

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FORMULES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION

Chapitre I : CONTEXTE GENERALE DE L'ETUDE

 I.1 PRESENTATION DU CNEAGR

 I.2 GENERALITES SUR RADIER ET BASSIN VERSANT

 I.3 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Chapitre II : MATERIELS ET METHODES

 II.1 MATERIELS UTILISES

 II.2 METHODOLOGIE APPLIQUEE A L'ETUDE

Chapitre III : RESULTATS, INTERPRETATION ET IMPACT DU PROJET

 III.1 RESULTATS ET INTERPRETATION

 III.2 IMPACT DU PROJET

3CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS

BA : Béton Armé

BV : Bassin Versant

CNEAGR : Centre National de l'Eau, de l'Assainissement et de Génie Rural

CRA : Commune Rurale d'Ankililoaka

CRCC : Chine Railways Construction Company

CRD : Canal Rive Droite

GPS : Global Powering System

GR : Génie Rural

INSTAT : Institut National des Statistiques

Nb : Nombre

PM : Point Métrique

PM : Point Métrique

PRIASO : Programme de Réhabilitation des Infrastructures Agricoles dans le Sud-Ouest

RD : Rive Droite

RN : Route Nationale

SIG : Système d'Information Géographique

T (°C) : Température en degré Celcius

UTM: Universal Transverse Mercator

WGS: World Geodetic System

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Nombre d'habitants et d'habitations par fokontany	13
Tableau 2 : Température moyenne à la station météorologique d'Ankaraobato	14
Tableau 3: Pluviométrie moyenne aux stations météorologique d'Ankaraobato et Ampihamy ..	15
Tableau 4: Quelques cyclones ayant passé dans la zone d'étude	16
Tableau 5: Effectif des élèves par établissement année 2018.....	20
Tableau 6: Données statistiques relatives au domaine de la santé en 2007	21
Tableau 7 : Caractéristiques du Bassin Versant.....	32
Tableau 8: Valeurs du coefficient de ruissellement suivant la topographie de terrain	34
Tableau 9: Formule de Génie rural	35
Tableau 10: Débits de crue décennale et centennale chaque BV	36
Tableau 11: Récapitulation des longueurs des canaux revêtus et canaux en terre et débits nominaux en tête des différents biefs.....	37
Tableau 12: Détails sur l'occupation du sol de la zone d'étude	44
Tableau 13: Résultats de l'application numérique.....	45
Tableau 14: Valeurs de Q_{av} selon h.....	47
Tableau 15: Hauteur d'eau sur le radier et débit correspondant	48
Tableau 16 : Nature de l'écoulement en amont et en aval du radier submersible	49
Tableau 17: Impacts négatifs du projet d'aménagement et mesures de compensation proposées	52
Tableau 18: Impacts positifs du projet d'aménagement	54

LISTE DES FORMULES

Equation 1: Indice de compacité.....	30
Equation 2: Longueur (L) et largeur du rectangle équivalent (I).....	30
Equation 3: Indice globale de pente.....	31
Equation 4: Formule rationnelle	32
Equation 5: Coefficient de ruissellement.....	33
Equation 6: Formule du SOGREAH	35
Equation 7: Vitesse moyenne de l'écoulement.....	36
Equation 8 : Formule de BAZIN	39
Equation 9: Formule de MANNING-STRICKLER	40
Equation 10: Rayon hydraulique correspondant à H_{av}	41
Equation 11 : Vitesse d'écoulement :	41
Equation 12: Nombre de FROUDE	41



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Bureau de CNEAGR	6
Figure 2: Plan de masse	7
Figure 3: Pendant la construction de radier	9
Figure 4: Radier effectué	9
Figure 5: Bassin Versant.....	10
Figure 6: Localisation de la zone d'étude	12
Figure 7 : Carte hydrographique	18
Figure 8: Diagramme de la construction de l'occupation du sol	27
Figure 9: Délimitation des BV sur le CRD.....	28
Figure 10: Vue générale de l'ouvrage.....	38
Figure 11: Coupe d'un radier horizontal à parties courbes	38
Figure 12 : Représentation des hauteurs d'eau sur un radier surélevé.....	39
Figure 13: Courbe de tarage.....	47
Figure 14: Pendant la mise en place des armatures	50
Figure 15: Coulage.....	50
Figure 16: Dressage du radier	50

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaires d'enquête (en forme de discussion)

Annexe 2 : Terminologie clé de l'inondation

Annexe 3 : Carte du Sud-Ouest Malagasy et de l'occupation du sol de la CRA

Annexe 4 : Note de calcul des ouvrages (Radier)

Annexe 5 : Estimation du coût des travaux de réhabilitation pour le périmètre amont

INTRODUCTION

L'eau est une ressource naturelle précieuse dont la bonne gestion s'inscrit dans la politique de développement durable tant au niveau d'un pays qu'au niveau mondial.

A Madagascar, la difficulté de la gestion de l'eau est un des principaux problèmes à résoudre surtout dans la Région Atsimo Andrefana.

Pour le cas du périmètre Manombo Ranozaza, District Tuléar II, Région Atsimo-Andrefana, Commune Ankililoaka, le problème est l'insuffisance des infrastructures pour la protection du canal, les techniques de la protection du canal sont traditionnelles. Pendant la saison sèche, les petits canaux qui alimentent les rizières sont complètement secs. Les cultivateurs sont obligés d'attendre la saison de pluie due au niveau d'eau trop bas. Ce qui entraîne un retard de repiquage et des conflits d'eau entre les paysans voisins, par contre pendant la saison de pluie les canaux sont inondés qui cause la destruction des infrastructures et la dégradation des cultures.

C'est pour cette raison que les habitants de quatre communes (Commune Rurale d'ANKILILAOKA, Commune Rurale MILENAKA, Commune Rurale MAROFOTY et Commune Rurale MANOMBO SUD) construisent des ouvrages pour bien gérer l'eau. Cet ouvrage comporte des nombreuses actions visant à réduire le risque d'inondation sur les canaux.

Les objectifs de cette étude sont :

- La réhabilitation du canal rive droite y compris la réhabilitation ou la construction des ouvrages sur canal ;
- La mise en place des ouvrages supplémentaire liés à l'irrigation et des dispositifs de protection contre les crues tout le long du canal rive droite, y compris le revêtement du PM5100 au PM7900 ;
- La réhabilitation de la piste existante le long du canal rive droite, y compris la mise en place des transparencies hydrauliques sur la piste pour sa protection.

Ainsi le présent mémoire de fin d'étude intitulé, « construction de radiers pour la protection du Canal Rive Droite contre les crues et du bassin versant de Manombo Ranozaza », essaie de

maîtriser la protection du canal. Pour pouvoir expliciter et développer le contenu de ce mémoire, on divise le thème en trois grandes parties interdépendantes.

La première partie concerne le contexte général de l'étude, qui est orientée sur la présentation du CNEAGR, puis les généralités sur le radier et le bassin versant et la présentation de la zone d'étude. La deuxième partie comprend les matériels et la méthode, qui expliquent sur les matériels et la méthodologie appliquée à l'étude. La troisième partie est consacrée sur les résultats avec interprétations et l'impact du projet.

CHAPITRE I : CONTEXTE GENERALE DE L'ETUDE

CHAPITRE I : CONTEXTE GENERALE DE L'ETUDE

Cette partie est consacrée à l'étude de la construction de radier pour la protection du canal et de bassin versant contre les crues. Nous allons en premier lieu parler la présentation du CNEAGR, puis les généralités sur le radier et le BV et la présentation de la zone d'étude.

I.1 PRESENTATION DU CNEAGR

I.1.1 HISTORIQUE

Depuis 1994 : Le CNEAGR a été créé dans le cadre du projet de la Direction du Génie Rural du Ministère de l'Agriculture par le financement de la Banque Africaine du Développement.

Jusqu'à Septembre 2008 : Le CNEAGR était sous la tutelle technique du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la pêche, portant le nom du CNEAGR.

Le 02 Octobre 2008 : Il est régi par le Décret N° 2008-885 et le Décret N°602-2011 modifiant le Décret N°2001-885 et portant réaction et Organisation du Centre National de l'Eau, de l'Assainissement et du Génie Rural (CNEAGR).

2017-2018 : Début de la formation.

I.1.2 FORME JURIDIQUE

Le Centre National de l'Eau, de l'Assainissement et de Génie Rural sous le sigle « CNEAGR » est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC). Son siège social est situé à Nanisana, ANTANANARIVO, BP 12 117 Route d'Ambatobe, Téléphone (261)033 23 416 41 et 034 22 416 41, e-mail : cneagr@cneagr.mg, Site web : www.cneagr.

I.1.3 OBJECTIFS

Le CNEAGR est à la fois un bureau d'études et un centre de formation, spécialisé dans le domaine du développement rural : Eau potable Assainissement et Hygiène, Hydraulique Agricole, Renforcement de capacité, Environnement etc.

I.1.3.1 Objectifs professionnels

- Former des assistants-ingénieurs dans les domaines techniques de l'eau potable, de l'assainissement et de l'aménagement hydro-agricole apte à travailler en association d'usagers, bureau d'études, collective ou entreprise ;
- Professionnel autonome : aptes à encadrer des petites équipes et de mener à bien des projets de niveau technique moyen en contexte de contraintes institutionnelles et réglementaires, et à trouver des solutions pointues intégrant les nouvelles technologies de l'information et de la modélisation ;
- Niveau Assistant Ingénieur ou chargé d'études ;
- Orientation : Conception-mise en œuvre et gestion des ouvrages ;
- Conduite de service ou d'association et exploitation ;
- Insertion en collective locale ou Administration, Bureau d'Etudes, Société de service ;
- Accès à une formation continue diplomante de qualité.

I.1.3.2 Objectifs pédagogiques

- A partir d'un niveau de technicien supérieur, maîtrisant déjà les techniques de base dans ces domaines ;
- Formation pluridisciplinaire axée sur les sciences de l'eau ;
- Développement des compétences managériales ;
- Acquisition des compétences précises en : Eau Potable et Assainissement oléum Hydraulique agricole.

