Tandis que l'érosion et le ruissellement sont généralement faibles sous forêt. La forêt avec ses différents feuillages dispersées sur plusieurs étages, la litière des feuilles mortes couvrent le sol toute l'année et protège le sol contre l'agressivité climatique, elles ralentissent l'écoulement du ruissellement et maintiennent une bonne porosité à la surface du sol.

Ces érosions ont déjà provoqué des modifications importantes sur le milieu, suite à des modifications du tracés du canal d'amenée de la Karambo. La prépondérance des feux de brousse, allumés par les éleveurs, agriculteurs et habitants des zones périphériques constituent une cause d'érosion essentielle. D'innombrables campagnes de sensibilisation de la population sur les lois et textes régissant la gestion des feux ont été réalisées. Afin de promouvoir la promotion de l'application du Dina¹¹ contre les feux de brousse. Bref, minoritaire ceux qui sont incités à suivre ces cadres juridiques.

Le feu dégrade notamment les composantes arbres et arbustes du couvert végétal fixateur des sols. Par conséquent, les sols sont facilement attaqués par l'érosion et subissent diverses conséquences. La raréfaction de la couverture végétale accentue l'augmentation des charges solides apportées par les eaux météoriques en période de crue. Et comme, plus rien ne freine ni atténue le débit de ses écoulements, toutes ses dépôts comblent les réseaux hydrauliques et périmètres irrigués. A l'issue du sondage carotté¹² réalisé par LNTPB (ou Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment), une analyse des dépôts à l'intérieur de la retenue d'eau a été effectuée. La coupe du sol étudié se trouve dans la partie Nord-est du barrage à 16°07'24'' Sud et 46°46'08'' Est à 10 m d'altitude. Le niveau zéro a été pris à proximité du fin canal d'interconnexion reliant la retenue d'eau d'Amboromalandy à Ambilivily.

Ainsi, la coupe du sol en place se résume comme-suit de la surface en profondeur :

- De 0,00 à 1,00 m de profondeur : Argile limoneuse rougeâtre.

¹⁰ Observatoire de la plaine de Marovoay

¹¹ DINA : document contractuel fixant les pénalités attribuées aux usagers et aux personnes en cas de flagrant délit et d'infraction du cadre juridique.

¹² Carottage : prélèvement d'un échantillon, généralement de forme cylindrique, dans un sol

- De 1,00 à 3,00 m de profondeur : Argile limoneuse rougeâtre ;
- De 3,00 à 4,00 m de profondeur : Sable argileux rougeâtre ;
- De 4,00 à 5,00 m de profondeur : Argile sableuse rougeâtre ;
- De 5,00 à 6,00 m de profondeur : Argile sableuse grisâtre ;
- De 6,00 à 7,00 m de profondeur : Sable argileux grise jaunâtre ;
- De 7,00 à 8,00 m de profondeur : Sable moyen rougeâtre.

Cette étude technique était nécessaire pour étudier la durabilité des ouvrages et pour évaluer la hauteur et la section moyenne de dépôts. La quantité des particules déposées ont été déterminées par mètre-linéaire. Les quantités de terre évaluées sont à l'origine des matériaux arrachés par le ruissellement que ce soit au niveau des sous-bassins-versants, ou au niveau des lavaka qui finissent par se déposer au niveau de la retenue d'eau. Le sommet de la coupe présente des compositions de particules fins comme les argiles et les limons. Vient par la suite, des unités de sable mélangées à des argiles. A la base viennent des matériaux plus grossiers comme les sables rougeâtres.

Ce mécanisme induit une baisse conséquente sur les productivités rizicoles (Cf. Figure 11)

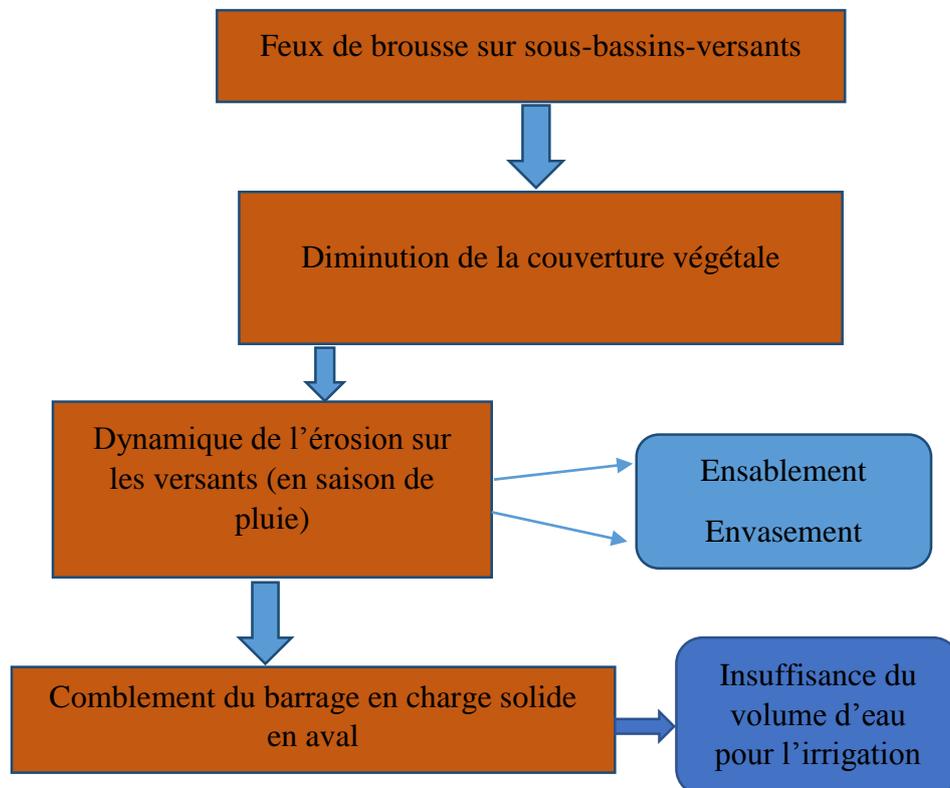


Figure 11. Les impacts des feux de brousse

Source : enquêtes personnelles de l'auteur en Octobre 2018

IV.1.4. Influence de l'agressivité climatique

Les conditions climatiques délicates au sein de la localité de nos jours ne sont pas le résultat des interventions de l'homme dans le milieu naturel de deux ou de trois années mais il s'agit des conséquences des actes pratiqués sur plusieurs années. L'exploitation excessive de la forêt pour la procuration de bois de chauffe en amont, notamment dans les environs d'Ankarafantsika perturbe le système écologique. Par ailleurs, des défrichements accrus d'une partie des forêts ont été faits en 2002 pour disposer des parcelles cultivables.

Apparemment, ces exploitations sont devenues actuellement des pratiques courantes. Tous ces interventions humaines conduisent à une diminution progressive des formations végétales susceptibles de participer à l'évapotranspiration pour le renouvellement du cycle de l'eau. En effet, les données climatologiques indiquent que l'agressivité des conditions climatiques a un effet remarquable sur la pluviométrie de la zone (Cf. Figure 12).



Figure 12. Evolution de la pluviométrie d'Ankazomborona et de Marosakoa (2008 à 2017)

Source : Direction de la météorologie Ampandrinomby (Traitement de l'auteur)

On constate qu'il y a eu une alternance de hausse et de baisse de la quantité des précipitations annuelles de 2008 à 2017. Sachant que le mois de Janvier est le plus arrosé tandis que les mois les plus secs sont les mois d'Août et Septembre. L'agressivité climatique a un effet remarquable sur la quantité des précipitations de la zone.

Les baisses constantes des quantités des précipitations les plus remarquables atteignent : 925,7 mm en 2016, 821,7 mm en 2013 et 733,1 mm l'année 2017. On remarque aussi que pendant ces dizaines d'années, les pluviométries annuelles sont toutes inférieures à 1500 mm. Or, on est située dans une zone tropicale où les quantités des précipitations annuelles

devront être toujours élevées c'est-à-dire supérieures à 1500 mm (>1500 mm)¹³ selon l'analyse de Michel PETIT. De ce fait, les parts de précipitations nécessaires pour combler la retenue diminuent progressivement, voire insuffisante. Cela se traduit donc par une augmentation de la sécheresse et vraisemblablement de l'évapotranspiration relativement plus importante que celle de l'apport en eau.

Par ailleurs, cette théorie de Michel Petit est confirmée par la perception locale des conditions climatiques. A force d'observation attentive, la communauté rurale a acquis des connaissances empiriques sur les conditions climatiques de leur territoire. Ainsi, depuis une dizaine d'années, la population locale a constaté des situations différenciées, notamment concernant la température et les précipitations. D'une manière générale, ces aspects évolutifs se traduisent par une perturbation de la saison pluvieuse qui se manifeste par un retard et arrêt précoce de la période de pluie. En outre, une période de pluie écourtée mais avec par moment des excès de pluviométrie et extension de la saison sèche.

Cette configuration conduit à des problèmes accrus en ce qui concerne les rendements rizicoles et la gestion des ressources en eau. Sachant que théoriquement, la retenue d'Amboromalandy a une capacité totale de 30 millions de m³, assurant les besoins en eau pour l'ensemble Atriatry, Jeby et Dimbialotra. Pour cette année cette retenue d'eau ne peut assurer l'irrigation des spéculations Dimbialotra (semis Septembre-Octobre et récolte Janvier-Février) face au tarissement de l'eau, la hauteur d'eau n'arrive plus jusqu'au niveau de la prise d'eau (les vannes plates) (Cf. Photo 4 et photo 5) d'où impossible d'évacuer l'eau vers les réseaux hydrauliques en aval. Ainsi, ses conditions climatiques délicates ont évidemment des effets sur l'environnement naturel de la localité et des impacts sur les activités sociales et économiques de la population.

¹³ PETIT M., « *Géographie physique tropicale* », Edition KARTHALA



Photo 4. Insuffisance en eau dans le barrage, tarissement au niveau de la prise d'eau.

Source : Cliché de l'auteur en Octobre 2018



Photo 5. Des parcelles inexploitable de part et d'autre du canal principal

Source : Cliché de l'auteur en Octobre 2018



Photo 6. Vue panoramique des parcelles du secteur 2 à gauche de la RN 4

Source : Cliché de l'auteur en Octobre 2018

La photo 6 permet de déduire que : la riziculture sur les parcelles est très prépondérante quand l'eau est suffisante, c'est le cas au sein du secteur 2. Certes, on constate sur la photo 5 qu'il n'y a pas de possibilité d'exploitation suite à l'insuffisance en eau au sein du secteur 3. En sachant qu'on est en pleine période d'été, c'est le barrage qui est chargé de l'irrigation or on voit bien que les rizières près du canal principal ne tirent pas profit de la proximité de l'ouvrage, de ce fait la situation en aval au sein du secteur 3 B est encore plus délicate (Cf. Photo 7).



Photo 7. Vue panoramique du secteur 3 B, à Tsimahajao Marovoay

Source : Cliché de l'auteur en Octobre 2018

La photo 7 montre la nécessité de restructuration des mailles hydrauliques afin que les secteurs situés en fin de réseau ne souffrent plus d'une insuffisance d'eau chronique.

A savoir aussi que le canal d'interconnexion reliant les retenues d'eaux d'Ambilivily et d'Amboromalandy est complètement sec depuis le mois de Janvier 2017 (Cf. Photo 8 et photo 9). C'est un canal en terre de 6 km de long ; débutant à 16°06'48,2''Sud et 46°49'11,1''Est à 27 m d'altitude ; fin canal à 16°06'57,9''Sud et 46°46'26,1''Est à 12 m d'altitude. L'observation de la photo 8 et 9 permet de déduire que le canal est complètement tari, presque méconnaissable aussi sans entretien fréquent. Son état de fonctionnement demeure médiocre et les corvées de désherbage ne sont pas maintenues.

Par conséquent, toute source d'alimentation en eau de la retenue est contrainte face à cette condition climatique délicate au sein de la localité.



Photo 8. Début canal d'interconnexion reliant les retenues d'Ambilivily et d'Amboromalandy

Source : Cliché de l'auteur en Octobre 2018



Photo 9. Fin canal d'interconnexion à 16°06'57,9''Sud et 46°46'26,1''Est

Source : Cliché de l'auteur en Octobre 2018

Après l'identification des différentes pressions anthropiques impactant l'état des ouvrages hydro-agricoles, le paragraphe suivant nous amène à parler des difficultés sociales et de l'inadéquation des politiques agricoles au sein de la localité.

IV.2. PROBLEMES DE GOUVERNANCE ET DIFFICULTES SOCIALES

Des problèmes d'adaptation au niveau local apparaissent face à la mise en place d'un nouveau mode de gestion des ouvrages hydro-agricoles. Insister sur le comportement des paysans et leurs réactions diverses est nécessaire pour relever les possibilités d'échec ou de réussite de cette politique agricole ainsi que des aménagements à venir. Certes, cette réforme est amorcée par différentes projets de développement mais l'équilibre actuel reste vulnérable face à la pression démographique au sein de la localité.

IV.2.1. Prédominance des effectifs à charge

La caractérisation des paramètres sociaux de la population locale a permis d'évaluer la taille des ménages enquêtés et l'effectif des enfants à charge par ménage. La hausse des effectifs à charge implique plus de bouches à nourrir et un renforcement de dépendance aux ressources naturelles, des ressources à la fois support de production agricole et source de complémentarité de nourriture ou de revenu non-agricole pour la population locale.

➤ Taille des ménages enquêtés

La taille des ménages représente le nombre de personnes vivant dans le ménage constituant les bouches à nourrir. Pour déterminer la taille des ménages dans notre zone d'étude, nous avons utilisé la classification des familles selon les catégories suivantes : famille réduite [1-5] personnes, famille moyenne et assez nombreuse]5-10] personnes, famille nombreuse et très nombreuse]10-15] personnes¹⁴.

Tableau 9. Taille des ménages enquêtés

Nombre d'individu	Nombre de ménage	Fréquence (%)
[1-5]	29	31,2
]5-10]	44	47,3
]10-15]	20	21,5
TOTAL	93	100

Source : Enquêtes personnelles de l'auteur en 2018

Nous pouvons constater que les ménages des 5 villages enquêtés présentent majoritairement 44% de familles moyennes et assez nombreuses de 5 à 10 personnes, suivi de 29% de familles réduites de 1 à 5 personnes, et 20% de familles nombreuses. A part le chef de famille, la conjointe et les enfants, cette dernière catégorie inclut parmi les individus à charge les gendres, les grands-parents, le neveu/la nièce, le beau-frère/la belle-sœur, etc... vivant sous le même toit.

¹⁴ RANDRIANARISON, 1988.

Le nombre d'enfants à charge dans chaque famille est un indicateur permettant de constater les dépenses courantes d'un ménage par rapport à leur revenu. Les revenus de la population proviennent en majeure partie de la vente de produits agricoles ainsi que de diverses activités liées à la forêt notamment l'exploitation de cette dernière pour les bois d'œuvre, les bois de chauffe, le charbonnage et la procuration des plantes médicinales. En effet, la population est très dépendante de ces ressources naturelles car les revenus issus des productions rizicoles ne suffisent pas pour faire face aux nombreux besoins des dépenses courantes de la famille. Au moment de la récolte, la production est pratiquement vendue à très bas prix, 300 à 400 Ar le « kapoaka¹⁵ » sans souci des bénéficiaires pour rembourser les différentes charges investies durant les travaux agricoles. La sollicitation du marché et les besoins en numéraire sont tels que la production annuelle peut être facilement écoulee en l'espace de quelques semaines à quelques mois. En période de soudure, les agriculteurs sont alors obligés de racheter du riz au prix fort auprès des collecteurs.