I.1.4 MISSIONS

Le CNEAGR a plusieurs missions :

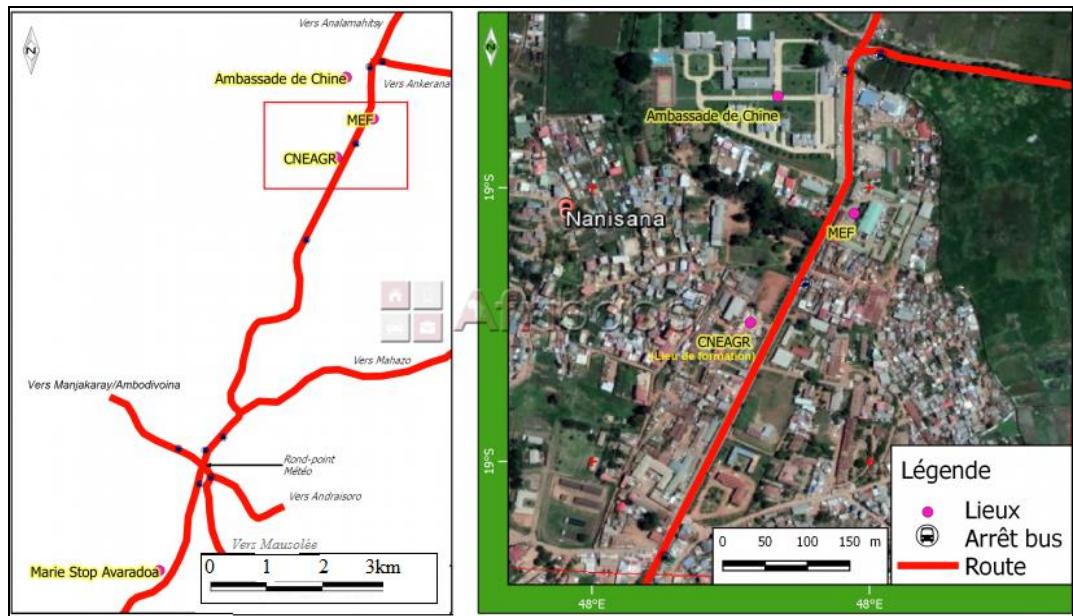
Propose des formations sous différentes formes : formations initiales, diplomate, à la demande, renforcement de capacité. Organisation des séminaires, ateliers, pratique en laboratoire ou sur terrain ainsi que des programmes de formation à la carte suivant les besoins des partenaires et leurs exigences.

- Assure les études dans le domaine de l'environnement et du développement rural : Maîtrise d'œuvre des travaux de réhabilitation et de construction des bâtiments en milieu rural, de la piste rurale, des périmètres irrigués, d'alimentation en eau potable...les contrôles et les essais en laboratoire pour tout ce qui concerne l'hydraulique.
- Assure les contrôles et surveillances des travaux du Génie Civil et/ou les travaux du Génie Rural.
- Assure les inventaires des ressources en eau dans les Communes rurales en vue priorisation de la mise en place des sous projets ainsi que l'établissement du Plan Communal de Développement en Eau et Assainissement.
- Effectue aussi l'audit de l'étude d'Adduction d'Eau Potable dans les communes rurales et l'étude d'aménagements hydro agricoles des micros périmètres irrigués.
- Dispose d'un laboratoire d'hydraulique, unique à Madagascar, équipé de matériels et de moyens techniques performants pour les recherches et applications dans le domaine de l'eau, d'un centre de calcul avec des outils informatiques de haut niveau.



Source : www.cneagr.mg

Figure 1 : Bureau de CNEAGR



Source : www.google.com

Figure 2: Plan de masse

I.2 GENERALITES SUR LE RADIER ET LE BASSIN VERSANT

I.2.1 RADIER

Pour mieux comprendre le but de ce travail, il faut savoir les différents types de radiers, les définitions et les utilisations de radier. Ils permettent de mieux appréhender le thème.

I.2.1.1 Définitions

Fondation : - c'est une structure destinée à assurer la stabilité d'un ouvrage sur le terrain. Elle doit pouvoir transmettre toutes les sollicitudes sur un sol sain de manière permanant.

- Une couche de fondation en béton maigre

Radier : - C'est l'épaisse couche du BA, coulé directement sur le sol, pour constituer l'assise et le plancher bas d'une construction et il peut être composé de béton, de pierre, de brique ou de rondin de bois.

- Une couche de base en béton armé

Le radier est une base ou une plate-forme stable sur laquelle reposent d'autres éléments. L'architecture de cette plate-forme dépend du contexte où elle est utilisée.

I.2.1.2 Types des radiers

Il existe sept types de radier [1] :

- Le radier-dalle : Ce radier est posé sur une zone de glissement pour l'isoler des zones de tensions et de compressions.
- Le radier « croûte » : Son épaisseur est variable suivant la charge à supporter
- Le radier « blanket » : Il a le principe de radier « croûte » sauf qu'il est déposé sur une couche d'empierrement.
- Le radier cellulaire : Quand sol pauvre et de grands moments de flexion à reprendre, il est le radier le plus onéreux et le plus résistant alors il est le meilleur type de radier
- Le radier poutre : Ce radier est utilisé pour relier deux dalles, il est vraiment économique que le radier cellulaire.
- Le radier sur « coussins » : Il est constitué de plots sur lesquels on place des « coussin » d'huile pour soutenir la dalle.
- Radier submersible avec ouvertures

I.2.1.3 Utilisations

En général, le radier sert de fondation sur le terrain instable ou inondable, lorsque le bon sol est trop profond pour y établir des pieux. Ces ouvrages assurent le passage de l'eau du canal au droit de croisement avec une piste suivant la topographie du terrain, il est adopté, soit un passage en dalot sous la piste, soit un passage superficiel en radier

On utilise les radiers [2] :

- Si le sol n'est pas « porteur »
- Le bon sol se situe à trop grande profondeur

- Aire semelles (pour le bâtiment)



Figure 3: Pendant la construction de radier

. Ce projet est actuellement travaillé par le CNEAGR, PRIASO et CRCC. Le CNEAGR assure la maîtrise de technique de base d'irrigation, de l'alimentation en eau potable et l'assainissement, le CRCC assure la construction des ouvrages et PRIASO assure le contrôle et supervise des travaux des constructions des nouvelles infrastructures et des travaux de réhabilitation de celle en mauvaise état de marche ou qui risque de ne plus supporter la totalité de la structure.



Figure 4: Radier effectué

I.2.2 BASSIN VERSANT

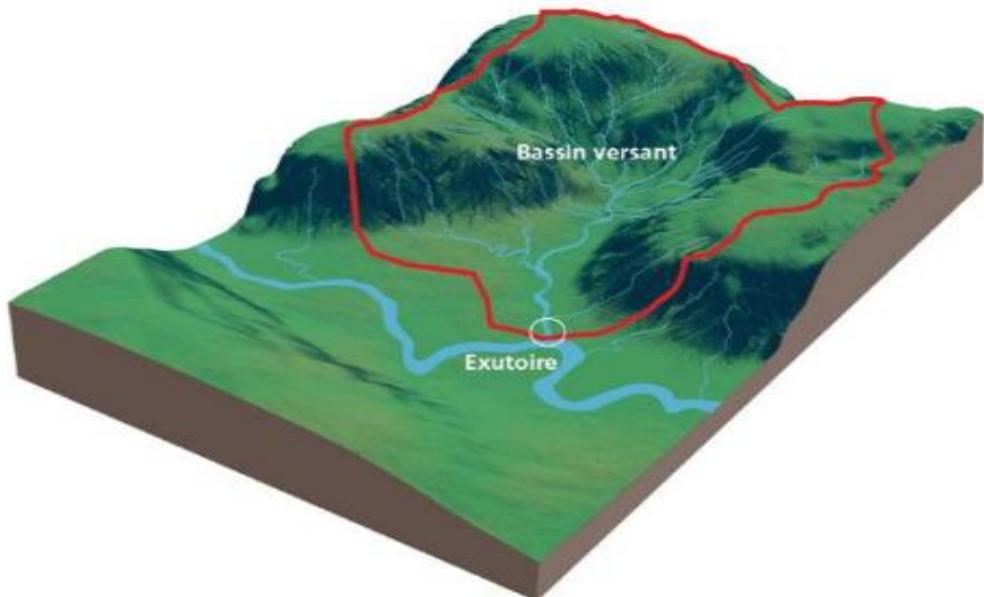
Les ressources en eau du périmètre de Manombo Ranozaza sont assurées par la rivière d'Antsakoandahy et ses affluents [3].

I.2.2.1 Définitions du BV

Par définition un bassin versant est toute surface délimitée topographiquement et hydro géologiquement, drainée par un ou plusieurs cours d'eau et ses affluents à l'amont de la section appelée exutoire [4]. La limite sera tracée sur une carte topographique correspondant en suivant les lignes de crête bordant le bassin et ne traversera le cours d'eau qu'au droit de la station considérée (Figure 5).

I.2.2.2 Exutoire

L'exutoire est le point le plus bas en aval du réseau hydrographique par lequel passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin (Figure 5). La ligne de crête d'un bassin versant est la ligne partage des eaux. La ligne ainsi définie, limite les bassins versants topographiques adjacents.



Source : www.prim.net

Figure 5: Bassin Versant

I.2.3 CRUE

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière (débit) et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. L'importance de l'inondation dépend de trois paramètres : la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la durée de la crue. Ces paramètres sont conditionnés par les précipitations, l'état du bassin versant et les caractéristiques du cours d'eau (profondeur, largeur de la vallée, etc.). Ces caractéristiques naturelles peuvent être aggravées par la présence d'activités humaines.

I.2.3.1 Différents types de crue

En général, il y a quatre différents types de crue :

- Crue annuelle : Le débit maximal atteint dans l'année. A Madagascar, ce type de crue est observé du mois de novembre au mois d'avril.
- Crue maximale probable ou crue exceptionnelle : Il s'agit de la crue maximale qui pourrait se produire dans les conditions les plus mauvaises et les plus critiques. Le débit est dans ce cas fonction du régime de pluie ou autres facteurs comme la glace ou la neige.
- Crue historique : C'est la crue observée à partir des enquêtes menées sur place. Le débit maximal est déduit par extrapolation de la courbe de tarage jusqu'au niveau de la crue historique.
- Crue fréquentielle : C'est la crue annuelle susceptible d'être atteinte ou dépassée n fois pendant une période N.

I.3 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La Commune Rurale d'Ankililoaka se situe au Sud-Ouest de Madagascar à 70km au Nord de la ville de Toliara [5], appartient au District du Toliara II dans la Région Atsimo-Andrefana (Figure 6). Elle se situe entre latitude 22°47'S et 22°46'S, et de longitude 43°37'E et 43°38'E dans le système de coordonnées géographiques UTM WGS 84, zone38S.

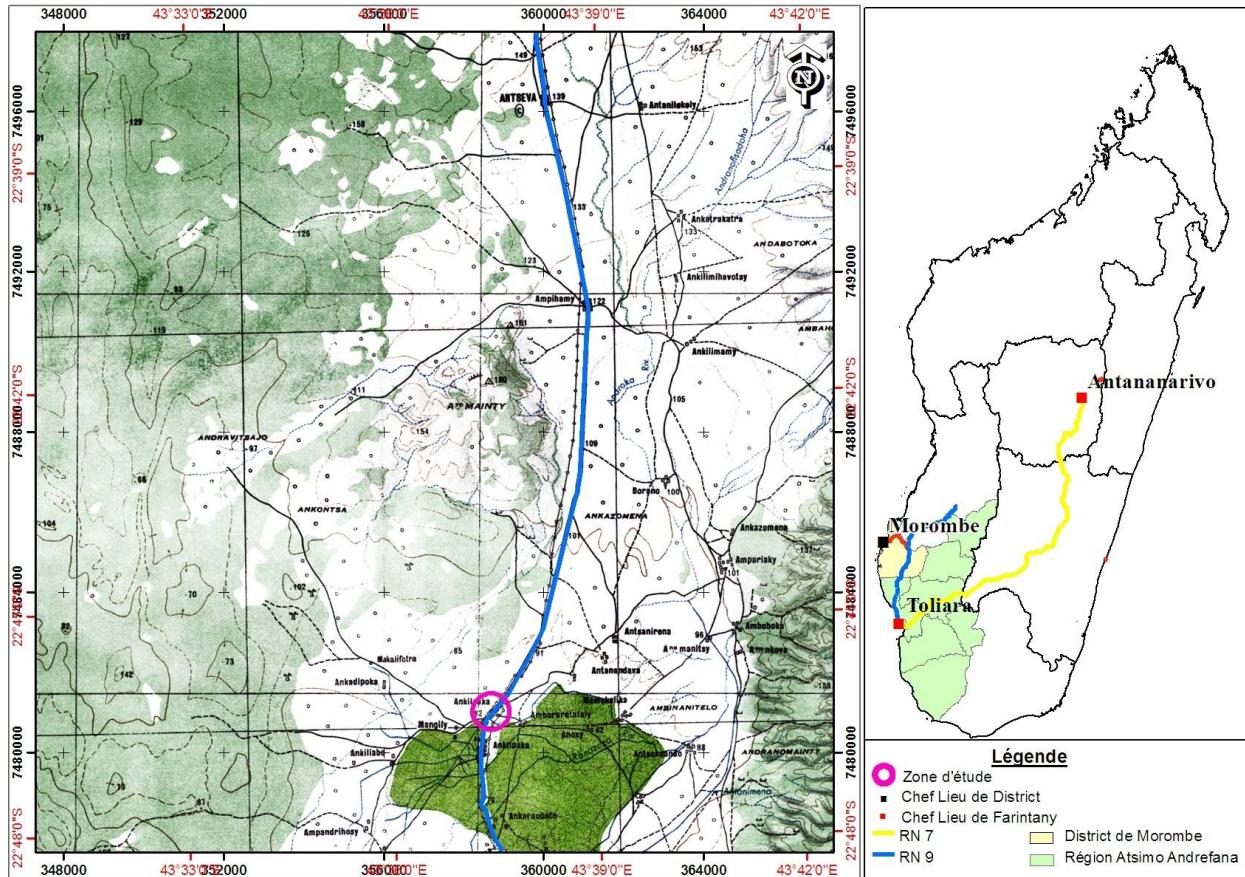


Figure 6: Localisation de la zone d'étude

La Commune Rurale d'Ankililoaka est traversé par la RN 9 (Figure 6) à 70 km au Nord de la ville de Toliara). Elle est limitée [5] :

- Au Nord par la Commune Rurale d'Analamsampy ;
- Au Sud par la Commune Rurale de Milenaka ;
- Au Sud-Ouest par la Commune Rurale de Manombo-Sud ;
- À l'Ouest par le canal de Mozambique.

La Commune Rurale d'Ankililoaka compte 24 Fokontany sur une superficie totale de 853 km² avec une population estimée en 2016 à 62 192 habitants (Tableau 1) comprenant principalement les ethnies suivantes : Masikoro, Vezo, Bara, Antandroy, Merina, Betsileo, ... Cette zone est incluse dans le vaste pays des Masikoro, anciens sujets des souverains Andrevola.

Tableau 1: Nombre d'habitants et d'habitations par fokontany [6]

Fokontany	Population	Nombre de toits
Ampanolora	1828	987
Ambaratafaly	1950	980
Amboboka	1990	850
Ambondro	1350	600
Ampihamy	3100	1002
Ankiliabo	1200	450
Ankililoaka I	7212	2850
Ambilimiririo	3500	1345
Antseva	2218	785
Tanandavamandroso	2018	740
tanambao	3236	1570
Anosy	2528	1030
Andranomanintsy	2300	655
Andranohova	2338	987
Ankililoaka II	7192	3034
Ankilimaro	3000	1250
Ankatempoky	2136	1245
Ankorondamoty	1218	345
Antanilehibe	2215	976
Antnimena	2100	980
Maikandro	3001	1200
aborano	1234	320
Andranolava	1773	502
Ambovotsiritsy	1456	524
Total	62192	25799

Source : INSTAT

I.3.2 SITUATION PHYSIQUE

I.3.2.1 Contexte climatique

La Commune Rurale d'Ankililoaka abrite depuis l'année 1964 une station météorologique à Ampihamy au Nord d'Ankililoaka et une autre station se trouve à Ankaraobato dans la Commune Rurale de Milenake à 2 km au Sud de la localité d'Ankililoaka.

La Région Atsimo Andrefana de Madagascar a un climat semi-aride. La saison des pluies estivales va de décembre au mois de mars ; la saison sèche s'étend sur le reste de l'année, du mois d'avril au mois de novembre, avec une courte saison fraîche d'avril à juin. L'été apporte des pluies abondantes mais courtes ; l'hiver apporte quelques averses à caractère frontal.

L’insuffisance des pluies, aggravée par leur irrégularité, est l’inconvénient majeur du climat de la Région Atsimo Andrefana. Il existe une grande différence entre l’année la plus pluvieuse et l’année la plus sèche. L’instabilité climatique renforcée par les actions d’origine anthropique donne aux cultures un caractère précaire.

- Température

L’influence relative de la continentalité est à l’origine de deux saisons bien distinctes : une saison chaude (faosa – Asara) et une saison fraîche (Asotry). Par contre, l’influence du canal de Mozambique sur le littoral rend le climat beaucoup modéré durant les périodes fraîches. Le tableau suivant montre les moyennes des températures mensuelles enregistrées à la station d’Ankaraobato de 1961 à 1991 :

Tableau 2 : Température moyenne à la station météorologique d’Ankaraobato

Mois	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
T (°C)	28	27,7	26,3	24,6	21,9	20,5	19,8	20,2	23,1	25 ,4	25,9	27,4	24,2

Source : Direction de la météorologie (1961 – 1991)

Ces données montrent que la température moyenne annuelle d’Ankaraobato est de 25°C. Ce qui est relativement très élevé. L’absence de nébulosité explique les températures très élevées.

- Pluviométrie

A cause de l’effet de Foehn, les précipitations du Sud-Ouest de Madagascar sont toujours faibles, influence des vents secs et chauds [7]. Les pluies sont insuffisantes et très irrégulières, mal réparties dans l’espace et dans le temps.

Dans notre zone d’étude, elle est à faibles pluies, les précipitations mensuelles moyennes sont inférieures à 400mm, mais elles ne dépassent pas les 800mm dans le cas où les pluies sont abondantes, en raison de la collision des cyclones en provenance du Nord pendant la saison des pluies. Les pluies tombent pendant plusieurs jours de suite pendant la saison des pluies.

L'évaporation potentielle est forte, supérieure à 1200mm, elle peut atteindre ou dépasser les 1800mm

Ces tableaux ci-dessous vont nous permettre de montrer la pluviométrie de notre zone d'étude :

Tableau 3: Pluviométrie moyenne aux stations météorologiques d'Ankaraobato et Ampihamy

Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Ankaraobato Hauteur d'eau (mm)	209	152,4	148,2	11,1	12,3	20,8	16	92	9,5	11,5	44,5	51,5	778,4
Ampihamy Hauteur d'eau (mm)	190	294	71	0	15	0	0	0	0	0	19	16	610

Source : Direction de la météorologie (1961 – 1991)

D'où, la pluviométrie moyenne annuelle dans cette zone d'étude est inférieure à 800mm. Les mois de janvier –février –mars sont les plus pluvieux.

Par simple comparaison des données pluviométriques des deux Stations Ankaraobato et Ampihamy, on constate que :

- Les pluies sont plus abondantes au Nord d'Ankililoaka ;
- Les pluies sont irrégulières d'une année à l'autre : durant les 4 mois les plus pluvieuses (décembre – mars).

Les cyclones tropicaux et des dépressions qui se forment dans le canal de Mozambique apportent beaucoup des pluies et contribuent à l'irrégularité de la pluviométrie (Tableau 4).

Les pluies sont parfois brutales et de courte durée. Ce type de pluies présente peu d'intérêt pour la végétation en général et pour la riziculture en particulier. Ces pluies exceptionnelles sont génératrices d'un ruissellement de courte durée mais très érosif.

L'instabilité climatique renforcée par des actions d'origine anthropologique donne à la culture de riz un caractère aléatoire dans certains secteurs de la zone d'étude.

- Les vents

Notre zone d'étude se localise dans la frange côtière de la Région Atsimo Andrefana et balaye par un vent du Sud dominant « tiok'atimo », sa direction est de Sud-Ouest vers Nord Est. Le « tiok'atimo » souffle en rafales sans discontinuité pendant plusieurs jours [8]. Mais elle n'est pas réellement une zone cyclonique à cause de l'existence de barrière anticyclonique au sud du canal de Mozambique. Les cyclones qui arrivent sur la partie Sud-Ouest, sont déjà affaiblis par la traversée d'une partie du nord de l'Île. En général, la vitesse des vents cycloniques du Sud-Ouest ne dépasse pas les 150 km à l'heure.

Le tableau suivant donne en effet certaines caractéristiques de cyclones qui sont passés de 1985 à 2000 dans la Région Atsimo Andrefana (Tableau 4).

Tableau 4: Quelques cyclones ayant passé dans la zone d'étude

Saison cyclonique	Noms de perturbations	Date de passage à Toliara	Pluies maximums en 24 heures	Vent maximum instantané
1985-1986	HONORINE	09 au 17-03-1986	38mm	58km/h
1987-1988	CALIDERA	11- au 20-01-1988	34mm	47km/h
1993-1994	DAISY	-	46mm	81km/h
-	GERALDA	-	-	98km/h
1999-2000	ELINE	17 au 18-02-2000	16,9mm	30km/h

Source : Service de la Météorologie Antananarivo – 2000

I.3.2.2 Relief

La Commune Rurale est située sur une vaste plaine, Toliara possède une large surface plane sablonneuse due à des dunes du côté littoral.