Pour la plupart des chefs de ménage, les revenus provenant de la forêt sont destinés à des investissements non productifs tels l'habillement et les cérémonies (mariages, enterrements, us et coutume divers). Par exemple, les dépenses moyennes pour l'habillement atteignent la somme de 120 000 Ar/an, viennent ensuite les dépenses sociales avec une moyenne de 110 000 Ar/an. Il est à noter que la scolarisation arrive au dernier rang. En outre, les ventes progressives des productions assurent la satisfaction des besoins de première nécessité tels que les PPN, l'eau, la santé et les autres frais.

Pour les 05 villages enquêtés, l'effectif des enfants à charge par ménage s'élève à 51,6% pour les ménages avec cinq à dix enfants ; de 46,2% pour ceux ayant un à quatre enfants à charge et 2,2% pour ceux de plus de dix enfants (Cf. Tableau 10).

Tableau 10. Effectif des enfants à charge par ménage

Nombre d'enfant par ménage	Effectif	Fréquence (%)
[0-5[enfants	43	46,2
[5-10[enfants	48	51,6
[10-15[enfants	2	2,2
TOTAL	93	100

Source : enquêtes personnelles de l'auteur en 2018

Nombre d'enfant par ménage	Effectif	Fréquence (%)
[0-5[enfants	43	46,2
[5-10[enfants	48	51,6
[10-15[enfants	2	2,2
TOTAL	93	100

correspondent à l'Kg de riz.

et demi

Ainsi, la hausse des effectifs des enfants à charge accompagné de la pauvreté rurale conduit ces ménages à transgresser les règles de gestion des aires protégées et de protection de l'environnement. D'où l'exploitation de nouvelles terres, par déboisement, l'exploitation des ressources ligneuses et plus de pâturage sur les versants pour pouvoir subvenir aux besoins, surtout les besoins alimentaires.

➤ **Des traditions transformées en innovations, une situation mal assimilée par les AUE**

Comme la majorité de la population n'est pas assez instruite, elle est défiante ou insensible au changement tant économique que socio-culturel. Ces ruraux demeurent résolument traditionnels lorsque leurs techniques ancestrales adaptées au milieu naturel ont fait leurs preuves. De ce fait, les innovations culturelles sont rarement acceptées et appliquées par l'unanimité de ces paysans.

Ainsi, les AUE et la population nécessitent des suivies récurrentes. En effet, le paysan persévère dans l'erreur, sa capacité d'analyse reste trop primaire, c'est-à-dire toujours associée à ses intérêts immédiats. Cependant l'insuffisance des agents vulgarisateurs qualifiés n'améliore guère la situation. De ce fait, les personnels étatiques chargés de la surveillance de l'état des lieux n'arrivent pas souvent à suivre la réalité sur le terrain. Ces paysans requièrent de personnel de suivi-évaluation permanent sur le terrain pour la reconnaissance des réalités au niveau local. En d'autres termes, les responsabilités de l'Etat, les services déconcentrés et décentralisés vis-à-vis de ces infrastructures restent floues. Le rôle des acteurs locaux n'est pas bien défini. Ce qui induit une absence d'entretien pérenne de ces réseaux hydro-agricoles. Par ailleurs, l'organisation dans le cadre des entretiens de ces réseaux hydro-agricoles exige une stricte discipline de la part des exploitants. Sachant qu'avec des maintiens récurrents au temps opportun, ces infrastructures marquent des périodes prospères dans l'agriculture. Les réseaux sont fonctionnels et donnent de meilleurs résultats.

De surcroît, ces ménages sont trop souvent inconscients des investissements engagés annuellement sur ces ouvrages. D'où ils ne les apprécient pas à leur juste valeur. Appuyé en plus par leur méconnaissance des conséquences néfastes de leurs actes, la résolution du problème s'avère plus délicate. La prépondérance des actions anthropiques montre l'inadaptation de la population locale à l'innovation du système d'exploitation agricole et au changement de la politique agricole à Madagascar. Ainsi, la stagnation des productions perdure malgré la réalisation de nombreux investissements dans le passé. Et en dépit de nombreux efforts, la période de soudure s'est néanmoins allongée progressivement.

➤ **Inadéquation des choix politiques agricoles**

En outre, la politique agricole au sein de la localité n'est pas à l'abri des influences politiques. Les intérêts personnels conduisent souvent à des comportements opportunistes des dirigeants politiques plutôt qu'à l'adoption des mesures cohérentes visant à maximiser l'efficacité du secteur dans le long terme. Les exemples ne manquent pas, tels les débarquements à l'improviste des décideurs au niveau de l'Etat central en imposant des aménagements inadéquats aux réalités locales. Ce sont des approches trop centralisées de la part de l'administration centrale. C'est un des facteurs bloquant du développement du secteur agricole. Les processus de mise en œuvre n'ont pas été lancés là où l'intérêt des riziculteurs était le plus grand. En fait, les ménages ruraux restent pauvres malgré les aides dont ils ont bénéficié. Ils se réfugient peu à peu dans une économie d'autosubsistance qui conduit à produire uniquement ce dont on a besoin.

L'incapacité de parties prenantes chargées de l'élaboration et des votes de textes juridiques régissant la remise en état, la gestion et l'entretien des réseaux hydro-agricoles explique en partie la dégradation avancée des sous-bassins-versants attendant aux ouvrages stratégiques de nos jours. En effet, la non considération du volet environnemental dans la loi numéro 90-016¹⁶ était une erreur fondamentale. D'où, la détérioration du milieu naturel amplifie les apports solides au niveau de ces infrastructures. Aucun règlement ne régit la population locale.

Par ailleurs d'autres facteurs expliquent les pratiques dégradantes à l'échelle des sous-bassins-versants. En effet, suite à la fermeture de SOTEMA et FIFABE Marovoay, une augmentation rapide du nombre de chômeurs s'est traduite par une exploitation accrue d'une partie de la forêt d'Ankarafantsika en vue de la production de bois d'énergie et de charbon destiné à la vente. Face à l'impossibilité d'accès aux terres, des parcelles agricoles ont été aménagées dans les savanes arborées, entraînant ainsi des destructions de végétation. De surcroît, avec l'ampleur de l'expansion démographique, le premier réflexe paysan a été l'extension volontaire des terres cultivées par déboisement de la zone forestière afin d'accroître la production. L'extension irrationnelle des rizières menace sérieusement la sécurité des ouvrages stratégiques au sein d'Amboromalandy.

¹⁶ Loi n°90-016 : du 20 juillet 1990, un cadre législatif relative à la gestion, l'entretien et la police des réseaux hydro-agricoles, élaborée suite au désengagement de l'Etat du secteur productif. Les charges de gestion, d'entretien et de la police ont été confiées aux usagers regroupés dans une structure s'opération appelée Association des Usagers de l'Eau.

La difficulté réside mainte fois dans la recherche de financement suffisant pour la maintenance en bon état des ouvrages stratégiques (le barrage et le canal d'interconnexion). La réalité révèle souvent des investissements parachutés dû à une population locale (incluant de simple ménage et les usagers de l'eau) non contrôlée dans ces actions et exploitations excessives du milieu naturel. Le coût de réhabilitation des infrastructures sera de plus en plus cher face au manque de considération des textes juridiques qui régissent ces ouvrages et l'environnement. Bref, la budgétisation de maintenance s'avère limitée pour assurer la pérennité de l'ensemble des ouvrages dans chaque région par exemple.

En outre, le handicap réside aussi dans la faiblesse de l'intégration de la population locale au projet d'aménagement et travaux de réfection. Il y a un manque de concertation entre organisme de développement et ménages riverains engendrant souvent des projets parachutés. En sachant que la responsabilité des projets est limitée dans l'offre de service, on peut en déduire que tout espoir de durabilité des interventions est voué à l'échec et le sera encore à l'avenir. Ces travaux d'aménagements sont coûteux, mais ne donnent pas toujours des résultats espérés. L'intégration totale des paysans dans l'élaboration, la mise en œuvre et la gestion d'un projet rend les futurs aménagements plus efficaces.

Bref, cette deuxième partie nous a permis de mettre en exergue les différents facteurs contraignant la pérennité à long terme des ouvrages stratégiques. Sous la dégradation du milieu naturel, aggravée par les actions anthropiques, les apports en charge solide sont très importants au niveau des sous-bassins-versants. La troisième partie de cette recherche s'intéresse beaucoup plus aux impacts de la défaillance de ces réseaux hydrauliques sur le niveau sociale et économique de la population locale.

TROISIEME PARTIE

**IMPACTS DE LA DEGRADATION AVANCEE DES OUVRAGES
STRATEGIQUES D'AMBOROMALANDY**

Cette partie sera consacrée à l'étude des facteurs de vulnérabilité récurrents des ouvrages stratégiques puis aux influences des contraintes hydrauliques sur le niveau social et économique de la population. La localité assiste à une insuffisance des ressources en eau par rapport à la superficie dominée.

CHAPITRE V. PARAMETRES SOCIAL ET ECONOMIQUE, DES FACTEURS DE VULNERABILITE RECURRENENTS SUR LES INFRASTRUCTURES STRATEGIQUES

Il s'avère logique de considérer les caractéristiques des ménages. Cela a des impacts sur leur manière d'agir, leur mode de vie et la taille de leur exploitation, etc... Cette étape permet de discerner les stratégies adoptées par chaque ethnie par rapport à l'utilisation des ressources naturelles et des moyens à leur disposition.

V.1. CARACTERISTIQUES ET ACTIVITES DES ETHNIES

Les exploitations excessives du milieu naturel font déjà parties des anciennes pratiques des ancêtres, les générations présentes et futures ont du mal à adopter d'autres activités et techniques plus contemporaines (Cf. Tableau 11). Des faits qui s'expliquent en partie par le bas niveau d'instruction des ménages (Cf. Figure 13).

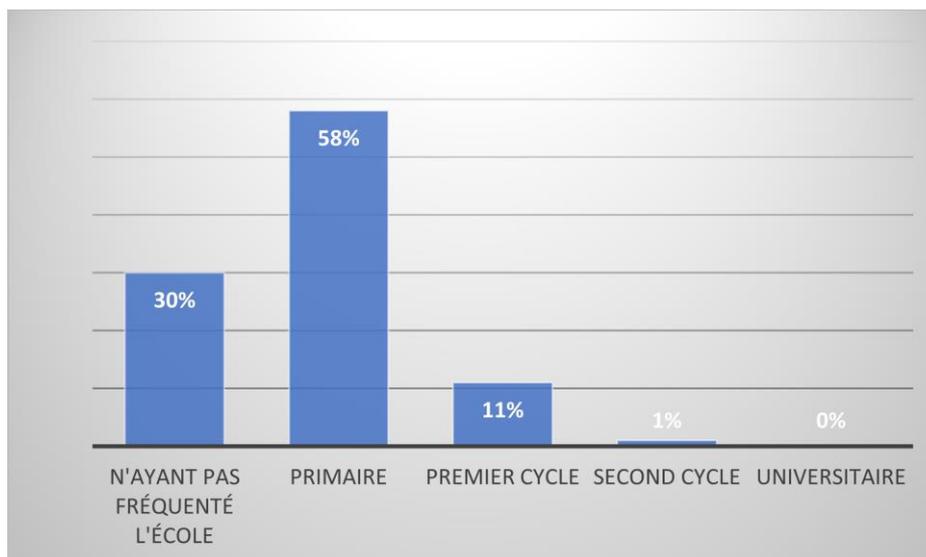


Figure 13. Répartition de la population âgée de 5 ans et plus par niveau d'instruction

Source : enquêtes personnelles de l'auteur en Octobre 2018.

La figure 13 montre que la population est marquée par un niveau d'instruction très faible. Cette faiblesse du niveau d'instruction des ménages révèle de large dépendance et encadrement. 30% de la population d'âge scolaire de 5 ans et plus n'ont pas fréquentés l'école, 58% atteignaient l'école primaire. Seulement 11% parvenaient à fréquenter le premier cycle. A peine 1% des individus progressent jusqu'au second cycle et aucun des ménages enquêtés n'ont entamés des formations supérieures. A long terme, ceci constituerait un handicap en ce sens qu'une amélioration de la productivité agricole requiert toujours un niveau minimum d'éducation. Par

ailleurs, ce niveau de connaissance peu élevé constitue un frein à l'intégration et un blocage dans la mise en place de convention, des collaborations formalisées entre partenaires techniques et les paysans. En outre, les pratiques ancestrales bien ancrées favorisent un certain immobilisme chez les ruraux d'où ce refus résolu de tout innovation et l'impossibilité de se projeter sur le long terme.

Tableau 11. Composition ethnique et évaluation des pratiques paysannes

Ethnies	Activités	Caractéristiques
Antandroy	<ul style="list-style-type: none"> - Culture sur brûlis - Elevage bovin 	<ul style="list-style-type: none"> - Culture itinérante - Polygames - Religieux - Forte cohésion sociale - Eleveurs
Betsimisaraka	<ul style="list-style-type: none"> - Culture sur brûlis - Riziculture irriguée - Elevage 	<ul style="list-style-type: none"> - Conservateurs des us et coutumes, - Sédentaires - Réservés
Merina	<ul style="list-style-type: none"> - Riz irrigué - Artisanat - Pêche - Commerce ambulant 	<ul style="list-style-type: none"> - Coopératifs - Polyvalents - Intéressés
Sakalava	<ul style="list-style-type: none"> - Riziculture - Elevage bovin - Pêche 	<ul style="list-style-type: none"> - Très attachés à la forêt - Conservateurs de tradition - Réticent aux innovations
Sihanaka	<ul style="list-style-type: none"> - Cultures sur brûlis - Riziculture 	<ul style="list-style-type: none"> - Réceptifs aux innovations - Religieux (tradition) - Spirituels
Tsimihety	<ul style="list-style-type: none"> - Culture sur brûlis - Riziculture - Elevage bovin 	<ul style="list-style-type: none"> - Sédentaires - Fermés vis-à-vis des autres ethnies - Chasseurs et cueilleurs

Source : Observatoire des plaines de Marovoay

Le tableau 11 illustre les paramètres sociaux et économiques de la population au sein de la localité. La population de la région est composée d'ethnies et de races disparates. Leur mode de production est fondé sur un système de valeur ancien correspondant à un comportement ancestral ancien. La plupart des pratiques économiques et sociales de ces communautés villageoises favorisent le développement des feux au niveau des couvertures végétales. Cette technique constitue le moyen le plus utilisé pour accéder à des terrains. Cela s'explique par le fait que la plupart de ces individus est composée d'immigrants à la recherche de travail. Par ailleurs, ces exploitants se tournent aussi vers la pratique d'autres activités, notamment dans le commerce, l'hôtellerie et la vente des PPN mais aussi à la pratique des activités liées à la forêt. Notamment, la récolte de l'igname (une plante à tubercule consommée par les paysans) pour couvrir les besoins alimentaires, la coupe de raphia et l'extraction du miel.

Ce sont les pratiques les plus courantes. En outre, il y a aussi la carbonisation. En effet, les bois de chauffages sont les sources d'énergie à la portée des paysans.

La majeure partie des villageois qui vivaient dans les zones périphériques sont des Sakalava et des Tsimihety. Ces zones étaient utilisées depuis plusieurs années pour le pâturage du bétail.