I.3.3 UNITE PEDOLOGIQUE

Dans la partie Sud-Ouest Malgache, comprise entre les vallées Mangoky au Nord et l'Onilahy au Sud, le socle a été recouvert par une succession de formations sédimentaires [9].

En surface, le type de sol tient compte à la fois du degré d'évolution du sol, de l'abondance en humus, de la nature de la roche mère et des conditions climatiques et autres [10].

Les types de sols présents dans la zone d'étude sont :

- Les sols dit sableux roux à texture sableuse ou sablo argileuse de couleur allant du rouge jaune ou brun foncé ou noir.

- Les vertisols ou para vertisols : ces sols sont de couleurs sombres, riches en argiles gonflantes de type montmorillonite. Ils sont très fertiles mais d'une étendue assez limitée.

- Les sols peu évolués d'apport ou sols alluvionnaires appelés « baiboho ». Ils sont pratiquement défrichés pour la pratique des cultures de coton, de maïs et de pois du Cap.

- Les sols hydromorphes sont situés dans le bas-fond qui a une teneur en matières organiques variable. Ils sont favorables pour la riziculture inondée [11].

Sur les sols de rizières, il a été observé des sols hydromorphes : minéraux dont la fertilité est souvent faible, moyennement organiques de fertilité moyenne à forte et organiques de fertilité souvent forte. La plaine d'Ankililoaka est une véritable cuvette marécageuse parcourue par la rivière Ranonjaza et une multitude de canaux d'irrigation ou de drainage (l'un de ces canaux d'irrigation c'est le Canal Rive Droite : le CRD est l'emplacement de notre réalisation de travail).

I.3.3.1 Hydrographie

La saison sèche et la saison de pluie succèdent sur la CRA, alors la majeure partie des cours d'eau de la Région Atsimo Andrefana est soumise à un régime tropical à deux saisons bien tranchées. La rivière Ranonjaza et le Canal Rive Droit traversent notre zone d'étude (Figure 7) et les inondations engendrent généralement des effets dévastateurs importants et la destruction de canaux d'irrigation. Ses débits sont en corrélation étroite avec les pluies. La période des hautes eaux est le mois de Décembre jusqu'à mois de Mars. C'est une période pendant laquelle leurs débits provoquent des inondations catastrophiques et brutales. Les basses eaux sont entre le mois de Juin à Novembre, elle est la période très faible en débits.

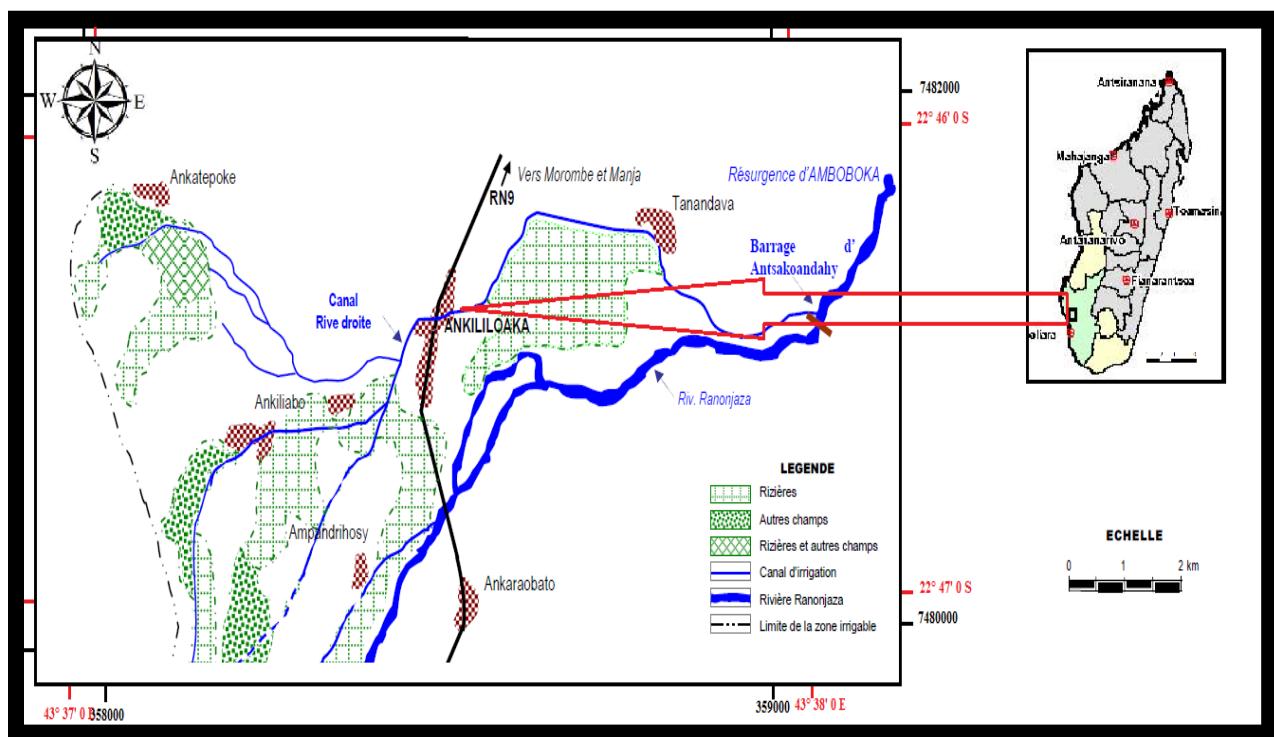


Figure 7 : Carte hydrographique

I.3.4 SITUATION SOCIO- ECONOMIQUE

I.3.4.1 Activité économique

L'agriculture et l'élevage sont les deux principales activités économiques de la zone d'étude. Ces activités se sont développées au fil du temps, parallèlement à la croissance démographique. Dans la CRA, la population qui participe aux activités économiques est très jeune car la tranche d'âges de 12 à 17ans compte 10525 individus. Ils vont apprendre précocement les activités agro-pastorales puisqu'une petite minorité des parents qui habitent à Ankililoaka s'intéressent à l'éducation de leurs enfants : 20% des enfants seulement vont à l'école dont les 45% arrivent au niveau de 9^{ème} [12] La plupart des filles abandonnent la classe pour se marier ou pour accomplir des tâches ménagères et s'accoutumant très vite aux activités agricoles [13].

I.3.4.1.1 Agriculture

La Commune Rural d'Ankililoaka a une superficie de 1.600 hectares à cultiver dont 900 hectares pour le riz [14]. Mais les méthodes et les techniques culturales ne sont pas modernes. La pratique des techniques traditionnelles provoque la dégradation du sol, l'insuffisance de l'eau et l'invasion des ravageurs.

I.3.4.1.2 Elevage

Sur l'élevage, la population pratique l'activité d'élevage traditionnel. Les habitants de la zone d'étude pratiquent l'élevage mixte (élevage des bœufs avec moutons, chèvres ...). Mais l'élevage des bœufs se développe bien plus que par rapport à celui du caprin qui est encore limité.

I.3.4.1.3 Commerce et le marché

Les produits agropastoraux sont commercialisés au marché hebdomadaire communal du vendredi d'Ankililoaka. Dans la zone d'étude, le marché est non seulement un lieu d'échange, mais aussi un lieu de contact et d'information entre les différentes familles.

I.3.4.2 Infrastructure sociale

I.3.4.2.1 Education

Le tableau ci-après montre l'effectif des élèves par établissement de la Commune Rurale Ankililoaka (Tableau 5). Selon l'enquête fait par l'INSTAT en 2018.

Tableau 5: Effectif des élèves par établissement année 2018

Localité	Primaire		Secondaire	Nombre d'enseignants
	EPP	Privé		
Amboboka	95			04
Ambondro	157			03
Ampihamy	240			04
Ankatepoka	97			02 + 01 suppléant
Ankiliabo	258			04
Ankililoaka I	410	434	238	13 + 23 + 08
Ankililoaka II	292			08
Anosy	36			03
Antanilehibe	237			06
Antseva	313			07
Tanambao	137			01 + 02 suppléants
Tanandava-Mandroso	125			05
Ankorondamoty	149			02
Ambararatafaly	141			03 + 01 suppléant
Anjaroe	157			01
Andranomanintsy		63		01 + 01 suppléant
Andranomena		75		02
Ambovombositry		103		01

Source : Plan Communale de développement d'Ankililoaka

L'effectif total des élèves de la classe primaire est de 3.519 dont 675 provenant des établissements privés. Les élèves de CEG sont de 238. Le nombre des enseignants est de 132 dont 04 suppléants (Tableau 5). Dans la Commune Rurale d'Ankililoaka, les enfants sont motivés pour aller à l'école mais le problème se trouve au niveau des parents qui les retiennent pour les travaux agricoles. L'Ecole Primaire Publique n'existe pas dans certains fokontany : Ampagnolora, Ankilimaro et Ankilimirorio ; Ankilimirorio a pourtant une école primaire privée. Les moyens financiers des parents sont limités, or que les fournitures scolaires sont chères. L'état de santé empêche également les élèves de suivre convenablement les cours. Le taux d'analphabétisme des adultes est de 75%. La commune ne dispose ni de centre d'alphanétisation des adultes ni de bibliothèque.

I.3.4.2.2 Santé

L'hôpital d'Ankililoaka vient d'être inauguré le 13 novembre 2001, mais auparavant, la population fréquentait le CSB (Centre de Santé de Base) de la Commune voisine (Tableau 6). Désormais, la commune dispose d'un dispensaire dont la capacité s'avère limitée pour satisfaire les besoins de la population. Mais des carences sont constatées en termes de besoins de par l'absence de cabinet dentaire et de clinique. Le tableau montre les données statistiques relatives au domaine de la santé en 2007.

Tableau 6: Données statistiques relatives au domaine de la santé en 2007

Formations sanitaires	Nb de médecins	Nb de paramédicaux			Nb de consultations par mois	Nb d'accouchements par mois
		Sage-femme	Infirmiers	Aide-sanitaires		
01 CSB 2	01	01	-	-	11.500	120
01 Dispensaire public	01	-	01	-	5.700	-
01 Dispensaire privé catholique	-	-	01	01	8.350	-

Source : Plan de développement Communal Rural d'Ankililoaka

Les problèmes de santé se posent dans la Commune Rurale d'Ankililoaka, parce qu'il y a insuffisance de centres de soins de santé. Le taux de vaccination enfantine est de 50%, qui se répartissent comme suit : DTCP : 30% ; BCG : 10% ; Rougeole : 10%. Le taux de mortalité infantile est de 10%. Dans la zone d'étude, les maladies les plus courantes sont la diarrhée et le paludisme. La population porte ses malades à Ankililoaka, mais quelques fokontany sont situés très loin du chef-lieu de la commune. Le plus éloigné est Antanilehibe, qui se trouve à 22km.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODE

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODE

Ce chapitre est consacré à la présentation des matériels et la méthodologie adoptée pour cette étude :

II.1 MATERIELS

Pendant la réalisation de ce travail, on a utilisé des données multi source.

II.1.1 DONNEES UTILISEES

II.1.1.1 Bibliothèques et centres de documentation

Des documents dans des bibliothèques et centre de documentation ont été utilisés durant la réalisation de ce mémoire. Ces bibliothèques et centre de documentation sont les suivantes :

- Bibliothèque universitaire Antananarivo
- Bibliothèque de l'IOGA
- Centre de documentation à Ankililoaka.

II.1.1.2 Données météorologiques

Les données météorologiques utilisées pendant la réalisation de ce mémoire sont :

- De la Direction Générale de la Météorologie Nationale à Tuléar
- Dans des sites web météorologiques

Ce sont des données clés dans l'étude de phénomène d'inondation et sécheresse.

II.1.1.3 Internet

L'Internet est un système informatique utilisé pour la recherche des documents. Des sites web de ce système ont été utilisés durant la réalisation de ce mémoire et du site web www.google.com pour avoir des images.

II.1.1.4 Supports de cours

Des supports de cours en première année (L1), en deuxième année (L2) et troisième année (L3) ont été employés durant la réalisation de ce travail.

II.1.1.5 Fiche d'enquête

On a fait des enquêtes pour mener à bien la collecte de données et disposer ainsi d'informations pertinentes, des questionnaires de recherche adaptés à chaque type d'acteurs ont

été établis. L'enquête s'est déroulée à Ankililoaka et dans la zone Sud-ouest de Tuléar, District Tuléar II, durant le mois de Novembre 2018 (Annexe 1).

Nous avons été effectués l'enquête auprès du Maire de la Commune Ankililoaka pour avoir plus d'information concernant l'inondation et le nombre de la population sur cette Commune. Ainsi, nous avons interrogé 3 personnes sur 108 habitants durant la descente sur terrain dans la zone concernée.

II.1.1.6 Données bibliographiques

Il y a aussi des données qu'on a acquises dans des documents constitués par des ouvrages généraux, de travail de recherche, des documents du bureau d'étude et des archives.

II.1.1.7 Appareil photo

On a utilisé un appareil photo pour prendre quelques photos pendant la réalisation de ce travail.

II.1.2 LOGICIELS

On a été utilisé des logiciels comme « Excel, Word » durant la réalisation de ce travail.

On utilise encore des logiciels suivants :

- Google Earth
- Arc Gis
- ArcView
- GPS

II.2 METHODOLOGIE APPLIQUEE A L'ETUDE

Notre travail a été basé sur l'étude bibliographique. En effet, durant la réalisation de cet ouvrage, des recherches documentaires ont été effectuées pour collecter des données ou des informations intéressantes concernant :

- La construction de l'occupation
 - Les caractéristiques du BV
 - Le calcul du débit et de la vitesse
 - Les méthodes pour la construction du radier
- Collecte des données ou information dans des bibliothèques

Des documents (monographies, revues, articles de périodiques, thèses, mémoires) dans des bibliothèques et centre de documentation ont été consultés afin de collecter des données ou des informations relatives à notre sujet. Les références des documents importants ont été rédigées.

- Collecte des informations dans des sites web internet

Des sites web de l'Internet ont été consultés pour avoir des informations importantes concernant notre thème. Les références des sites web correspondant à ces informations ont été notées.

- Exploitation des logiciels

Les logiciels « Power point, Word et QGIS » ont été exploités pour rédiger et présenter ce devoir.

- Collecte des informations dans des supports de cours

Pour avoir d'autres informations concernant notre étude, des supports de cours en première année, deuxième année et troisième année en LIGCRR en Option Physique et application ont été consultés durant la réalisation de ce mémoire.

II.2.1 CONSTRUCTION DE L'OCCUPATION DU SOL

Pour la construction de l'occupation du sol il y a trois étapes à franchir :

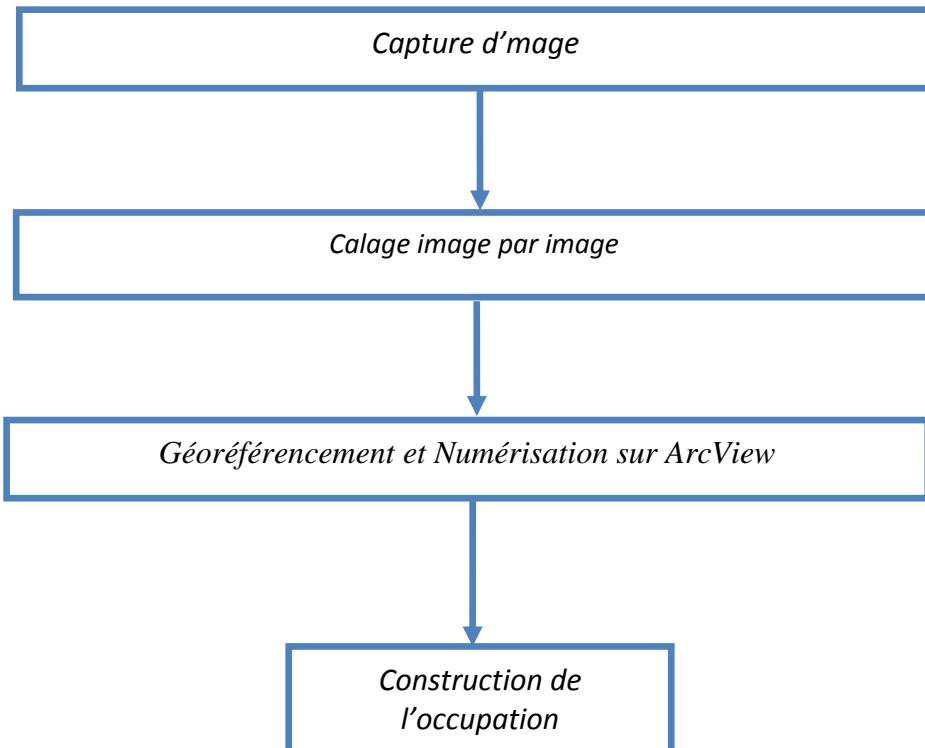


Figure 8: Diagramme de la construction de l'occupation du sol

- *Capture d'image* : Pour utiliser Google Earth, on a une image récente du bassin versant. Cette image est en format JPEG, on va l'utiliser comme fond de carte.
- *Calage image par image* : L'image (JPEG) capturé dans Google Earth n'a pas de coordonnées cartographiques. Si on veut l'utiliser comme fond de carte, elle devrait être géoréférencée. Pour cela, on avait utilisé la méthode « Calage image par image » que l'on va effectuer sur le logiciel ArcGis.
- *Géoréférencement et Numérisation sur ArcView* : La numérisation de raster (image calée et carte topographique scannée) est effectuée sur ArcView. Cette action consiste à créer les différentes couches nécessaires pour obtenir des données vectrices opérationnelles appelées BD. Sur la photo calée, on numérise : les routes, les infrastructures, et toutes les sortes d'éléments qui occupent les sols, c'est la numérisation planimétrique.

Après, on fait la numérisation hydrographique ; celui-ci consiste à numériser tout ce qui concerne l'hydrographie de la zone d'étude : les rivières, l'embouchure, les lacs, la mer, les zones humides, ...

II.2.2 CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN VERSANT

L'étude des caractéristiques du bassin versant nécessite une démarche méthodique qui commence par un examen soigneux du terrain. Il y a six bassins versants sur le Canal Rive Droite (Figure 9) :

- Bassin versant 1 : RD1 celle qui est entre PM 0 à 1900
 - Bassin versant 2 : RD2 et RD3 ceux qui sont entre PM 1900 à 3950
 - Bassin versant 3 : RD4 et RD5 ceux qui sont entre PM 3950 à 5600
 - Bassin versant 4 : RD6 celle qui est entre PM 5600 à 6200
 - Bassin versant 5 : RD7 celle qui est entre PM 6200 à 6640
 - Bassin versant 6 : RD8 celle qui est entre PM 6640 à 6900

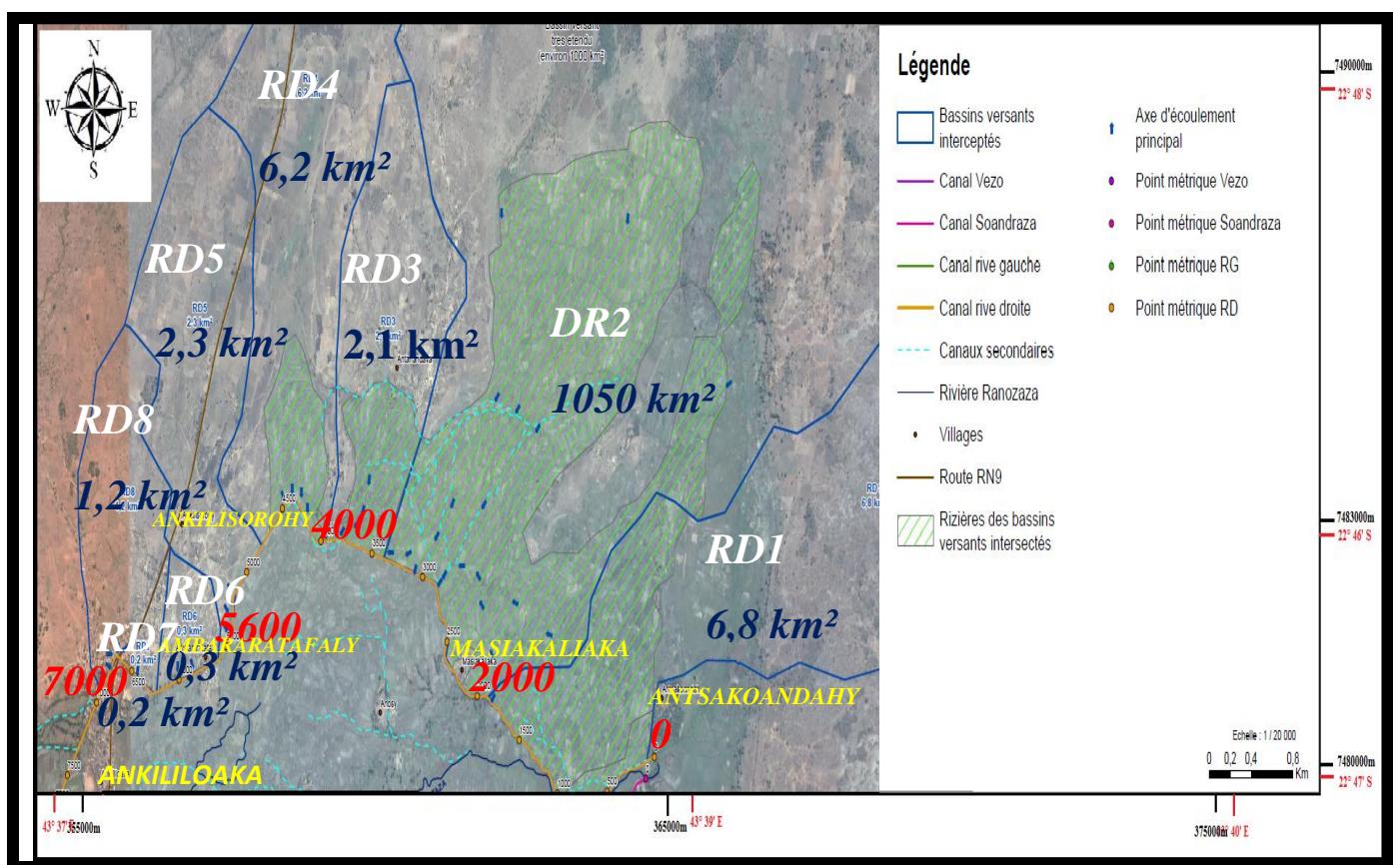


Figure 9: Délimitation des BV sur le CRD

II.2.2.1 Superficie du bassin versant

La surface du bassin versant est la portion du plan délimitée par une ligne de crête, ou contour du bassin.