Les villages bordant la réserve d'Ankarafantsika sont occupés par les immigrants Sihanaka et Betsimisaraka. En effet, l'immigration vers ce pôle est en grande partie attirée par les plaines alluviales propice à la riziculture. L'afflux de ces immigrants venus s'installer dans les zones de production, sans terre au départ, a contribué à l'expansion du système de défrichement. Les Antandroy quant à eux, sont des éleveurs originaires du Sud de Madagascar. La savane arborée et les savanes herbeuses du Parc d'Ankarafantsika servent de lieu de pâturage de leurs zébus. Ces derniers sont vendus à chaque marché hebdomadaire, le vendredi. Des importantes transactions s'y effectuent étant donné que le prix d'un zébu « vositra » par exemple varie entre 500 000Ar à 1 000 000Ar. L'élevage occupe une place importante dans les activités rémunératrices de revenus.

En outre, les travaux pour les différentes infrastructures tant dans le domaine de la route que dans celui du système d'irrigation ont incité les immigrants à installer des gîtes devenus leur refuge une fois les projets terminés.

V.1.1. Rythme de dégradation des couvertures végétales entre 2002 et 2017

Les formations végétales jouent le rôle de château d'eau et de réserve d'eau. En effet, ces écosystèmes assurent la régularisation de l'écoulement de l'eau, la préservation de sa qualité et de sa quantité. Cependant, les impacts sont notables face à la diminution des couvertures végétales climaciques (Cf. Figure 14) et en retour contribue à la redynamisation des érosions du sol. La fermeture de l'unité industrielle et commerciale de la FIFABE à Mahajanga en 1986 aurait entraîné des conséquences néfastes sur l'environnement de ces localités.

Des familles au chômage auraient pris l'initiative de venir en brousse pour survivre dans l'objectif d'améliorer leurs conditions économiques et sociales. En outre, les terrains des plateaux constituent des zones d'accueil de migrants tardifs ne pouvant plus devenir propriétaires de rizières ou s'inscrire comme métayers des propriétaires. De ce fait, la forêt offre un refuge idéal pour les activités comme la culture itinérante ou le charbonnage, ne nécessitant pas un investissement important en matériel à part la force de travail familial.

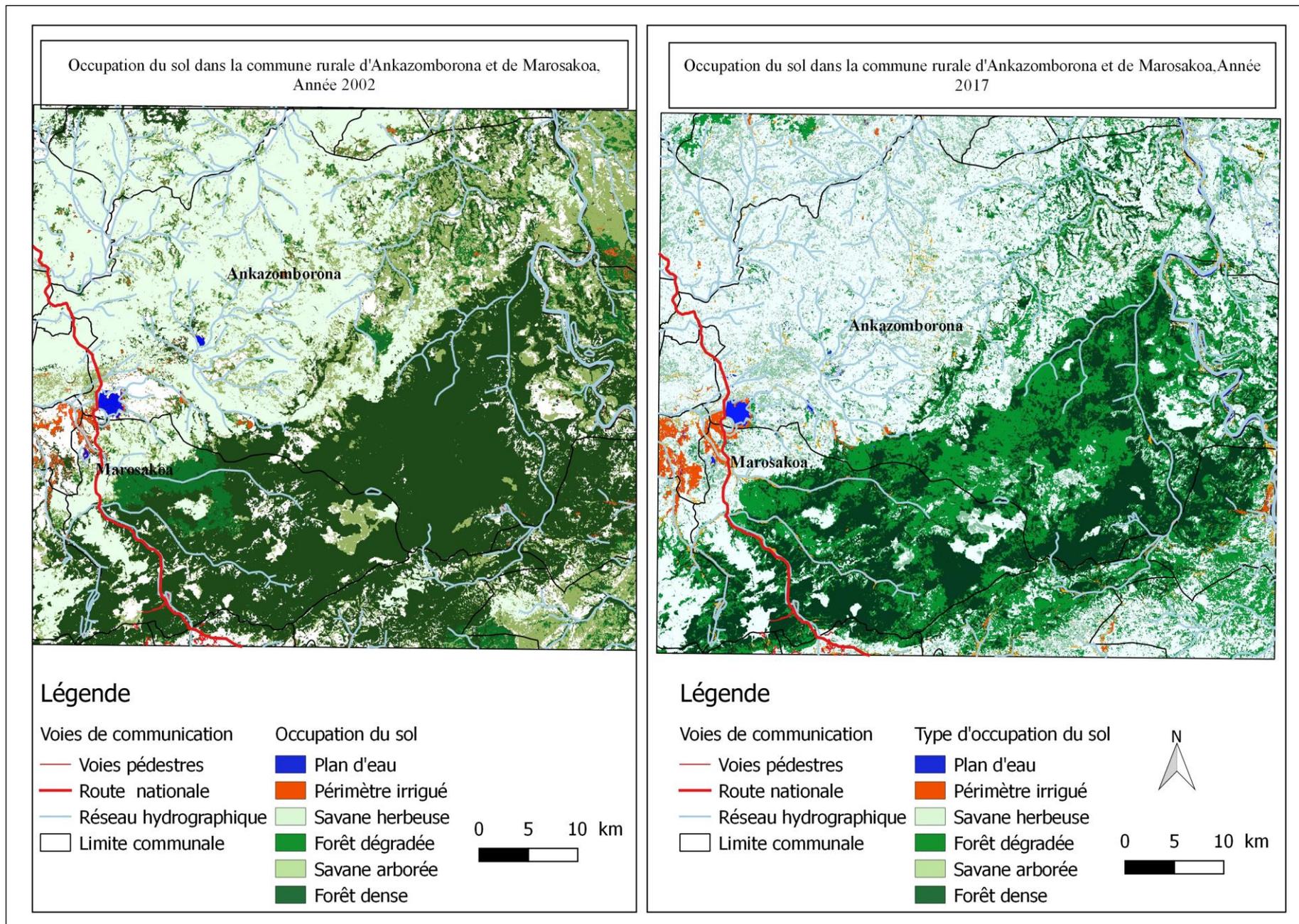


Figure 14. Evolution surfacique de la localité d'Ankazomborona et de Marosakoa (2002 à 2017)

La figure 14 représente la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols dans la zone de recherche au cours d'une quinzaine d'années (2002-2017). Le sens de l'observation et la notion de photo-interprétation a aidé dans cette analyse diachronique. L'analyse de ces images satellites a permis de mettre en exergue l'évolution surfacique dans ces localités. Par rapport à la superficie du parc d'Ankarafantsika inclus dans la zone de recherche, la forêt dense sèche a connu une forte régression en l'espace de 15 ans. En effet, le taux annuel de défrichement s'élève à 1,89%¹⁷. De 654,6 km² à 214,6 km² soit une réduction de 440 km² (occupant 10% du territoire) en laissant place à la forêt dégradée de l'ordre de 536,6 km² soit une augmentation de 405,9 km² et s'étend sur 25% de la zone. L'exploitation forestière pour l'extraction du bois d'œuvre a une grande part de responsabilité dans la dégradation de la forêt. Pour la première, elle appauvrit la forêt par écrémage, c'est-à-dire en ne prélevant que quelques essences recherchées sur le marché. Quant aux bois de chauffe, de carbonisation et de service ; ils constituent pour une grande part aussi dans la dégradation de la forêt. Il semble même que quelques exploitations illicites soient à l'origine de feux de brousse car le feu de carbonisation n'a pas été maîtrisé. Cette consommation représente un énorme prélèvement sur les ressources forestières. Certes, ce besoin augmente régulièrement et provoque une augmentation rapide du taux annuel de déboisement et de dégradation du couvert végétal. Or ces derniers constituent des réserves en eau alimentant de vastes plaines rizicoles au sein du secteur 3 A et B, mais aussi le long du canal d'amenée.

Par la suite, les savanes herbeuses connaissent une évolution positive. Cette dernière est passée de 873,7 km² à 1 201 km² avec une proportion de 40% à 55%. L'extension de la savane herbeuse trouve son explication dans la pratique des feux de brousses par la population locale ainsi que le déboisement sans précédent pour se procurer du bois. L'existence des savanes incite les villageois à faire des incendies pour le renouvellement des pâturages. Cependant la présence du feu fait accroître le tonnage des pertes en terre.

V.1.2. Influence des mauvaises caractéristiques des usagers

Tout d'abord, un entretien des mêmes espaces déjà aménagés s'observe, un projet intervient et le nouveau à venir sera encore chargé de la maintenance de la même zone. La situation persiste face à la dégradation avancée des mises en œuvre déjà effectuées. Ce qui révèle une obligation de refaire le parcours, dû en partie à la négligence de la population locale et à une habitude d'être assistée plus la réclamation sans précédente d'aide à l'Etat.

¹⁷ Source : ONE, Programme environnementale

A titre d'exemple, les suivis évaluation des luttés antiérosives par des consultants ont révélé la non-implication de la population aux travaux d'aménagement. En fait, ce sont plutôt des incitations monétaires qui justifient leur présence et leur participation.

De surcroît, ces usagers de l'eau n'assurent pas l'entretien des ouvrages hydro-agricoles à leur charge. Or, des structures de trois niveaux comme structure organisationnelle ont été mises en place en assurant et en partageant la responsabilité dans la gestion, l'entretien et la police des réseaux. Comme structure de base, il y a les FMT (Fikambanan'ny Mpampiasa Tambajotra ou association des utilisateurs du réseau) qui regroupe les exploitants des parcelles, ce sont les structures de base. Puis, l'union de ces FMT, dénommée FFMT (Fivondronan'ny Fikambanan'ny Mpampiasa Tambajotra), pour prendre en charge leurs infrastructures communes. En d'autres termes, ces derniers ont sous leur responsabilité un ou plusieurs réseaux hydro-agricoles communs à plusieurs AUE de base. Et la fédération, dénommée Federasionina Boina Miray ou FBM est chargée de superviser et de coordonner les activités des FFMT et les FMT sous sa tutelle (Cf. Figure 15).

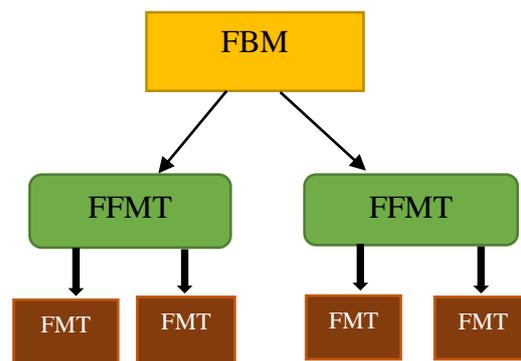


Figure 15. Mode de gestion des ouvrages hydro-agricoles par les AUE du secteur 3.

Source : enquêtes personnelles de l'auteur en Octobre 2018

Les études réalisées dans le cadre des travaux sur terrain ont permis de dégager les typologies des AUE suivantes (Cf. Figure 16) :

Type 1 : structure récemment mise en place n'ayant aucune expérience de gestion d'une association à but non lucratif ;

Type 2 : structure ayant une certaine ancienneté, mais qui rencontre des difficultés dans son fonctionnement et sur la mise en œuvre de ses activités, dont les services rendus ne satisfont pas encore les membres ;

Type 3 : structure fonctionnelle ayant certaine expérience en matière de fourniture de services à ses membres dans le domaine de l'irrigation mais qui n'est pas encore autonome ;

Type 4 : Structure autonome (FMT/FFMT) maîtrisant ses fonctions et la vie associative.

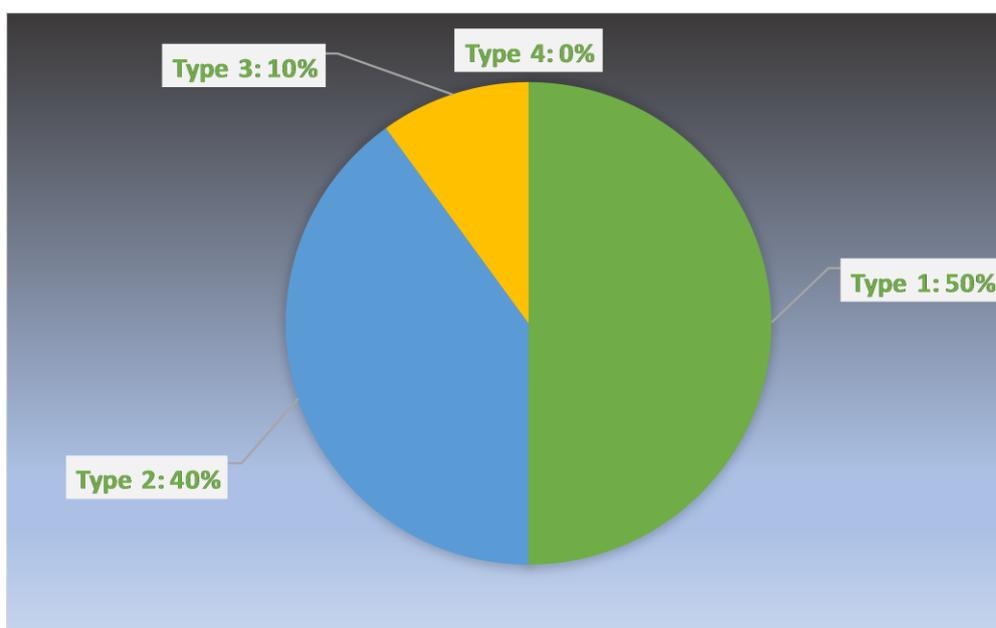


Figure 16. Typologies des AUE dans le secteur 3.

Source : enquêtes de l'auteur en Octobre 2018

On constate ainsi que 90 % des AUE du secteur 3 sont de type 1 ou de type 2, qui sont des structures peu fonctionnelles qui n'arrivent pas à assurer les services satisfaisants en matière de gestion et entretien de réseau hydro-agricole. Seule une AUE est de type 3, fonctionnelle mais pas encore autonome et aucune n'est de type 4. Certes, l'incompréhension des techniques de gestion de l'irrigation par le paysan le conduit à l'indiscipline, génératrice des inconvénients. Bref, ces structures restent des partenaires à considérer dans les opérations d'aménagement et de protection des sous-bassins-versants vu leurs intérêts dans l'atténuation de l'érosion, à l'origine de la dégradation des infrastructures hydro-agricoles. Cependant, le faible niveau de fonctionnalité des AUE rendent très difficiles, les opérations d'entretien.

La conséquence immédiate de ces situations se fait sentir sur la production en général (Cf. Figure 17). La population locale s'appauvrit connaissant un certain malaise économique. En surcroît le développement local demeure paralysé malgré les nombreuses potentialités agricoles que recèlent la localité.