Sa mesure est faite soit à l'aide d'un planimètre, soit par la méthode des petits carrés et est généralement exprimée en km².

D'une manière classique, la superficie du bassin versant se calcule ensuite à l'aide d'un planimètre électronique, appareil servant à mesurer les aires de surface plane sur une carte. Dans ce travail, elle est calculée directement par le logiciel Global Mapper (Figure 9).

II.2.2.2 Périmètre du bassin versant

Il est la longueur de la ligne de contour du bassin, exprimé en km. L'obtention du périmètre a été de la même façon que celle utilisé pour la détermination de la superficie du BV (Tableau 7).

II.2.2.3 Altitude maximale Z_{max} et altitude minimale Z_{min}

La valeur de Z_{max} et Z_{min} sont obtenues par l'utilisation du logiciel GPS (Tableau 7).

II.2.2.4 Coefficient de forme k (Indice de compacité k de GRAVELIUS) [15]

C'est un des paramètres morphologiques permettant de caractériser le milieu et aussi de comparer les BV entre eux (Tableau 7).

En général, le BV se présente sous trois formes :

- Bassin versant ramenée ou arrondi
- Bassin versant allongée
- Bassin versant ramifiée

Si K= 1, le bassin versant est un cercle, et si K > 1, il a une forme allongée. L'indice de compacité est donné par la formule [15].

Indice de compacité

$$K = \frac{\text{Périmètre du Bassin}}{\text{Perimetre d'uncerle de même superficie que le BV}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad (1)$$

Avec :

- K : Coefficient de forme
- P : périmètre du bassin versant [km]
- S : surface du bassin versant [km²]

II.2.2.5 Rectangle équivalent

Le rectangle équivalent d'un bassin versant est la transformation géométrique de ce bassin en un rectangle de même périmètre et de même surface. La longueur L et la largeur l du rectangle équivalent sont déterminées respectivement à partir des expressions suivantes (Tableau7) :

Longueur (L) et largeur du rectangle équivalent (I)

$$L = \frac{K\sqrt{S_{BV}}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12^2}{K} \right)} \right] \quad (2)$$

$$I = \frac{P}{2} - L \quad (3)$$

Avec :

- S : superficie du bassin versant [km²]
- K : coefficient de forme

II.2.2.6 Longueur le plus long cheminement L

Le plus long cheminement hydraulique L est le plus long trajet suivi par un cours d'Eau en partant d'un point quelconque à l'intérieur du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

II.2.2.7 Pente moyenne du bassin versant P

Le régime d'écoulement est dépendant de la pente d'écoulement. Plus la pente est forte, plus le débit est rapide. L'indice de pente I est exprimé en m / km (Tableau 7).

Indice globale de la pente

$$I = 0,95 \cdot \frac{Z_{\max} - Z_{\min}}{L}$$

(4)

Avec :

- Z_{\max} : altitude maximale [m],
- Z_{\min} : altitude minimale [m],
- L : le plus long cheminement hydraulique [km].

II.2.2.8 Couverture végétale [15]

La couverture végétale d'un bassin versant est définie comme toute la végétation qui se trouve implanté sur la surface du bassin (Tableau 8).

En générale la couverture végétale du bassin versant est dominée par la savane et la savane arborée.

Le tableau suivant résume les différents paramètres caractérisant la morphologie du bassin versant :

Tableau 7 : Caractéristiques des Bassins Versants

Caractéristique des bassins	RD1	RD2 et RD3	RD4 et RD5	RD6	RD7	RD8
Surface (km^2)	6,8	1050 et 2,1	6,2 et 2,3	0, 3	0,2	1,2
Périmètre (km)	11	6 ,7	11,66 et 8,6	3,78	1,8	5
Indice de compacité	1,181	1,294	1,311 et 1,588	1,421	1,593	1,278
L'(km)	3,62	2,51	4 ,43 et 3,675	1,122	0,77	1,852
I (km)	1,88	0,84	1,4 et 0,625	0,769	0,13	0,648
Altitude minimale (m)	3,44	11,615	1,736 et 4,545	7,475	8,52	7,05
Altitude maximale (m)	18	13	4 et 6	8	9	8
Pente (m/km)	2,30	0,50	0,40 et 0,50	0,70	0,60	0,50

II.2.3 CALCUL DU DEBIT ET DE LA VITESSE [15]

II.2.3.1 Débit d'eau pluvial

Le débit : C'est le volume d'eau traversant une section transversale de l'écoulement, par unité de temps. La surface du bassin versant ici est inférieure à 20km^2 alors on peut utiliser la formule rationnelle qui est valable pour les petits bassins versants.

Formule rationnelle

$$Q = 0,278 C I S \quad (5)$$

Avec :

- Q : Débit d'eau pluviale [m^3 / s]

- C : Coefficient de ruissellement, il dépend de la couverture végétale du BV.

- I : Intensité de pluie [mm/h]

- S : Superficie du bassin versant [km²]

En général, tous les BV sont couverts par différentes couches de végétation, le coefficient de ruissellement est associé à chaque couche.

Le coefficient C de bassin versant est égal à la somme des coefficients des diverses couches pondérées par leur superficie respective :

Coefficient de ruissellement

$$C = \frac{S_1C_1 + S_2C_2 + \dots + S_nC_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad (6)$$

Avec :

- C : Coefficient de ruissellement, il dépend de la couverture végétale du BV ;

- S : Superficie du bassin versant [km²]

Le coefficient de ruissellement est également fonction de « P ». P est les pentes du terrain.

Tableau 8: Valeurs du coefficient de ruissellement C suivant la topographie de terrain [16]

Natures de la couverture végétale	c	Pente
Plates-formes et chaussée de route...	0,95	-
Terrain dénudé ou végétation incouvrante ou labour frais	0,70 0,75 0,80 0,85	5% < I 5% < I < 10% 5% < I < 30% 30% < I
Culture couvrante Petite brousse	0,52 0,60 0,72 0,80	5% < I 5% < I < 10% 10% < I < 30% 30% < I
Brousse dense Savane à sous-bois	0,30 0,36 0,42 0,50	5% < I 5% < I < 10% 10% < I < 30% 30% < I

II.2.3.2 Estimation de débit de crue

Il y a deux formules empiriques pour estimer le débit de crue, ils sont déjà employés couramment à Madagascar :

- La formule de génie rural
- La formule de SOGREAH

II.2.3.2.1 Formule de génie rural

Pour estimer des crues extrêmes, le Bureau Central d'Etude de la Direction du Génie Rural a observé des débits de crues enregistrés dans l'ensemble de l'île, et Il publie en 1971 une méthode d'estimation des crues :

Tableau 9: Formule de Génie rural

	Régime des Côtes	Régime des Plateaux	(7)
Formule	$Q = 135.S^{0,5}$	$Q = 6,5.S^{0,8}$	

Avec :

- S : La surface du bassin versant [km²]
- Q : Le débit de crue [m³/s]

II.2.3.2.2 La formule du SOGREAH

La Société Grenobloise d'Etude d'Aménagement Hydraulique (SOGREAH) propose la formule :

Formule de SOGREAH [17]

$Q = 11.S^{0,8}$

(8)

Avec :

- S : La surface du BV [km²]
- Q : Le débit de crue [m³/s]

II.2.3.2.3 Vitesse moyenne d'écoulement

Pour calculer la vitesse d'écoulement, on va utiliser cette formule ci- après :

Vitesse moyenne de l'écoulement

$$\boxed{\mathbf{Q} = \mathbf{S} \cdot \mathbf{V}} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\mathbf{V} = \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{S}}} \quad (9)$$

Avec :

- S : La surface du bassin versant [km²]
- Q : Le débit de crue (obtenue par la formule du génie rural) [m³/s]
- V : La vitesse d'écoulement [m/s]

Tableau 10: Débits de crue décennale et centennale chaque BV [18]

Bassin versant	Débit de crue décennale (m ³ /s)	Débit de crue centennale (m ³ /s)
RD1	30	50
RD2 et RD 3	12	18
RD4 et RD5	19 et 13	34 et 20
RD6	3,5	6
RD7	1,6	2,8
RD8	8	13

Source : Etude complémentaire en vue de la protection des canaux contre les crues

II.2.4 METHODES POUR LA CONSTRUCTION DU RADIER

II.2.4.1 Caractéristiques générales du canal rive droite [18]

Pour le canal rive droite, la plus grande superficie à irriguer est située en bout de réseau, donc il importe de transiter le débit nominal sans pertes d'eau importantes, jusqu'à l'extrémité du canal dont la longueur totale est de 7,6 km. Idéalement, il serait donc souhaitable revêtir le canal jusqu'au bout. Néanmoins, vu le coût élevé du revêtement (Annexe 5) et la taille relativement importante du canal, il a été retenu d'arrêter le revêtement jusqu'au dalot sur la RN9, situé au PK 6,6 (PM 6600). Seul le dernier tronçon de 1 km restera donc en terre alors 86,4% est déjà revêtue (Tableau 11).

Tableau 11: Récapitulation des longueurs des canaux revêtus et canaux en terre et débits nominaux en tête des différents biefs

Réseau	Canal revêtu		Canal en terre		Long. revêtue et % / long. totale
	PM Bief	Débit (l/s)	PM Bief	Débit (l/s)	
Canal Rive droite	0 – 6600	1000	6600 - 7636	1000	6,6 km - 86,4 %
Canal Rive Gauche	6644 - 12037	900	0 – 6644 12037 - 15637 15637 - 17681	1200 900 750	5,39 km -30,5 %
Canal Soandrazza	0 – 4550 8885 - 8922	720 720	4550 – 8885 8922 – 12700 12700 - 16065	720 720 500	4,59 km - 28,5 %
Canal Vezo amont	0 - 3616	300	3616 - 6205	300	3,62 km -58,3 %
canal Vezo aval	0 - 20660	500	-	-	20,6 km - 100 %

Source : Etude complémentaire en vue de la protection des canaux contre les crues

II.2.4.2 Radier submersible avec ouvertures

Le radier submersible est un ouvrage permettant de franchir les eaux sur le canal et qui sont submergés en cas de crue.

Le radier submersible permet le passage de l'eau par-dessus. Il est donc utilisé dans les rivières qui restent à sec pendant une partie importante de l'année. Ces ouvrages conviennent surtout aux zones sahéliennes ou désertiques où l'on enregistre des crues fortes et brèves.

Les radiers peuvent être munis d'ouvertures (dalots et/ ou buses), ou non, selon l'importance de l'écoulement.

On distingue deux types de radier submersible avec ouverture :

- Radier à fond de lit, pour les cours d'eau de faible hauteur ;
- Radier surélever, pour les cours d'eau hauteur importante.

II.2.4.1.1 RADIER SUBMERSIBLE

Pour notre étude, compte tenu le profil du canal, le radier à construire sur le canal est un radier surélevé d'une hauteur de 4.0m et une longueur de 925m, à palier horizontal (900m) avec parties courbes et une pente de 10% pour la partie courbe du radier.

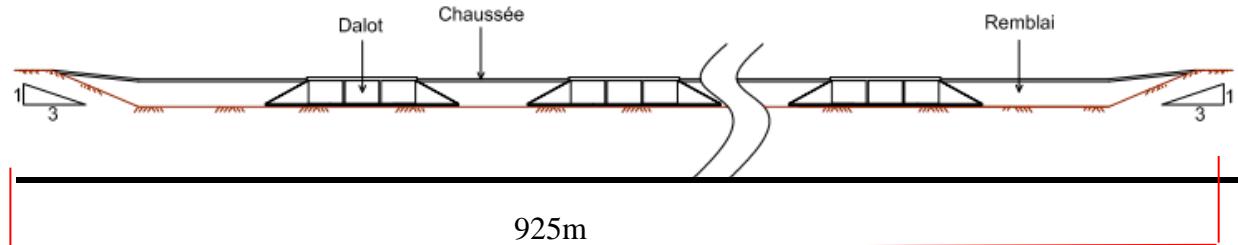


Figure 10: Vue générale de l'ouvrage

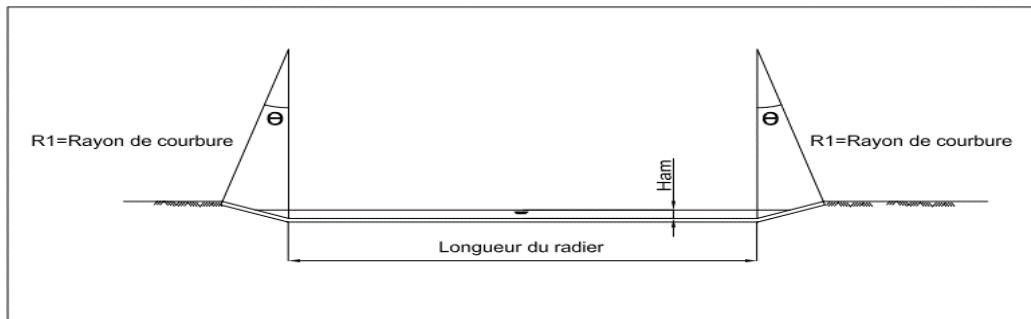


Figure 11: Coupe d'un radier horizontal à parties courbes

II. 2.4.1.1.1 Dimensionnement du radier submersible

Pour dimensionner un radier submersible, on suit les étapes de calcul suivantes :

- Calculer le débit de crue Q_{am} à évacuer par le radier par la formule de BAZIN, en considérant le régime d'écoulement dénoyé ;
- Déterminer la hauteur d'eau en aval H_{av} du radier par la formule de MANNING ;
- Vérifier si le régime d'écoulement est dénoyé ou noyé ;
- Recommencer le calcul en considérant le régime noyé, si l'écoulement est noyé.

Les hauteurs H_{am} et H_{av} sont mesurées à partir de la crête du radier (Figure 12).

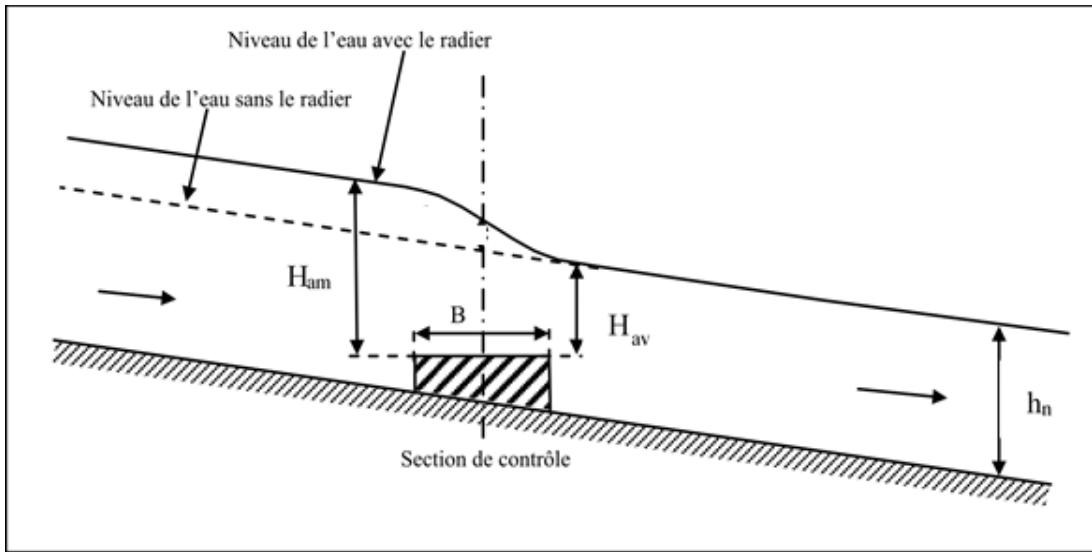


Figure 12 : Représentation des hauteurs d'eau sur un radier surélevé

II.2.4.1.1.1 Condition de prédimensionnement

Le but de notre étude est de faire passer le débit de débordement des crues du bassin versant et le débit des crues apporté par le canal en saison de pluie. Le radier doit laisser passer une lame d'eau qui soit au plus égale à 40cm de hauteur. Soit donc : $H_{am} = 0,40m$.

II.2.4.1.1.2 Débit en amont Q_{am} [19]

L'écoulement au-dessus du radier est similaire à celui d'un déversoir rectangulaire à large crête.

Le radier étant horizontal et muni de deux parties courbes de rayon de courbure égal à R₁, la formule de BAZIN pour un écoulement dénoyé permet de déterminer le débit en amont Q_{am} du radier :

Formule de BAZIN

$$Q_{am} = 0,43 \left(0,70 + 0,185 \frac{H_{am}}{B} \right) \left(L H_{am} \sqrt{2g H_{am}} \right) + 1,136 \left(2\sqrt{R_1} \right) \left(0,70 + 0,185 \frac{H_{am}}{B} \right) H_{am}^2 \quad (10)$$

Avec :

- Q_{am} : Débit mesuré en amont du radier [m³/s]

- H_{am} : Hauteur d'eau mesurée en amont du radier [$H_{am} = 0,40m$]
- L : Longueur de l'ouvrage = Largeur au plafond du radier = 900m
- $g = 9,81 \text{ N/kg}$: Intensité de pesanteur
- B : Largeur de l'ouvrage = 7m [On prend la largeur qui travaille]
- R_1 : Rayon de courbure de la chaussée

Détail de calcul du rayon R_1 (Annexe 4)

II.2.4.1.1.3 Régime de l'écoulement

Les conditions suivantes permettent de déterminer le régime d'écoulement au-dessus du radier :

- Si $H_{av} < 0,8H_{am}$, l'écoulement est dit dénoyé, le niveau aval n'influence pas l'écoulement ;
- Si $H_{av} \geq 0,8H_{am}$, l'écoulement est dit noyé, le niveau aval ralentit l'écoulement.

Si l'écoulement est noyé, il est judicieux de faire entrer un coefficient de réduction K à la valeur du débit Q_{am} définie précédemment (dénoyé).

II.2.4.1.1.4 Hauteur d'eau en aval H_{av} de l'ouvrage

Au-dessus du radier, l'écoulement est à surface libre. On détermine ainsi la hauteur d'eau en aval H_{av} du radier par approximations successives en appliquant la formule de MANNING-STRICKLER.

Formule de MANNING-STRICKLER [19]

$$Q_{av} = V \cdot S_{av} = K \cdot S_{av} \cdot R_{hav}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (11)$$

Avec :

- Q_{av} : Débit en aval du radier [m^3/s]
- $V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$: vitesse d'écoulement en (m/s)
- S_{av} : Section mouillée du radier correspondante à H_{av}
- $K = 67$: Coefficient de MANNING correspondant à la surface du radier
- $I = \sin \alpha$: pente hydraulique de la ligne d'eau [m/Km]

- α = angle entre la droite joignant 2 seuils successifs et l'horizontal
- R_{hav} : Rayon hydraulique correspondant à H_{av}

Rayon hydraulique correspondant à H_{av}

$$R_{hav} = \frac{S_{av}}{P_{av}} = \frac{\text{Section mouillée du radier}}{\text{Périmètre mouillée du radier}}$$
(12)

II.2.4.1.1.5 Nature de l'écoulement [20]

On a un écoulement à surface libre, alors sa nature est connue grâce au nombre de FROUDE, qui, lui-même, est déterminé en connaissant la vitesse d'écoulement V_n (en m/s) et la hauteur h_n (en m) de l'eau. On a les conditions suivantes :

- $Fr < 1$: L'écoulement est fluvial ;
- $Fr > 1$: L'écoulement est torrentiel ;
- $Fr = 1$: L'écoulement est critique

Vitesse d'écoulement :

$$V_n = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$
(13)

Où

$$V_n = Q_D / S_{BV}$$

Nombre de FROUDE

$$Fr = \frac{V_n}{\sqrt{gh_n}}$$
(14)

**CHAPITRE III : RESULTATS,
INTERPRETATION ET IMPACT DU
PROJET**

CHAPITRE III : RESULTATS, INTERPRETATION ET IMPACTS DU PROJET

Ce dernier chapitre montre la présentation des résultats, l'interprétation et impacts du projet. D'abord, il représente les résultats issue de l'enquête et les recherches effectuées avec interprétation, puis l'impact du projet qui est composé de l'impact social, environnemental et économique.