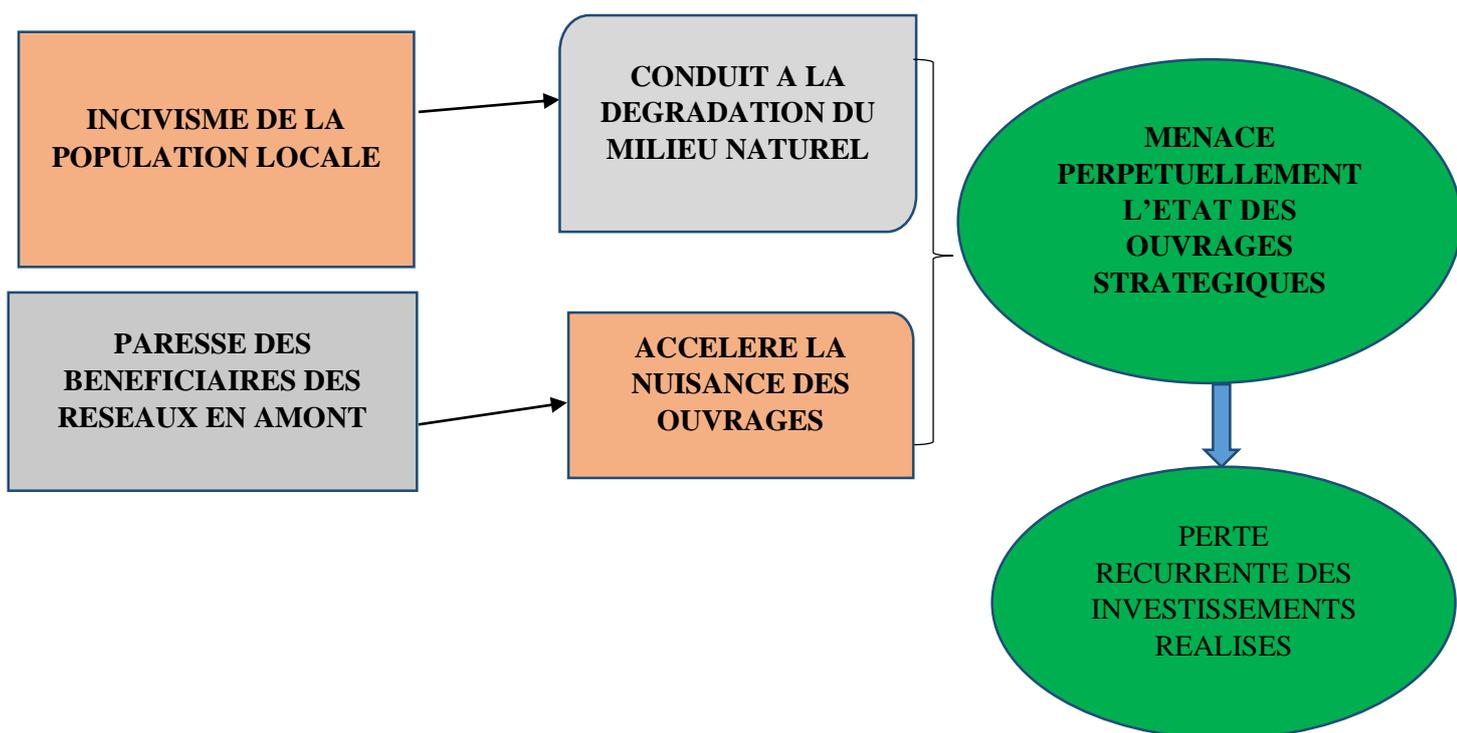


Figure 17. Les résultats contraignants face aux mauvaises caractéristiques de la population locale

Source : enquêtes de l'auteur en Octobre 2018

Par ailleurs, la conjonction des facteurs naturels et des actions externes faites par l'homme, traduit une instabilité des conditions climatiques. Ces localités connaissent soit des raréfactions pluviométriques soit des crues non maîtrisées de la rivière Karambo en saison humide. Les réseaux d'irrigation sont envahis progressivement par d'énormes quantités de charge solide rendant ces derniers non opérationnels (Cf. Photo 10). Cette situation s'explique en partie par la dégradation du sous-bassin-versant de la Karambo en amont.

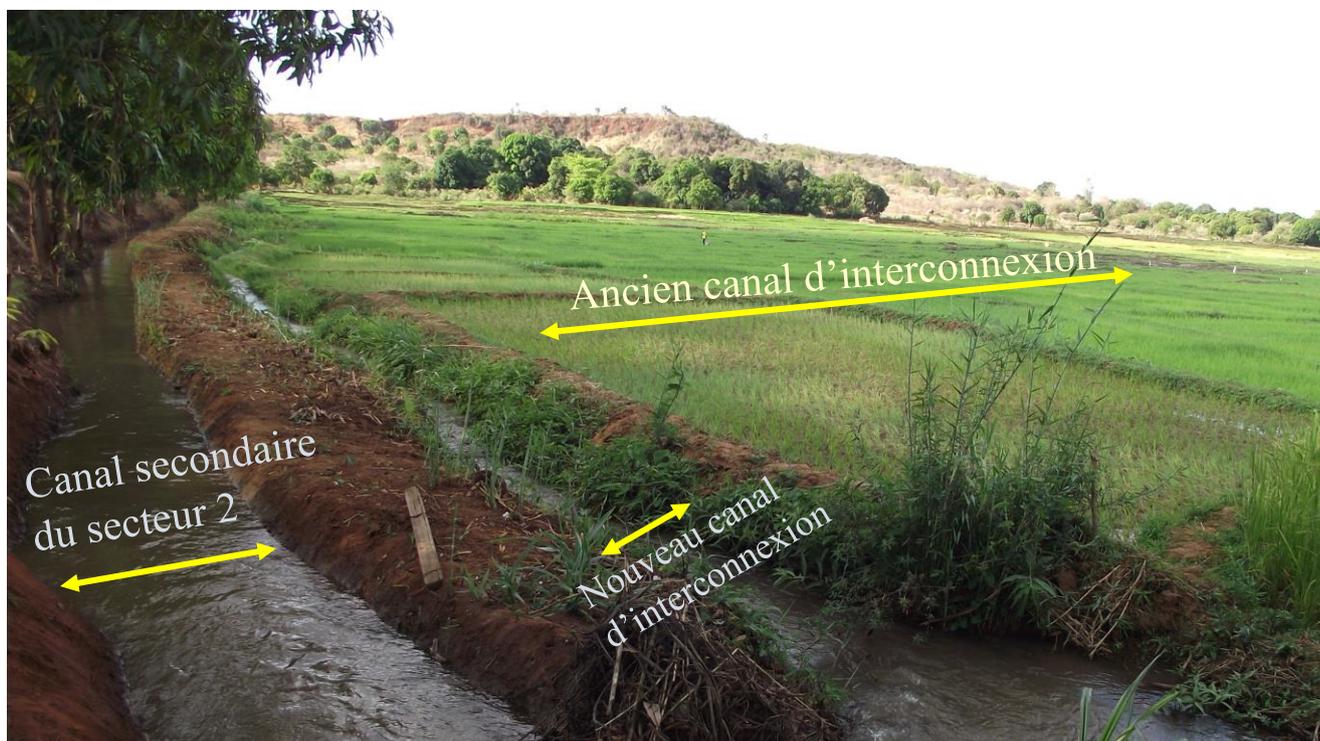


Photo 10. Situation actuelle du canal d'interconnexion d'Amboromalandy

Source : cliché de l'auteur en Octobre 2018

La photo 10 illustre l'état actuel du canal d'amenée d'Amboromalandy situé au bord de la Route Nationale 4 (RN4) passant par la commune rurale de Marosakoa. Au premier plan s'observe un canal secondaire du secteur 2 chargé d'alimenter en eau une partie des périmètres irrigués au sein de ce secteur. Au second plan s'étend le nouveau canal d'interconnexion assurant l'approvisionnement en eau du barrage hydro-agricole d'Amboromalandy. Ce canal en terre a été récemment réhabilité par la population locale en 2017. Les curages et l'entretien de ce canal a été réalisé à travers des entraides mutuelles d'urgence pour garantir la réussite d'une partie des spéculations en période d'étiage. Certes, l'étroitesse de ce nouveau canal d'interconnexion influe sur le volume d'eau utile de la retenue d'eau. Elle explique en partie la réduction des ressources en eau au niveau du barrage. Bref les écoulements saisonniers sur les sous-bassins-versants latéraux sont insuffisants pour assurer une quelconque reconstitution de la ressource en eau pour combler la retenue d'eau. Ce qui explique aussi en partie la diminution de la production rizicole au sein du secteur 3. En outre, en arrière-plan l'ancien canal d'interconnexion a été progressivement transformé en parcelles de culture. L'apport récurrent en sable, l'envahissement du canal d'amenée par la végétation et différente charge solide ne permettait plus l'effectivité de l'approvisionnement en eau par ce réseau. En effet, le curage et l'entretien n'ont pas été effectués régulièrement par les usagers de l'eau, depuis le départ de la FIFABE. Certes, ces comportements répréhensibles de la population locale sur le milieu naturel et la non-effectivité des parts de responsabilités sur les ouvrages hydro-agricoles détruisent ces derniers. Les conséquences de la défaillance de ces réseaux seront développées dans le chapitre suivant.

CHAPITRE VI. INFLUENCE DES DEFAILLANCES HYDRAULIQUES SUR LE NIVEAU SOCIAL ET ECONOMIQUE

Les aménagements irréflechis des populations locales sur le milieu naturel peuvent perturber les calendriers rizicoles, modifiant le déroulement de l'ensemble des campagnes agricoles. C'est le cas au niveau du secteur 3. Les parcelles alimentées en eau par les ouvrages stratégiques d'Amboromalandy connaissent des retards et une insuffisance de l'approvisionnement en eau.

VI.1. DES DEBITS VARIABLES DU CANAL D'AMENEE ET UNE REPARTITION INEGALE DE L'EAU

L'instabilité des conditions climatiques au sein de ces localités montre clairement que la riziculture se révèle théoriquement impossible sans irrigation. Certes, une diminution des apports en eau par rapport à la normale s'observe (Cf. Tableau 12).

Tableau 12. Répartition mensuelle des apports en l/s du sous-bassin-versant de la Karambo au droit du barrage

Mois	Année sèche				Médiane	Année humide			
	T=50ans	T=25ans	T=10ans	T=5ans		T=2ans	T=5ans	T=10ans	T=25ans
Jan	216,6	241,1	281,4	321,4	403,5	493,0	542,6	597,8	634,1
Fév	220,3	245,1	286,1	326,8	410,3	501,2	551,7	607,8	644,7
Mars	248,1	276,1	322,3	368,1	462,1	564,6	621,5	684,6	726,2
Avril	106,5	118,5	138,3	158,0	198,4	242,4	266,8	293,9	311,7
Mai	58,1	64,6	75,5	86,2	108,2	132,2	145,5	160,3	170,0
Juin	44,8	49,8	58,2	66,4	83,4	101,9	112,2	123,6	131,1
Juil	37,5	41,7	48,7	55,7	69,9	85,4	94,0	103,5	109,8
Août	33,9	37,7	44,0	50,3	63,1	77,1	84,9	93,5	99,2
Sept	26,6	29,6	34,6	39,5	49,6	60,6	66,7	73,5	77,9
Oct	24,2	26,9	31,4	35,9	45,1	55,1	60,6	66,8	70,8
Nov	53,2	59,3	69,2	79,0	99,2	121,2	133,4	146,9	155,9
Déc	140,4	156,2	182,4	208,3	261,5	319,5	351,7	387,4	410,9

Source : Service du Génie Rural, Région Boeny

T : période de retour (en années)

Le tableau 12 montre les apports en année quinquennale sèche du sous-bassin-versant de la Karambo alimentant le barrage d'Amboromalandy, les superficies mises en culture (surface totale irrigable) et les besoins en eau correspondant.

D'après la répartition mensuelle des apports obtenus, on constate que les apports sont minimaux au mois d'Octobre de l'année atteignant par moment 24,2 l/s. En ce mois, l'étiage absolu est atteint. Ceux qui expliquent aussi que le débit du canal atteint sa valeur minimale de l'année. Par ailleurs, le débit fourni actuellement par le canal d'aménée ne permet pas de satisfaire les besoins de la plante dans une période donnée pour la surface unitaire. Concrètement, ils varient

entre 0,37 à 0,04 m³/s selon les apports en année quinquennale sèche du sous-bassin-versant, sur une période de retour égale à cinq ans (T= 5 ans). Soit un débit moyen égal à 0,15 m³/s. Les apports restaient quasiment statiques toute l'année du fait de la raréfaction pluviométrique dans la localité. L'alimentation rationnelle de la retenue d'eau demande un débit de 0,95 m³/s pour un apport en eau annuel égal à 29 959 200 m³ ¹⁸. Certes, l'instabilité des conditions climatiques ne favorise pas particulièrement la culture du riz. Les débits du canal sont insuffisants pour assurer l'ensemble des opérations culturales (Cf. Tableau 13).

Le tableau 13 montre les besoins en eau par spéculation des superficies exploitables suivant un calendrier normal. En d'autres termes, les saisons agricoles se déroulent rationnellement lorsque les périmètres irrigués bénéficient de l'eau par le biais de l'ouverture du barrage hydro-agricole en temps opportun. L'approvisionnement en eau par ce dernier est officialisé lorsque l'eau stocké est suffisante pour l'ensemble de la première saison rizicole. Les parcelles mises en valeur pour la saison Atriatry s'étendent sur 1042,59 ha nécessitant une irrigation de 3 524 041,03 m³ depuis la phase du semis jusqu'à la récolte. Les superficies mises en valeur pour la spéculation Jeby totalisent 975,8 ha avec une alimentation en eau de 5 180 051,6 m³. Enfin, les terres exploitables pour la saison Dimby alotra occupent 1 640,3 ha dont les besoins en eau montent jusqu'à 3 524 041,03 m³. L'ensemble des trois spéculations totalise 12 182 360,65 m³ de ressource en eau. Or, avec un débit moyen du canal d'interconnexion égal à 0,15 m³/s, l'eau stocké en 365 jours est de 4 730 400 m³. Cette valeur ne prend en considération les apports en eau des sous-bassins-versants à proximité de la retenue d'eau ainsi que les pertes en eau par évapotranspiration.

Ainsi, face à la diminution des ressources mobilisables à partir du barrage, les périmètres irrigués exploitables ont largement diminué. La retenue d'eau apporte un appoint non négligeable pour la réussite de la campagne. L'approvisionnement en eau des périmètres irrigués est totalement gravitaire en saison sèche.

¹⁸ Selon le responsable du Génie Rural Région Boeny

Tableau 13. Besoins en eau par spéculation des superficies exploitables

Spéculation	Atriatry											
Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Besoin brut (m ³ /ha)	3 781	3 259	2 967	3 632	3 705	3 060	-	-	-	-	-	-
Superficie exploitable(ha)	227,69	251,26	332,31	112,76	62,30	56,27	-	-	-	-	-	-
Total des besoins en eau (m ³)	860895,89	818856,34	985963,77	409544,32	230821,5	172186,2	-	-	-	-	-	-
Spéculation	Jeby											
Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Besoin brut (m ³ /ha)	-	-	-	-	-	5 004	5 323	6 279	5 700	5 287	4 472	-
Superficie exploitable(ha)	-	-	-	-	-	334,41	228,00	121,45	117,96	98,19	75,79	-
Total des besoins en eau (m ³)	-	-	-	-	-	1673387,64	1213644	762584,55	672372	519130,53	338932,88	-
Spéculation	Dimby Alotra											
Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Besoin brut (m ³ /ha)	2 806	1 684	1 483	-	-	-	-	-	-	6 610	6 097	3 913
Superficie exploitable(ha)	300,77	482,21	664,61	-	-	-	-	-	-	14,55	33,59	142,57
Total des besoins en eau (m ³)	860796,62	818777,64	985616,63	-	-	-	-	-	-	96175,5	204798,23	557876,41

Source : Service du Génie Rural, Région Boeny

VI.1.1. Des plantations rizicoles vulnérable à la pénurie d'eau

Les litiges entre les responsables du Génie Rural, chargés du maintien des réseaux hydrauliques stratégiques et les AUE deviennent de plus en plus fréquents face à la pénurie d'eau et à la mauvaise distribution de l'eau (Cf. Figure 18). En surcroît l'approvisionnement en eau entraîne souvent des conflits entre les bénéficiaires.

La consultation des usagers de l'eau dans le secteur 3 A a révélé que plusieurs hectares de rizières ne peuvent plus être utilisés. Le phénomène s'aggrave et devient catastrophique pour l'avenir si ce déficit annuel de paddy continue à s'accroître. Actuellement, le prix du riz a atteint 600Ar le « kapoaka ¹⁹» qui est équivalent à environ 2100Ar/Kg. La défaillance des infrastructures hydro-agricoles se faisaient nettement sentir par les consommateurs locaux ainsi que par les AUE. La diminution de ces productions rizicoles explique la baisse des revenus monétaires ainsi que le pouvoir d'achat des paysans entraînant la recherche d'activité extra-agricole pour compenser ce manque à gagner. Actuellement, la période de soudure s'étale sur 7 mois.

Face à la mauvaise fonctionnalité de ces infrastructures hydro-agricoles, certaines parcelles ne sont plus irriguées et ne peuvent plus être exploitées que pour la riziculture pluviale. En outre de la diminution de la taille des exploitations et du morcellement des parcelles au gré des héritages, plus de 30% des rizières en secteur 3 (le plus vaste secteur de tous les secteurs de Marovoay) soit 703 ha de périmètres irrigués sur 2 343 ha ne peuvent plus assurer la production des paddy depuis l'année 2013. L'ensablement et l'envasement des ouvrages stratégiques font diminuer les rendements annuels du secteur 3. En bonne saison, la moyenne de la production annuelle est de 1,5 à 3,5 t/ha. Tandis que les rendements moyens indicatifs présentés par les bénéficiaires actuellement varient entre 0,3 à 0,7 t/ha²⁰(Cf. Tableau 14) malgré les investissements réalisés dans les infrastructures et accompagnement avec des ressources financières conséquentes pour améliorer la productivité rizicole.

¹⁹ Kapoaka : ancienne boîte de lait concentré devenue une unité de mesure très courante. 3 kapoaka et demi correspond à 1kg de riz.

²⁰ Source : enquêtes auprès des usagers de l'eau

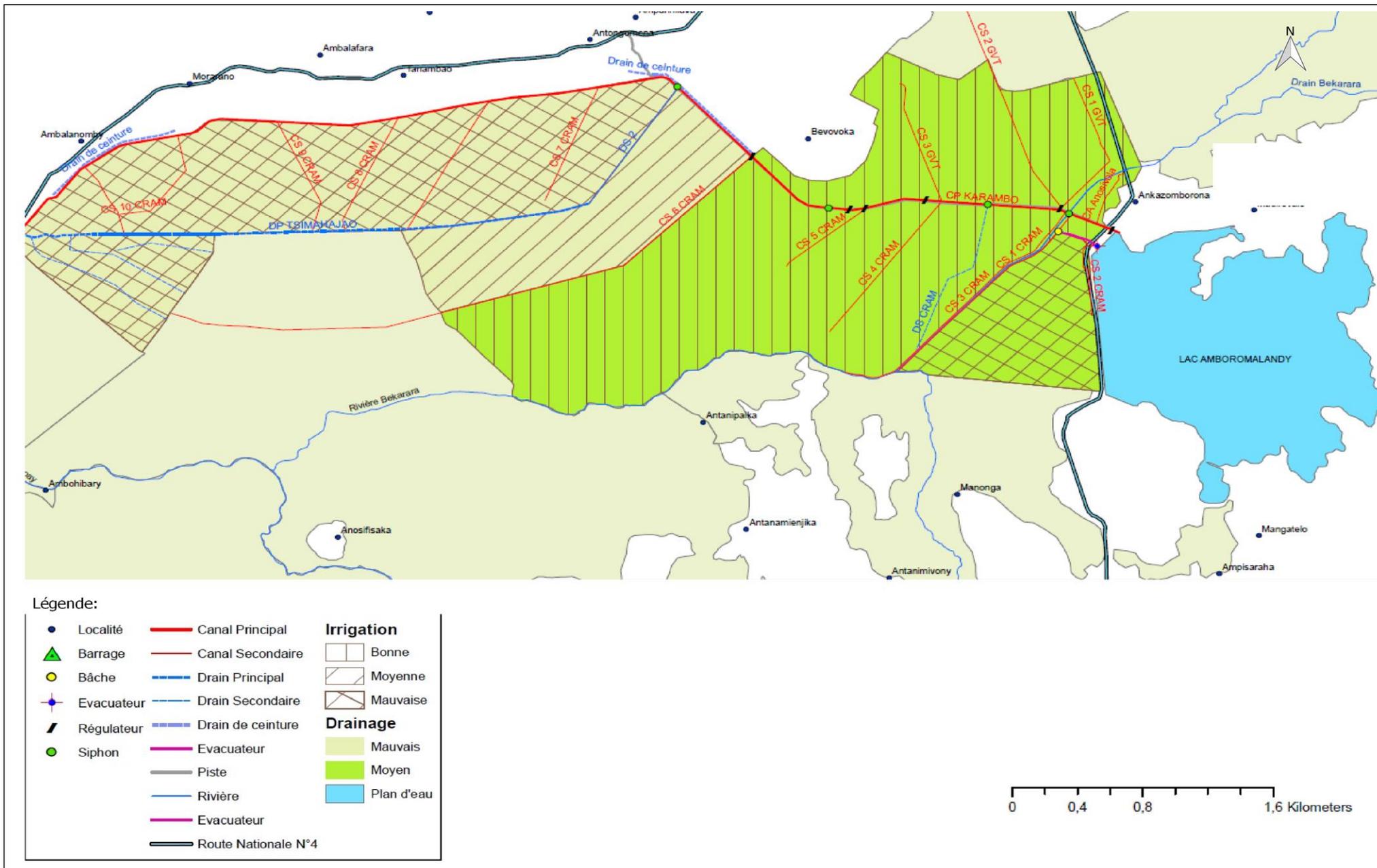


Figure 18. Situation de la répartition en eau dans le secteur 3

Tableau 14. Diminution des productivités rizicoles

Personnes ressources	Productivité optimale (en t/ha)	Productivités moyennes l'année 2018 (en t/ha)
FMT Bevovoka	1,5	0,5
FMT Ankazomborona	3	0,5
FMT Amparihilava	2 à 3	0,4
FMT Antanimora	2	0,3
FMT Morarano	3 à 3,5	0,5 à 0,7
FMT Maromehy	1,5 à 2,5	0,5
FMT Kelimahitsy	2 à 2,5	0,4 à 0,5
FMT Karambo Basse	3	0,7

Source : enquêtes personnelles de l'auteur en Octobre 2018

Par ailleurs, nous avons pour notre part évalué les besoins moyennes journaliers en riz des 93 ménages enquêtés qui seraient de 0,3 kg/individu/jour en période de soudure et de 0,7 Kg/individu/jour au moment de la récolte et en période normale. Soit une consommation annuelle de riz blanc de 193 Kg/individu/an. L'écart entre la quantité de production et consommation ne font que s'aggraver. Les productions rizicoles n'arrivent plus à couvrir les besoins en consommation annuelle de la famille (Cf. Figure 15).

Tableau 15. Consommation de riz blanc annuelle par taille des ménages

Nombre d'individu	Nombre de ménage	Consommation moyenne de riz blanc annuelle (en t/ménage)
[1-5] personnes	29	0,96
]5-10] personnes	44	1,93
]10-15] personnes	20	2,89
TOTAL	93	

Source : enquêtes personnelles de l'auteur en Octobre 2018

Ces valeurs de consommation de riz blanc annuelle reflètent l'incapacité des ménages à s'autosuffire en besoin alimentaire de base, du fait que les rendements plafonnent entre 0,3 à 0,7 t/ha actuellement. Or, les consommations moyennes de riz blanc annuelle varient entre 0,96 à 2,89 t/ménage. De ce fait, ces individus n'arrivent plus à dégager un excédent vendable. Ainsi, ces ménages sont obligés de chercher d'autres sources de revenus pour pallier à ce déficit alimentaire.

VI.2. DES CHOIX POLITIQUES INADEQUATS AUX REALITES

En référence avec l'histoire, à la politique de suspension de la subvention suit celle de la libéralisation des prix, qui sont dorénavant dictés par la loi de l'offre et de la demande. En 1982, la libéralisation du commerce du riz mettra à mal l'ensemble de l'organisation prévue pour faire fonctionner la FIFABE. Cette dernière s'est trouvée privée de sa principale source de revenu. En fait, cette situation a provoqué la fermeture de la branche industrielle de cette société. Entraînant des difficultés au niveau du financement des travaux d'entretien du réseau qui étaient partiellement financés par les bénéfices liés à la vente du riz. L'entretien des infrastructures en subiront un sérieux coup. Ce sera aussi le cas de l'ensemble des prestations fournies par la FIFABE pour les agriculteurs, telles que l'appui technique de riziculteurs, la formation, la vulgarisation des semences, etc... Certes, l'ensemble des investissements industriels ont été considérés comme un des piliers de l'économie au sein de la localité. Les programmes de développement qui ont pris le relais après la dissolution de la FIFABE n'ont pas pu fonctionner normalement en raison de choix d'investissements inappropriés et d'une stratégie de gestion peu performante. Le milieu rural s'est trouvé dans une stagnation économique en raison des choix politiques stratégiques inadéquats.

Le désengagement, quelque peu forcé de l'Etat en 1983 suite à une mauvaise conjoncture économique, sera relayé et suppléé par la solidarité internationale. A ce retrait de l'Etat de la gestion directe des réseaux hydro-agricoles suit celle de la diminution des subventions auprès des secteurs économiques stratégiques qui frappe de plein fouet le milieu rural. L'état ne pouvant plus assurer le financement des travaux d'entretien, les paysans s'enfoncent dans la spirale de la pauvreté. Ces ruraux se réfugient peu à peu dans une économie d'autosubsistance qui conduit à produire uniquement ce dont on a besoin. Cette situation empêche toute projection de la part des agriculteurs sur le moyen et le long terme.

En outre, la connaissance des règles, des droits et des obligations de chaque partie prenante dans le cadre de gestion et d'entretien des réseaux hydro-agricoles reste floue. Ceci entraîne entre autres une démotivation rapide des ménages liée aux incompréhensions sur le partage des responsabilités entre l'Etat, les administrations régionales et les usagers. Par conséquent, la sécurisation des ouvrages mécaniques n'est plus assurée.

VI.2.1. La non maîtrise de l'eau compromet la stabilité de l'ouvrage

La maîtrise de l'eau demeure un problème majeur. Les capacités d'analyse trop primaire de la population locale sur les principaux facteurs à l'origine de la stagnation des rendements

agricoles restent floues. Peu de ménage reconnaît les conséquences de ses actes. Engendrant ainsi un déficit chronique d'eau dans certains espaces géographiques.

Ces irrégularités pluviométriques influencent directement le calendrier cultural. Plus le calendrier est décalé plus l'étendue des superficies exploitables diminue. Bref l'ampleur des dégâts à l'origine des perturbations climatiques sont palpables. L'incompréhension qu'ici, l'irrigation représente une intensification de la production et assure la sécurité alimentaire. Résultat, il y a extension de la riziculture illicite dans le périmètre de la retenue d'eau en période d'étiage (Cf. Photo 11). En effet, un « dina régional » a été ratifié par la Région Boeny, applicable sur tout le territoire de la région. Ce « dina » présente différents articles concernant la préservation des réseaux hydrauliques par rapport à différents thèmes tels que l'interdiction de la déforestation, le feu de brousse sur les sous-bassins-versants et inclut l'interdiction de toutes activités agricoles dans les retenues d'eau. Ces dispositions permettent d'envisager la réduction des pressions qui s'exercent sur ces infrastructures stratégiques. Ce concept vise à maintenir en bon état ces ouvrages hydro-agricoles pour garantir des productions rizicoles plus sûres et durables. Les individus qui ne respectent pas ces règlements sont passibles de sanction. Certes, les agents du ministère chargés de l'agriculture ne peuvent plus entrer en fonction actuellement. Ces derniers n'arrivent plus à pénaliser les auteurs de ces infractions suite à la prépondérance du lynchage au sein de la localité.

Comme le riz reste la base fondamentale de l'alimentation malgache. Ces ménages cherchent à tout prix les moyens de satisfaire leur besoin.



Photo 11. Des parcelles illicites dans le périmètre du barrage

Les impacts sociaux et économiques des défaillances hydrauliques pèsent lourds au niveau de la population locale. Les principaux effets constatés par la population sont apparemment la perturbation du calendrier culturel dû à l'insuffisance des ressources en eau pour alimenter les réseaux d'irrigation. Certes, la riziculture domine les autres activités agricoles au cours de l'année. Ainsi, le rythme et l'organisation des travaux agricoles suivent le cycle de la culture du riz. Le retard dans l'approvisionnement en eau des périmètres irrigués, les dates trop tardives ont des répercussions sur la récolte. Cette situation désoriente les cultivateurs dans leurs pratiques. La qualité du produit moissonné peut être gravement affecté, avec pour conséquence la brisure des grains de paddy ou la formation des grains jaunes non commercialisables.

➤ **Des projets parachutés**

Des détériorations rapides et défaillances des différents aménagements antiérosifs mis en place ont été observées. Des luttés antiérosives de forme mécanique comme les barrages en fascines²¹ (Cf. Photo 12) ont été installés pour une meilleure défense et restauration des sols contre l'érosion. Ces procédés visent à la limitation immédiate de l'érosion et sont destinés à empêcher la sortie des alluvions.



Photo 12. Réduction des charges solides par un barrage en fascine

Source : cliché de l'auteur en Octobre 2018

²¹ Fascine : fagot de branchage construite à partir de bois bien serré et lié par des sacs remplis de terres ou renforcé par la plantation des graminées pérennes.

La photo 12 montre une fascine en position transversale pour la stabilisation des lavaka actifs au sein des sous-bassins-versants, situé à 16°08'13'' Sud et 46°55'34'' Est à 21 m d'altitude. L'objectif principal consiste aussi à réduire les transports solides vers l'aval qui causent des dégâts spectaculaires au niveau de la retenue d'eau. Ces dispositifs ralentissent la vitesse des eaux de ruissellement et les forces à déposer leur charge. Ce micro-barrage empêche la sortie des alluvions dégagés par les lavaka.

Certes, le but était de réduire le phénomène d'ensablement, or des murettes de sacs de sables ont été installées par les individus chargés de la mise en place de ces fascines au lieu d'un revêtement des sacs en terre. Le risque de défaillance future est flagrant. Au moment de l'achèvement du programme, c'est la population locale qui prendra en charge la totalité des opérations d'entretien.

L'inefficacité de ces processus de protection du milieu naturel reflète déjà l'incapacité de développement autonome des paysans dans le cadre de maintenance et de gestion durable d'une partie des ouvrages hydro-agricoles une fois la durée du projet en œuvre écoulee. La mentalité des usagers ayant l'habitude d'assistance technique durant les entretiens et la conservation chez les locaux de la vision d'un Etat providence au moindre problème freine l'aboutissement à cette autonomie. Or, Le fonctionnement durable des ouvrages stratégiques dépend largement du comportement des paysans.

Les handicaps des projets territoriaux, l'erreur que d'innombrables programmes de développement continuent de commettre est le manque d'intégration de la population locale dès la phase initiale du projet face à une habitude de travail dans un cadre opérationnel prédéfini associant les bailleurs de fond. Cependant, la participation des populations locales conditionne la performance de la gouvernance à confiance mutuelle. Cette étape constituerait la ligne directrice des projets mis en œuvre en faveur de la réduction des facteurs de vulnérabilité des infrastructures. A l'inverse, la non implication des structures communautaires dès la phase de planification stratégique des aménagements inhibe la pertinence du projet. L'insertion de ces paysans après les hypothèses techniques d'aménagement fausse déjà les visions prospectives envisagées dans les avant-projets. De ce fait, les procédures de remise en état des infrastructures ou de protection des ressources requièrent l'instauration de dialogue approfondie avec la population locale dès le départ. C'est la base la plus concrète pour que les futurs attributaires comprennent la logique de fonctionnement des futurs aménagements. Apparemment, les techniques d'accompagnement et les appuis-conseils pédagogiques sont souvent peu adaptés aux attentes des publics cibles. Les opérations de grande envergure à elles seules ne suffisent pas à dynamiser l'économie au niveau local. Le développement local

demeure paralysé. De ce fait, la qualité de l'approche participative est une condition clé pour assurer des résultats durables et des impacts positifs, sur le long terme.

➤ **Des sites de reboisements progressivement détruites**

Victime du passage fréquent des feux de pâturage, les sous-bassins-versants à proximité de la retenue d'eau bénéficiaient déjà des reboisements communautaires effectués par approche participative incluant les agriculteurs et de simples villageois (Cf. Figure 19).

La mise en œuvre du projet BVPI au sein du district de Marovoay inclut la localité d'Ankazomborona. Cette dernière bénéficiait du plan d'aménagement des sous-bassins-versants dans l'objectif de protéger les ouvrages stratégiques. En outre, c'est aussi un programme de prise en charge de protection de l'environnement en amont. Comme l'érosion est le résultat de l'exposition des particules du sol aux eaux de ruissellement et à l'agressivité climatique, les moyens de défense consistent à couvrir la surface du sol c'est-à-dire éviter de mettre à nu le sol. Ces procédés sont les techniques permettant de donner au sol une résistance accrue à l'attaque hydrique et qui utilisent l'action de la végétation cultivée. En effet, le ruissellement est faible lorsque l'énergie cinétique de la pluie est dissipée par la couverture végétale, l'eau qui s'écoule perd sa force érosive. Des luttes antiérosives spécifiques ont été mise en place pour dévier l'eau chargée de particule afin que cette dernière n'atteigne point le barrage. Le principal élément de lutte antiérosif est donc l'installation d'une couverture végétale sur l'ensemble des sous-bassins-versants destinée à protéger. Ces processus garantissent l'avenir à long terme de ces populations. Par ailleurs, la préservation de ces milieux contribue à l'économie de ces localités en tant que réservoir d'eau et régulateur d'eau pour les plaines rizicoles. L'augmentation de la couverture ligneuse assure entre autres la procuration de bois de construction et plus de bois énergétique pour les générations futures.

Le reboisement était réalisé avec des espèces à vocation agroforestière telle que celles de la famille acacia (*Acacia mangium* (Mimosa), *Acacia auriculiformis* (Akasia). Certes, les feux répétés reflètent des pertes d'investissement notable (Cf. Photo 13). En effet, des opérations de reboisement étaient réalisées à travers des individus regroupés dans des organisations paysannes. L'aménagement des zones de reboisement sur sous-bassins-versants défini dans ce programme s'étend sur 307 ha. Or, le coût unitaire d'une opération de reboisement est estimé à 3 175 000 Ar/ha selon le responsable environnemental et développement du projet BVPI Marovoay. Ces projets sont financés par d'important financement extérieur. L'ensemble des investissements versés pour l'aménagement de 307 ha totalise 974 725 000 Ar.

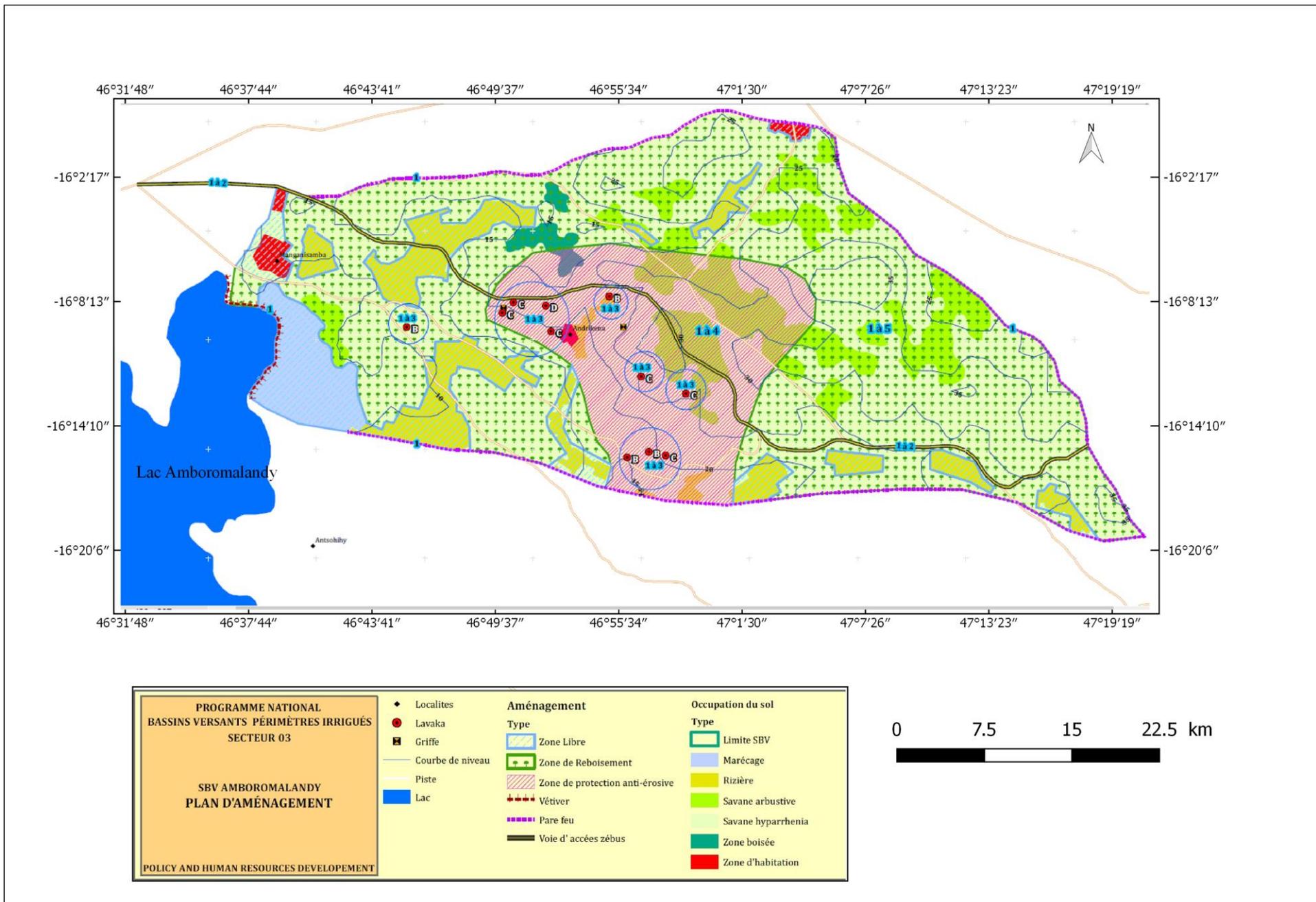


Figure 19. Plan d'aménagement des sous-bassins-versants

Ce financement inclut toutes les opérations de la phase préparatoire. Notamment la mise en place du pare-feu, de la clôture végétale anti-zébus, défrichage et trouaison. En outre, on distingue aussi la plantation, les entretiens du pare-feu, regarnissage et sarclage ainsi que la rémunération des individus œuvrant dans le processus du reboisement.

Bref, la gestion durable de ces milieux naturels s'avère contraignante face à l'incompréhension des rôles que peuvent jouer ces végétations dans leur production agricole. La destruction du peu de couverture végétale restant persiste. Cela va aboutir à de nombreuses conséquences sur l'environnement, sur l'hydrologie, sur les réseaux hydro-agricoles et les périmètres irrigués. En effet, dans le cas où les sous-bassins-versants perdurent dans un état dégradé, la capacité de rétention en eau du sol diminue du fait de l'insuffisance du couvert végétal. Et par conséquent, le ruissellement augmente de plus en plus et favorise le débit de crue, provoquant un envasement atteignant la retenue. En dépit des campagnes de sensibilisations et d'informations sur l'importance de la protection de ces milieux, les habitants ne sont guère convaincus. Ils raisonnent avant toute chose sur leur bénéfice immédiat. Apparemment, des restrictions s'observent concernant l'obligation du respect du cahier des charges environnementales. Notamment par l'obligation de pratiquer des techniques culturales respectant l'environnement. Sur la zone d'intervention du projet, les espaces libres cultivables sur sous-bassins-versants s'étendent sur 78 ha.

L'aménagement en terrasse suivant les courbes de niveau est une stratégie de protection qui consiste à freiner physiquement l'érosion au niveau des parcelles de culture. Ces techniques culturales conservatrices peuvent être adoptées par les producteurs sans aucun besoin d'accompagnement et de financement particulier. Un organe de pilotage a été mis en place. Il est chargé de développer cette stratégie de préservation de ces zones et de coordonner les activités de protection basées sur l'application du cahier des charges environnementales. Cet organe de concertation est constitué par la mairie de la commune rurale d'Ankazomborona, la DRAE et le PLAE. Ainsi, la mise en culture sur sous-bassins-versants incluent dans la zone d'intervention est interdite sans respect des mesures antiérosives.

Par ailleurs, l'expulsion des familles vivant en brousse aurait aussi provoqué des ruptures sociales, de l'habitation d'origine à la terre d'accueil. La destruction de ces sites de reboisement est une cause entre autres des manifestations d'un mécontentement de certaines populations villageoises. Ces individus ne se sentent plus libres quand ils ont beaucoup profité des richesses du milieu.



Photo 13. Site de reboisement détruit par le feu

Source : Cliché de l’auteur en Octobre 2018

CONCLUSION

Les réseaux hydro-agricoles stratégiques, des techniques d'irrigation améliorées tiennent des places importantes pour le développement du secteur irrigué à Madagascar. De ce fait, on comprend la prédominance des investissements dans le secteur agricole par l'Etat. L'ampleur de la mise en place de ces infrastructures hydro-agricoles marquent un tournant essentiel sur le plan rizicole. Les paysans peuvent bénéficier des avantages offerts par ces ouvrages. Ces derniers jouent un rôle d'autant plus crucial pour ces ruraux dont la survie de près de 90% ²² passe par l'agriculture et les cultures rizicoles dépendent fortement de la disponibilité en eau. Ainsi, l'agriculture tient une fonction importante concernant l'économie dans ces localités.

Cependant, nombreuses sont les pressions anthropiques, en milieu rural, qui menacent la dégradation de ces ouvrages par le biais de la surexploitation du milieu naturel. Leur mode de production est fondé sur un système de valeur ancien, correspondant à un comportement social ancestral. L'attachement au système de culture traditionnelle est un fait de civilisation. Peu de ménage reconnaît les conséquences de ses actes. L'amplification des activités humaines, explique la forte dégradation du milieu naturel. La dénudation des sous-bassins-versants et l'augmentation des apports solides ont pour conséquence la défaillance de ces réseaux hydro-agricoles. Cela entraîne aussi des répercussions sur les conditions climatiques au sein de la localité. La zone assiste à une extension de la saison sèche. Engendrant ainsi la pénurie d'eau dans certains espaces géographiques.

Dans la région Boeny, beaucoup de retenues d'eau ont été édifiées face aux atouts offerts par les terrains agricoles. Le district de Marovoay à lui-seul recèle quatre barrages réservoirs, incluant la retenue d'eau d'Amboromalandy. Ce dernier a été conçu en 1934 dans un but d'irrigation des cultures en période d'étiage. Tout a été mis en œuvre pour réduire l'insécurité alimentaire, accroître la production de riz et la mise en valeur des milliers d'hectares fertiles.

Cependant, la diminution du volume d'eau utile dans ce réservoir artificiel, aujourd'hui, est à l'origine de la stagnation des rendements agricoles dans la localité. La défaillance du canal d'interconnexion alimentant ce barrage, renforce la pénurie d'eau. On assiste à un rétrécissement de ce canal d'amenée face à une quantité importante d'envasement piégée par celui-ci à chaque passage de crues. Des charges solides sont apportées depuis le sous-bassin-versant de la Karambo et des sous-bassins-versants en amont dus à la dénudation

²² ONN, 2015, Rapport annuel, page 3

des versants par les feux de brousses, le déboisement, le surpâturage. De plus ces aménagements ne bénéficient pas des entretiens fréquents.

Ainsi, les impacts des actions irréfléchies de l'homme n'ont fait qu'intensifier les problèmes qui ont déjà existé au sein de ces localités. Alors, des conflits sociaux au sein des usagers de l'eau apparaissent. Les effets s'avèrent néfastes lorsque l'insuffisance en eau persiste. L'insécurité et la dépendance aux ressources naturelles se répandent pour compenser le manque à gagner. La population ne cesse de s'appauvrir. Ces localités se trouvent ainsi dans une situation paradoxale du fait que ces zones sont comprises parmi les foyers de production exceptionnels.

Dans une perspective de recherche plus approfondie, il serait intéressant de faire une étude détaillée sur les quantités des apports solides piégées annuellement dans ces ouvrages. En outre, c'est essentiel d'effectuer une analyse statistique des données climatiques pour évoquer la sensibilité des conditions climatiques dans ces localités.

L'étude de ces ouvrages hydro-agricoles a montré un exemple de perturbation du fonctionnement rationnel de ces infrastructures face aux pressions anthropiques et la dégradation des unités naturelles. Les activités de la population sont directement influencées par l'insuffisance des ressources en eau mobilisables au sein du barrage. Ces problèmes peuvent être résolus de plusieurs manières, tels que l'entretien du canal d'amenée par les bénéficiaires en temps opportun. Nécessitant entre autres, des décapages du canal d'interconnexion pour l'extension de celui-ci, le curage de la retenue d'eau et changement des équipements mécaniques déjà vétustes par le programme de développement à venir. La protection des sous-bassins-versants en amont et la sensibilisation des ruraux sur la conservation de ces aménagements sont aussi à reconsidérer. Ce sont des priorités pour la réduction des actions de l'érosion et l'atténuation de l'agressivité climatique impactant l'état de ces réseaux hydro-agricoles. La lutte contre la dégradation de ces unités naturelles dans ces espaces est une préoccupation majeure et doit être intégrée dans les politiques de remise en état, de gestion, d'entretien et de préservation des réseaux hydro-agricoles pour un développement durable de ces infrastructures. L'accompagnement d'une gestion rationnelle des productions rizicoles par les AUE précipiteront l'évolution économique au sein de ces localités. La fertilité des plaines alluviales est en mesure d'assurer la satisfaction des besoins vivriers pour de nombreuses années.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- ALDEGHERI M., 1964, « *Monographie hydrologique de l'Ikopa et de la Betsiboka* », ORSTOM, Tome IV, 150 p.
- 2- BELLONCLE G., 1982, « *Participation paysanne et aménagements hydro-agricoles* », Ed. Karthala, 340 p.
- 3- BERTHONNE P., 1983, « *Conception et fonctionnement des systèmes d'irrigation de surface ou d'irrigation gravitaire* », Ed. AIX-EN-PROVENCE, 86 p.
- 4- BESAIRIE, H., 1973, « *Précis de géologie malgache* », Services géologiques de Madagascar, Antananarivo, Madagascar, 465 p.
- 5- BESAIRIE H., COLLIGNON M., 1971, « *Les terrains sédimentaires de Madagascar* », Géologie de Madagascar, Annales géologiques de Madagascar, Fascicule n° XXXV, Tananarive, 164 p.
- 6- BOURGEAT, F. & PETIT, M., 1965. « *Les lavaka malgaches : un agent naturel d'évolution des versants* », Bulletin de l'Association de géographes français, N°332-333, pp. 29-33.
- 7- BOUVARD M., 1984, « *Barrages mobiles et ouvrages de dérivation* », Ed. EYROLLES, 360 p.
- 8- C.T.F.T, CENRADERU, DRFP, FOFIFA, 1976, « *Etude de la susceptibilité à l'érosion des sols à Madagascar* », Expérimentations en parcelles élémentaires, Antananarivo, 37p.
- 9- CHAPERON P., DANLOUX J., FERRY L., 1993, « *Fleuves et rivières de Madagascar* », Ed. ORSTOM, Paris, 883 p.
- 10- COSTET J., SANGLET G., 1983, « *Calcul des ouvrages et cours pratique de mécanique des sols* », Tome 2, pp. 265-334.
- 11- CREAM, 2013, « *Monographie de la région Boeny* », CREAM, Antananarivo, 161 p.
- 12- DUCHAUFOR P., 1988, « *Abrégé de Pédologie* », Edition MASSON, 224 p.
- 13- DUPRIEZ H., LUNER P., 1990, « *Les chemins de l'eau : ruissellement, irrigation, drainage* », Ed. MASSON, 197 p.
- 14- ESITPA, 2001, « *Les difficultés de maîtrise de l'érosion dans le périmètre rizicole de Marovoay* », Mission à Madagascar, Promotion 96.
- 15- FAO, 1993, « *Guide pratique d'aménagement des bassins-versants : étude et planification* », FAO, Rome, 186 p.

- 16- FAO, 1984, « *Protéger et produire, conservation des sols en vue du développement* », Rapport annuel, pp. 6-22.
- 17- FIFABE ou Fikambanana FAmpanandrosoana ny lemak'i BEtsiboka, 2000, « *Projet rizicole Betsiboka (prolongation phase V), AUR et réseaux hydrauliques* », AHT International, 85 p.
- 18- FAUCK R., 2000, « *Erosion et mécanisation agricole* », Bureau des sols en Afrique occidentale, 24 p.
- 19- FOURNIER F., 1988, « *La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain* », Géoscience, N°10, 153 p.
- 20- GIGNOUX M., BARBIER R., 1955, « *Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques* », Ed. MASSON, Paris, 343 p.
- 21- GTZ, 2000, « *Influence de l'homme sur l'érosion* », Volume 2 : bassins-versants, élevage, milieux urbain et rural, IRD, 593 p.
- 22- HERVIEU, J., 1968, « *Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical* », ORSTOM, Paris, 465 p.
- 23- IRAT, IRAM, 1973, « *Les sols sodiques des plaines alluviales de Marovoay* », Document N°372, 37 p.
- 24- JEANDEL C., MOSSERI R., 2000, « *Le climat à découvert* », Ed. CNRS, 284 p.
- 25- KAYSER B., 1969, « *L'agriculture et la société rurale des régions tropicales* », Ed. S.E.E.S., 201 p.
- 26- LEEANNE E., SCHULENBERG S., RADIFOLE S., MISSA O., 2002, « *Evaluation Biologique de la Réserve Naturelle Intégrale d'Ankarafantsika, Madagascar* », Programme d'évaluation rapide, Bulletin RAP 23, pp 23-62.
- 27- MAEP, Direction du Marketing et des Etudes Economiques, 2007, « *Recensement national agricole 2004 – 2005* », Service de la Statistique Agricole, Tome I et II, 130 p.
- 28- MAEP, 2006, « *Programme de développement des périmètres irrigués et d'aménagement des bassins versants : guide d'intervention pour la mise en œuvre des projets, version finale* », 64 p.
- 29- MALDAGUE M., 1990, « *Gestion de l'environnement tropical, aspects techniques appliqués au développement* », Ed. CIEM, Volume II, Publication n°27, pp. 523-568.
- 30- MIETTON M., 1998, « *Erosion dans le Massif d'Ankarafantsika et sur les marges, Gestion des savanes incluses* », Ed. CI, PCDI-AKF, 87 p.
- 31- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, 2002, « *Manuel de gestion et d'entretien du canal d'interconnexion des retenues d'Ambilivily et d'Amboromalandy* »

- dans la plaine rizicole de BASSE BETSIBOKA (sous-préfecture de Marovoay) », Rapport n°T.184-3, 100 p.*
- 32- Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche, Direction d'Appui aux Investissements Ruraux, 2006, « *Projet bassin versants périmètres irrigués et aménagement durable du sol. Evaluation environnementale et sociale régionale site de Marovoay.* », 99 p.
- 33- Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de pêche, 2015, « *Collecte de données techniques et socio-économiques de base sur les complexes bassins versants-périmètres irrigués des secteurs 1,2 et 3 de la plaine de Marovoay.* », Service du Génie Rural, 96 p.
- 34- Ministère de la Coopération et du Développement, 1989, « *Techniques rurales en Afrique* », Mémento du forestier, 995 p.
- 35- Ministère de la production agricole et de la réforme agraire, Direction de l'infrastructure rurale, 1986, « *Etudes pour le rehaussement des barrages d'Amboromalandy et d'Ambilivily dans la plaine de la Basse Betsiboka.* » ; Rapport n° T.095.1 ; pp.1-37.
- 36- Ministère de la Production agricole et de la Réforme Agraire, 1986, « *Etude du projet de réhabilitation de la riziculture dans la plaine de la Basse Betsiboka, Conservation et Restauration des sols* », Rapport n°4, 110 p.
- 37- NEBOIT R., 1991, « *L'homme et l'érosion, l'érosion des sols dans le monde* », Ed. France, 300 p.
- 38- NEUVY G., 1988, « *Les aménagements hydro-agricoles pour le développement à Madagascar* », Ed. MASSON, Paris, 230 p.
- 39- NEUVY G., 1991, « *L'homme et l'eau dans le monde tropical* », Ed. MASSON, Paris-Milan-Barcelone-Bonn, 227 p.
- 40- NEGREL, P. & RIGOLLET, C., 2011, « *Dynamique de l'eau, de l'érosion à la sédimentation* », Géosciences, numéro 13, pp. 64-71.
- 41- PETIT M., 2003, « *L'organisation du drainage à Madagascar. Fleuves et rivières : principaux caractères hydrographiques* », Ed. CITE, 143 p.
- 42- Projet rizicole BETSIBOKA, 1997, « *Textes législatifs règlementant la gestion, l'entretien, la police et la gérance des réseaux hydro-agricoles* », Ed. Française, 30 p.
- 43- RABEARIMANANA G., RAMAMONJISOA J., RAKOTO H., 1994, « *Paysannerie malgaches dans la crise* », Ed. KARTHALA, 380 p.
- 44- RAKOTONDRABE F., 2007, « *Etude de la vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques, modélisation par le logiciel WEAP 21 : cas du bassin versant*

- de la Morondava (Sud-ouest de Madagascar) »*, Mémoire de DEA, Département Mines de l'ESPA, 113 p.
- 45- RANDRIATSIVERY, F., 2005, « *Evaluation des impacts du feu sur la végétation des savanes du massif d'Ibity* », Mémoire de DEA, Département de biologie et d'écologie végétale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 144 p.
- 46- RAMAMONJISOA B., 2004, « *Pauvreté et dégradation de l'environnement, un cercle vicieux* », Conservation international, 15 p.
- 47- RAPPORT D'ACTIVITE FAD/RPI, 1999, « *Projet d'aménagement Basse-Betsiboka* », code : 412-305, 50 p.
- 48- Rapport Banque Africain de Développement (BAD), 2000, « *Demandent de propositions pour le contrôle et surveillance* » ; Accord de prêt n° F/MAP/AGR/88/19-Projet Basse Betsiboka, 75 p.
- 49- Rapport société COLAS, 2000, « *Offre pour les travaux de réhabilitation des périmètres rizicoles de la Basse Betsiboka* », 105 p.
- 50- RASOLOFOHERY A., STEININGER M., 2008, « *Méthode de suivi du changement de la couverture forestière utilisant les images Landsat, application pour les années 2000-2005 à Madagascar* », XI^{ème} journées scientifiques du réseau de télédétection de l'AUF, Antananarivo, pp. 76-78.
- 51- RIOU G., 1989, « *L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux* », Ed. MASSON, 222 p.
- 52- ROLLEY R, 1977, « *Technique des barrages en aménagement rural* », Ed. MASSON, pp. 126-135.
- 53- ROY J., BLIN-LACROIX J., 2000, « *Le dictionnaire professionnel du BTP* », Ed. EYROLLES, 500 p.
- 54- SEGALEN P., 1956, « *Notice sur la carte pédologique de reconnaissance au 1/200.000^e* », Feuille n° 13 Marovoay_Mahajamba, Tome VII, 258 p.
- 55- UPDR, 2003, « *Monographie de la région Boeny* », UPDR, Antananarivo, 110 p.

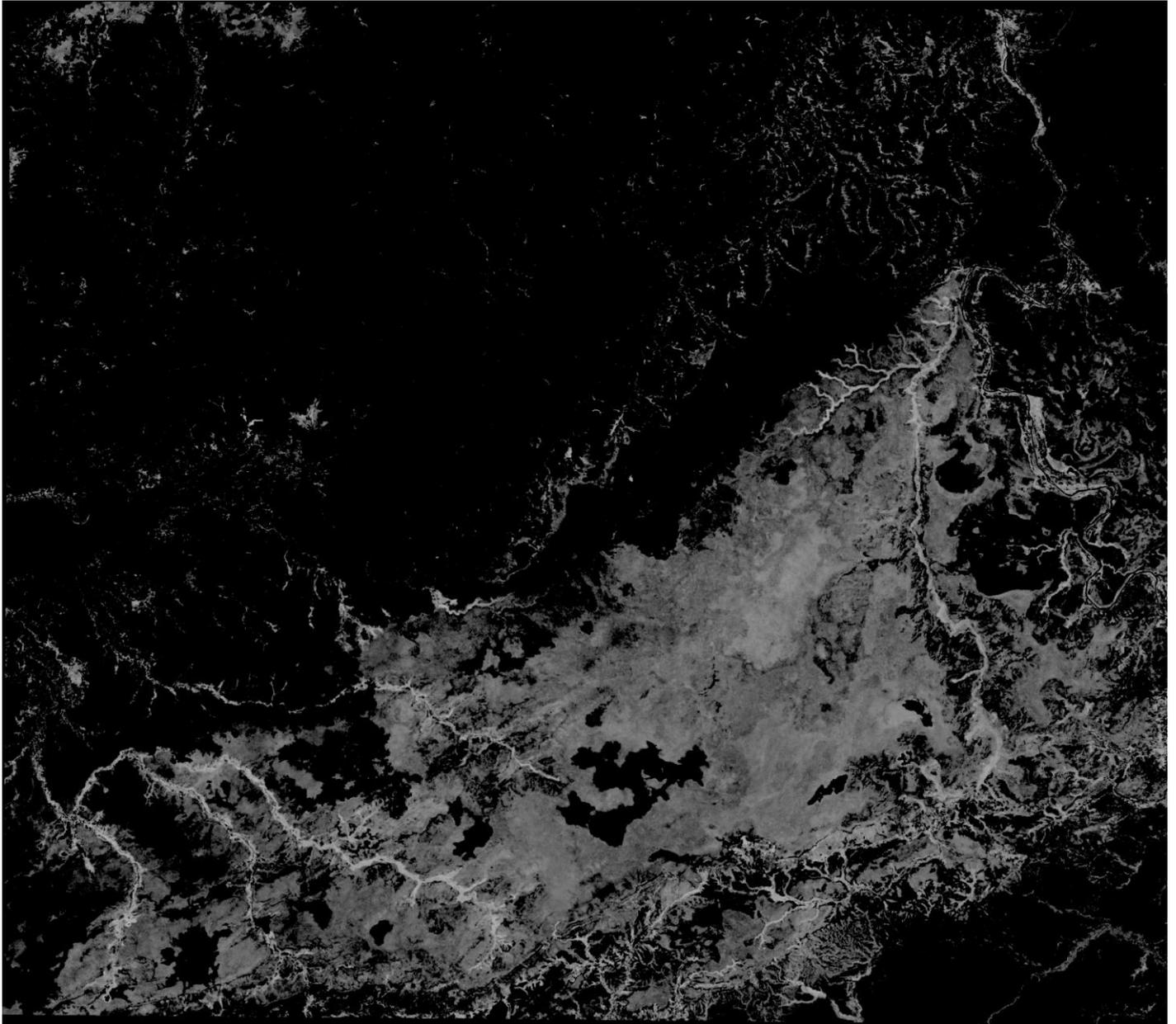
WEBOGRAPHIE

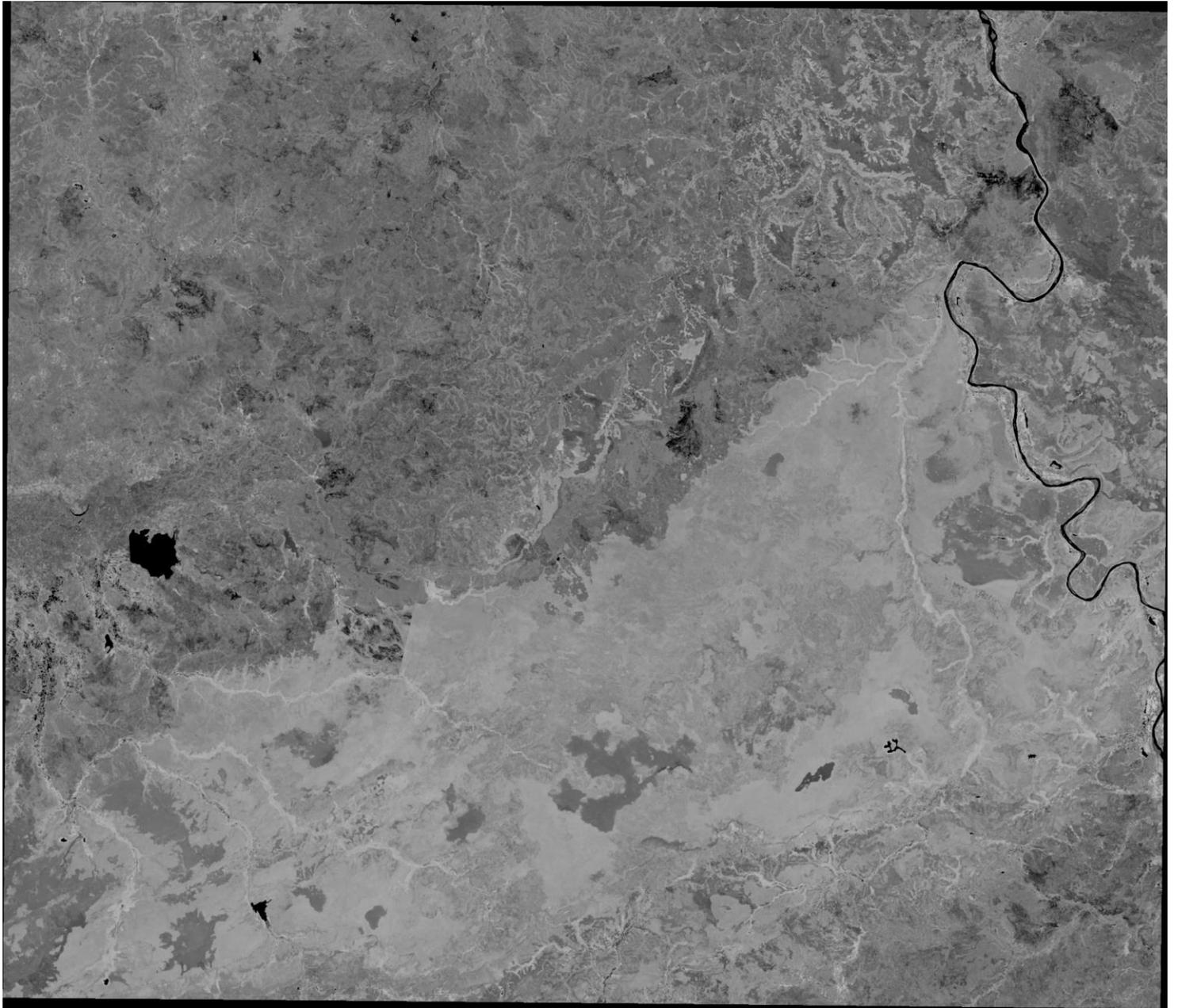
- 1- Moteur de recherche : www.google.com « Normes malgaches de construction des Infrastructures Hydroagricoles contre les Crues et les Inondations (NIHYCRI) », consulté en Décembre 2017.
- 2- Organisation des Nations Unies, 1985, « Méthodes de calcul pour les études hydrologiques concernant l'aménagement des eaux ». Accès en Août 2018. Disponible sur <http://www.unesco.html>
- 3- www.seinenormandie.html « étude piézométrique », consulté en Septembre 2018.
- 4- <http://www.earthexplorer.usgs.gov> pour le téléchargement des MNT et des images satellites. Accès en Septembre 2018.

ANNEXES

Annexe 1. Des images du Landsat 7, du capteur ETM+ et du Landsat 8 du capteur OLI

Ces scènes ont été utilisées dans l'étude diachronique de l'évolution surfacique dans les communes rurales d'Ankazomborona et de Marosakoa.





Annexe 2. Fiches d'enquêtes des travaux de terrain

Questions auprès du responsable d'irrigation au sein du Génie Rural et du responsable environnemental du projet BVPI (Région Boeny)

I-Notions sur les barrages hydro-agricoles :

1 Quels sont les différents types de barrages hydro-agricoles ?

1).....2).....
3).....4).....

2 Quels sont les plus utilisés à Madagascar ?

1).....2).....

...

3 Quels sont les rôles importants d'un barrage hydro-agricole ?

1).....2).....

...

3).....4).....

...

4 Si tels sont les atouts offerts par l'utilisation d'un barrage, existe-t-il des inconvénients dans son utilisation ? Oui Non . Si oui, lesquels ?

1).....2).....

...

3).....4).....

II- Le barrage d'Amboromalandy proprement dit :

5- En quelle année le barrage a été construit ?.....

6-Quelles sont les raisons principales de sa construction ?

1.....2.....

3.....4.....

7- Après les travaux de rehaussement, quelle a été la superficie des parcelles destinées à être irriguées par le barrage ?

.....

8_ Est-ce que cette superficie est maintenue actuellement ? Oui Non

9- Si non, quelles sont les raisons d'extension ou de réduction de ces terrains agricoles ?

1 Migrations 2 Natalité élevée 3 liés à l'insuffisance d'eau dans le barrage

4

10- Le débit de la rivière Karambo est-il suffisant pour l'alimentation en eau du barrage ? Oui
Non

Si non, quelle est alors la valeur du débit nécessaire pour avoir le maximum d'eau dans le barrage ?..... Et quelle est sa valeur à présent ?.....

11- y -a-t-il eu des périodes où le barrage a cessé de fonctionner ? Oui Non . Si oui, en quelle année et quelles en sont les causes principales ?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

12- Est-ce que ces dysfonctionnements influent sur les activités agricoles ? Oui Non . Si oui, comment se manifestent-ils ?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

13- Existe-t-il des entretiens permanents du barrage ? Et qui sont les principaux acteurs concernés ?

Oui Non . Si oui, journaliers ? hebdomadaires ? Mensuels ? Trimestriels ?
Semestriels ? Annuels ? Autres ?.....

Si non, pour quelles raisons le barrage n'est pas entretenu ? Négligence de l'Etat ? , Manque de moyens financiers ? ,

Autres ?.....

14- Pouvez-vous donner la valeur d'ensablement et d'envasement stocké par ce barrage par an ?.....

15- Est-ce que cette valeur reste constante ? Oui Non , variable ? Oui Non

16- Si elle est variable, pour quelle raison cette valeur l'est ?

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

17- Cette variation de valeur a-t-elle des répercussions

1) sur la dynamique du cours d'eau principal alimentant le barrage ? Oui Non . Si oui, manifestations.....

2) sur les surfaces de périmètres susceptibles d'être irriguées par le barrage ? Oui Non . Si oui,

manifestations.....

3) Sur les coûts d'entretien des réseaux (canal d'amenée et la retenue) ? Oui Non . Si oui,

manifestations.....

18- Pouvez-vous indiquer les types des sédiments stockés par le barrage ?

.....

19- Selon l'observation de l'échelle limnimétrique²³ cette année, la quantité d'eau retenue dans le barrage remonte à combien de m³ (avant l'ouverture des vannes) ?

20- Quelle est la politique opérationnelle de la banque mondiale avant la réhabilitation des ouvrages hydrauliques en aval ?

21- Selon vos prélèvements sur le piézomètre, est-ce que les digues annoncent des possibilités de fuite ? La fréquence des prélèvements se fait combien de fois par mois ?

22- Est-ce qu'il y a des risques détectés qui pourrait annoncer des possibilités de rupture du barrage en cas de réhabilitation ?

23- Quels seront les mesures prises par l'Etat face à cette situation du secteur 3 actuellement par rapport à l'insuffisance d'eau dans la retenue ? Car si la situation perdure, cela va probablement entraîner d'autre problème (ex : prépondérance de l'insécurité car la population s'appauvrie)

24- Face au non-respect de la loi régissant le barrage (ex : culture du riz à l'intérieur du barrage même) quelles sont les mesures prises par le service du génie rural ?

25- Lors du curage du canal d'interconnexion d'Amboromalandy par les Fonkonolona à Antanimasanjy, est-ce que ce n'était pas l'Etat qui était chargé d'intervenir à travers des travaux d'urgence ? (Car actuellement, la taille du canal en terre corrigé par la population locale est désolante, d'une largeur de 50 cm environ pour alimenter une retenue de 30 millions de m³ or le canal d'interconnexion reliant Ambilivily et Amboromalandy est complètement à sec depuis le mois de Janvier 2017 !)

26- Est-ce qu'il y a des sensibilisations/échanges ou discussions entre les bénéficiaires et le technicien du génie rural à chaque descente sur le terrain ? Car d'après mes constatations, une fois qu'ils ne sont pas assistés, ils n'effectuent pas leur part d'entretien en tant qu'utilisateur. En conséquence, les mises en œuvre à venir seront influencées par cette mauvaise caractéristique des usagers.

²³ Echelle limnimétrique : limnimètre constitué d'une mire fixe, graduée et disposée dans un cours d'eau, un puit ou dans un lac artificiel pour repérer le niveau de l'eau.

27- Qui est le responsable du suivi de l'état des sous-bassins-versants aux alentours de la retenue au sein de la DRAE ?

Questions auprès des usagers de l'eau

I- Identification de l'utilisateur

- 1) Questionnaire n° : 2) Commune :
- 3) Date d'enquête : 4) Fokontany :
- 5) Age : 6) Sexe : M F
- 7) Nbre de pers : 8) Nbre de pers actives :
- 9) Ethnie : 10) Année d'arrivée :
- 11) Production rizicole/an : 12) périmètre :

II- Cultures pratiquées :

- 13) Cultures principales :
- 1.....2.....
- 14) Intérêts pour cette culture :
- 15) Tendance à l'extension ? Oui Non
- 16) Quel type de culture ?
- 1..... 2.....
- 17) Intérêts :

III-Avis par rapport à l'insuffisance de l'eau dans le barrage actuellement :

- 18) D'après vous quelles sont les causes de l'insuffisance d'eau dans ce barrage ?
- 1. Manque de précipitations.....
- 2. Défaillance des infrastructures.....
- 3. Manque d'entretien des infrastructures....
- 4. Défaillance de gestion.....
- 5. Autres à préciser.....
- 19) Quelles solutions proposez-vous ?
- 1.....
- 2.....

IV- Degré de connaissance de l'AUE par l'utilisateur

- 20) Avez-vous déjà assisté à une réunion ?

Oui Non

21) Fréquence annuellement :

22) Avez-vous déjà participé aux travaux d'entretien ?

Oui Non

23) Fréquence annuellement :

24) Avez-vous déjà participé aux frais d'entretiens, aux cotisations ?

Oui Non

25) Montant annuel :

26) Connaissez-vous l'AUE de votre fokontany ? Oui Non

27) Êtes-vous membre de cette AUE ? Oui Non

28) Si oui laquelle ? 29) Date d'adhésion :

30) Etes-vous inscrit officiellement ? Oui Non

31) Si non, pourquoi ?.....

32) Connaissez-vous votre chef secteur ? Oui Non

33) Mode d'adhésion ?

.....
.....

34) Quels sont vos obligations par rapport à l'AUE ?

1.....2.....

3.....4.....

V- A propos des sous-bassins-versants et des réseaux hydrauliques :

35) Pratiquez-vous des activités sur les sous-bassins-versants de la Karambo ?

Pâturage procuracy de bois feux de brousse culture

36) Qu'est-ce qui vous pousse à exploiter ces sous-bassins-versants ?

La tradition pauvreté autres

37) Est-ce qu'il y avait déjà eu des entretiens sur ces sous-bassins-versants ? Oui non

Si oui, lesquels ?

.....

38) Connaissez-vous les raisons de leur intervention ? Oui non

39) Etes-vous d'accord sur leur intervention dans votre territoire ? Oui non

Si non, quelles sont les raisons ?

1.
2.
3.
4.
5.

40) Avez-vous participé à l'entretien de ces sous-bassins-versants ? Oui non

Si oui, il s'agit de votre propre initiative ? Ou par obligation ?

41) Une fois ce projet d'entretien fini êtes-vous capable d'assurer l'entretien de ces sous-bassins-versants ? Oui non

Si non, quelles sont les raisons ?

1.
2.
3.
4.

42) En tant que bénéficiaire êtes-vous au courant que les dégradations de ses sous-bassins-versants accélèrent le dysfonctionnement du barrage ? Et influent vos activités agricoles ? oui non

Si oui comment se manifestent-elles ?

.....

43) Quelles solutions proposez-vous pour mettre fin à vos activités sur les sous-bassins-versants ?

- Besoin de financement pour un nouveau départ
- Sensibilisation de la population locale à partir d'une réunion hebdomadaire/mensuelle sur les entretiens des sous-bassins-versants
- Vulgarisation des informations sur l'importance de ces sous-bassins-versants et les impacts de sa dégradation.

44) Pour les nouveaux projets à venir sur la maintenance de ces réseaux stratégiques et des sous-bassins-versants, croyez-vous que la participation intégrale des bénéficiaires dans les différentes activités soit nécessaire ?

TABLE DES MATIERES

Remerciements	i
Resumé.....	ii
Sommaire	iii
Liste des figures	iv
Liste des photographies.....	iv
Liste des tableaux	v
Listes des annexes	v
Listes des abreviations	vi
Glossaire.....	vii
Introduction generale.....	1
PREMIERE PARTIE. DEMARCHE DE RECHERCHE ET PRESENTATION DES OUVRAGES STRATEGIQUES D'AMBOROMALANDY	6
CHAPITRE I. MODE D'APPROCHE	7
I.1. LA PHASE BIBLIOGRAPHIQUE ET DOCUMENTAIRE	7
I.1.1. Les travaux bibliographiques	7
I.1.2. Les cartes, les images satellites et les Modèles Numériques de Terrain	8
I.2. LES TRAVAUX DE TERRAIN	9
I.3. DIFFICULTES ET PROBLEMES RENCONTRES	10
CHAPITRE II. PRESENTATION DES OUVRAGES STRATEGIQUES CONCERNEES	12
II.1. ROLE ECONOMIQUE DES OUVRAGES STRATEGIQUES D'AMBOROMALANDY	12
II.2. PARAMETRES ECONOMIQUES ET ORGANISATIONNELS DES BENEFICIAIRES DES OUVRAGES STRATEGIQUES	14
II.3. UN MILIEU NATUREL INFLUENCE PAR LA TOPOGRAPHIE ET LA GEOLOGIE	18
➤ Un relief multiforme influencé par la géologie.....	18
➤ Des unités géologiques variées	18
II.3.1. Caractéristiques du sous-bassin-versant de la Karambo et des sous-bassins- versants.....	20
II.3.1.1. Un climat subtropical sec	22
II.3.1.2. Les conditions pédologiques : sols sur versants	23
II.3.1.3. Des occupations du sol et couvertures végétales diversifiées	23
➤ Les forêts denses sèches et les forêts dégradées.....	23
➤ Les savanes	24

➤ Les périmètres irrigués et les mosaïques de cultures.....	24
➤ Aménagement des sous-bassins-versants	24
DEUXIEME PARTIE. RESEAUX HYDRO-AGRICOLES STRATEGIQUES D’AMBOROMALANDY : DES INFRASTRUCTURES SOUS PRESSION ANTHROPIQUE.....	26
CHAPITRE III. DES RESEAUX A FORTE POTENTIALITE POUR L’AGRICULTURE	27
III.1. DES TRAVAUX DE MISE EN VALEUR DES OUVRAGES STRATEGIQUES D’AMBOROMALANDY	27
III.2.LES PRINCIPAUX ATOUTS DES INFRASTRUCTURES HYDRO-AGRICOLES	29
III.2.1. Rôles des ouvrages stratégiques dans la riziculture	29
III.2.2. Des cultures largement tributaires des réseaux hydro-agricoles : le problème de salinité	30
III.2.3. Un milieu en apparence exceptionnel pour la riziculture.....	31
III.2.4. Des réseaux hydro-agricoles facteurs de développement économique.....	32
CHAPITRE IV. DES FACTEURS CONTRAINGNANTS, PERTURBATEURS DE L’ETAT DES OUVRAGES.....	33
IV.1. INFLUENCE DES ACTIONS ANTHROPIQUES ET DES CONDITIONS CLIMATIQUES	33
IV.1.1. Les feux de brousses : une pratique ancestrale dominante et persistante	33
IV.1.2. Le phénomène de Lavakisation.....	37
IV.1.4. Influence de l’agressivité climatique	42
IV.2. PROBLEMES DE GOUVERNANCE ET DIFFICULTES SOCIALES	47
IV.2.1. Prédominance des effectifs à charge	47
➤ Taille des ménages enquêtés	47
➤ Des traditions transformées en innovations, une situation mal assimilée par les AUE	49
➤ Inadéquation des choix politiques agricoles	50
TROISIEME PARTIE. IMPACTS DE LA DEGRADATION AVANCEE DES OUVRAGES STRATEGIQUES D’AMBOROMALANDY	52
CHAPITRE V. PARAMETRES SOCIAL ET ECONOMIQUE, DES FACTEURS DE VULNERABILITE RECURRENTS SUR LES INFRASTRUCTURES STRATEGIQUES	53
V.1. CARACTERISTIQUES ET ACTIVITES DES ETHNIES	53
V.1.1. Rythme de dégradation des couvertures végétales entre 2002 et 2017	55
V.1.2. Influence des mauvaises caractéristiques des usagers.....	57

CHAPITRE VI. INFLUENCE DES DEFAILLANCES HYDRAULIQUES SUR LE NIVEAU SOCIAL ET ECONOMIQUE.....	62
VI.1. DES DEBITS VARIABLES DU CANAL D'AMENEE ET UNE REPARTITION INEGALE DE L'EAU	62
VI.1.1. Des plantations rizicoles vulnérable à la pénurie d'eau	65
VI.2. DES CHOIX POLITIQUES INADEQUATS AUX REALITES.....	68
VI.2.1. La non maîtrise de l'eau compromet la stabilité de l'ouvrage	68
➤ Des projets parachutés	70
➤ Des sites de reboisements progressivement détruites	72
Conclusion.....	76
Bibliographie.....	78
Annexes.....	83
Table des matières.....	91