III.1 PRESENTATION DES RESULTATS ET INTERPRETATION

Dans cette section, nous allons voir ci-dessous les résultats issus de l'enquête à Ankililoaka puis l'occupation du sol ensuite la valeur des débits et les facteurs des crues torrentiels puis les valeurs des débits Q_{am} et Q_{av} du radier enfin la mise en œuvre du radier.

III.1.1 RESULTATS DE L'ENQUETE

➤ Dans la Commune Rurale Ankililoaka

Selon le Maire de la Commune Rurale Ankililoaka depuis son mandat en 2016, il n'y a pas d'inondation grave dans cette Commune. Pendant la saison de pluie (Decembre_Mars) et la saison cyclonique, la hauteur d'eau monte mais cela ne provoque pas d'inondation. Pendant l'année 1985 à 2000, il n'y a que cinq (05) cyclones qui a passé dans la partie Sud-ouest Malgache. Le plus fort d'entre eux c'est le cyclone GERALDA (Tableau 8) car il apporte de vent maximum instantané de 98km/h.

➤ Suivant le CRD

Concernant la question n° 1 : 98% des personnes enquêtées qui habitent au bord de canal rive droite, pratiquent la culture du riz.

En parlant de la question n°2 : en général les matériels rizicoles à Madagascar sont souvent traditionnels. 90% des interrogés utilise l'angady (la bêche), faufile et la pelle. Le 5% du cultivateurs demandés utilise les outils modernes comme : charrue, la herse, le rouleau, la houe (sarcluse), le tracteur et le rayonneur.

Pour la question n° 3 concernant la réhabilitation du CRD : la plupart des personnes enquêtées ont répondues soit « pas d'importance » (10%), « peu d'importance » (20%), ou « de l'importance » (26%) sur la culture.

En ce qui concerne la question n°4 : 56% des personnes enquêtées ont affirmé que la construction du canal est très importante pour eux surtout pour la distribution d'eau et pour la riziculture, 43% des personnes interrogé n'ont pas répondues.

Par rapport à la question n°5 : 90% des personnes interrogées ont répondues qu'il n'y a pas d'inondations suivant le CRD mais pendant la saison de pluie (Decembre_Mars) la hauteur d'eau monte et il détruit le canal.

Pour la dernière question : 38% des personnes interrogées ont répondues que la protection du canal est très essentielle surtout pendant la saison de la pluie, 60% qui n'ont pas répondu.

III.1.2 OCCUPATION DU SOL

Le sol de la CRA est occupé par des zones d'habitation, terrain de sport, sols nu, lacs, Rivières, Rizières, Cultures sèches, embouchure, savane et zones boisés. Le canal rive droite traverse des savanes et des zones cultivables comme riziculture, cultures sèches et de zones boisés (Carte ANNEXE 3). Le tableau suivant illustre les surfaces occupées pour chaque catégorie d'occupation du sol.

Tableau 12: Détails sur l'occupation du sol de la zone d'étude

Occupation du sol	Surface en ha	Surface en %
Zone d'habitation	13 861	16,25%
Grande infrastructure	904	1,06%
Sols nu	8 991	10,54%
Lac	51	0,06%
Rivière	3 105	3,64%
Rizière	12 479	14 ,63%
Culture sèche	16 309	19,12%
Embouchure	17	0 ,02%
Savane	19 277	22,6%
Zone boisé	10 304	12,08%
Total	85 300	100%

Dans la zone d'étude, la zone boisée, la savane, les grandes infrastructures (terrain de sport, canal d'irrigation, route) et la rizière dominent la plupart de la surface de l'occupation du sol : 51,07 % de la surface totale. On voit aussi que la zone d'habitation, la culture sèche occupent beaucoup de surface aussi : 35,37% de la surface totale. Les lacs, l'embouchure, les rivières, les sols nus occupent les 14,56 % de la surface total

III.1.3 VALEUR DES DEBITS

Ce tableau ci-dessous présente les résultats de l'application numérique du Coefficient de ruissellement, débit d'eau pluvial, débit de crue par GR et SOGREAH et la vitesse d'écoulement.

Tableau 13: Résultats de l'application numérique

	RD1	RD2 et RD3	RD4 et RD5	RD6	RD7	RD8
Coefficient de ruissellement	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Débit d'eau pluvial (m ³ / s)	0,098	0,03	0,09	0,004	0,001	0,017
Débit de crue par GR (m ³ /s)	352	195,6	204,73	73,942	42,69	147,9
Débit de crue par SOGREAH(m ³ /s)	51	20	21,42	4,20	1,7433	12,73
Vitesse d'écoulement (m/s)	51,76	4,17	89,01	246,47	426,9	123,3

D'après ce tableau, le bassin RD1 provoque fréquemment des crues torrentielles parce que la surface de RD1 est un peu petite (6,8km²), sa pente est très étroite (2,3m/km). Alors que son débit des crues est très élevé par rapport aux autres bassins avec de la vitesse d'écoulement un peu élevée.

Les bassins versants RD2 et RD3 ont du débit de crue élevé et une vitesse d'écoulement faible mais ses surfaces sont très grandes alors il met un peu de temps pour provoquer des crues torrentielles, et est comme le bassin versant RD1 mais sa vitesse d'écoulement est faible.

Les bassins versants RD4 et RD5 ont de pente très faible (0,40m/km et 0,50m/km) et ses surfaces sont un peu petit ($6,2\text{km}^2$ et $2,3\text{km}^2$) mais sa vitesse d'écoulement est élevée et son débit des crues aussi.

Les trois derniers bassins versants (RD6, RD7, RD8) ont de surface très petite ($0,3\text{km}^2$; $0,1\text{km}^2$ et $1,2\text{km}^2$), et ses pentes sont faibles (0,70m/km ; 0,50m/km et 0,60m/km) et ses vitesses d'écoulement sont très élevés par rapport aux autres BV à cause de ses formes.

III.1.4 FACTEURS DES CRUES TORRENTIELS

III.1.4.1 Facteur hydrographique

Vue la figure 7, on constate que les réseaux hydrographiques de la CRA ne sont pas très épanouissants : une grande rivière (Ranozaza), une petite embouchure. Sur la zone d'étude, on peut dire que le réseau hydrographique n'est pas du facteur des crues torrentielles (il n'apporte pas des crues sur les canaux)

III.1.4.2 Facteur climatique

La zone d'étude se situe dans une zone qui pleut en mois du Décembre au mois de Mars, avec une précipitation élevée (peu atteindre 1100mm/an). Cette zone n'est pas cyclonique.

III.1.4.3 Facteur géomorphologique

Le canal se trouve dans des zones basses alors que les champs, les savanes, et les zones boisés sont dans des zones un peu plus hautes. Cette situation implique que les crêtes des BV se situent dans des zones inhabitées et les eaux drainent sur ses bassins se dirigent directement vers le canal.

III.1.4.4 Réseau d'assainissement

D'après les données de l'INSTAT, la CRA a aussi un problème majeur de réseau d'assainissement surtout dans les zones basses, seulement quatre sur ses 24 Fokontany possèdent des réseaux d'assainissement ; en plus ces derniers ne fonctionnent pas correctement et ils sont mal dimensionné vue le développement.

III.1.5 VALEURS DES DEBITS Q_{am} ET Q_{av} DU RADIER

D'après l'application numérique du débit en amont (Formule 8), le débit en amont est

$$Q_{am}=326\text{m}^3/\text{s}.$$

Le tableau suivant donne les valeurs du débit Q_{av} en fonction de h :

Tableau 14: Valeurs de Q_{av} selon h

$h(\text{m})$	$S(\text{m}^2)$	$P(\text{m})$	$Rh(\text{m})$	$Q (\text{m}^3 / \text{s})$
0,0	0	900	0,0	0
0,1	90	902	0,1	64
0,2	180	904	0,2	204
0,3	271	906	0,3	402
0,4	362	908	0,4	649

Cette courbe ci-dessous montre la hauteur d'eau en aval H_{av} du radier submersible.

Courbe de tarage $Q_{av} = f(h)$

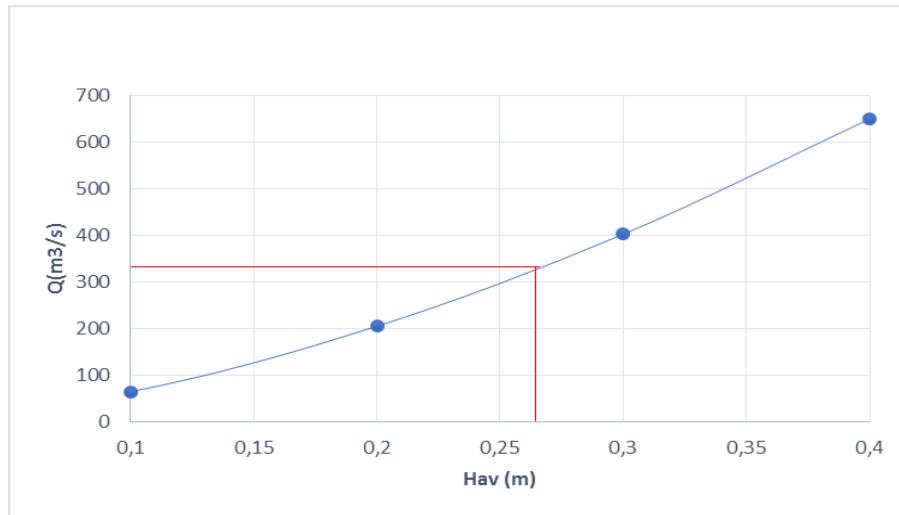


Figure 13: Courbe de tarage

La hauteur d'eau en aval H_{av} du radier submersible est $H_{av}=0,265\text{m}<0,4\text{m}$, d'après (Tableau 14) et (Figure 13).

En plus, $H_{av} = 0,265m < 0,8 \times H_{am} = 0,320m$

Le régime d'écoulement au-dessus du radier est dénoyé. Ces résultats sont applicables.

On a donc, en se référant aux formules de section mouillée, de périmètre mouillé et de rayon hydraulique, et en appliquant les formules de BAZIN et de MANNING-STRICKLER, la récapitulation dans le tableau suivant :

Tableau 15: Hauteur d'eau sur le radier et débit correspondant

Situation	Amont	Aval
Hauteur(m)	0,4	0,265
Surface mouillée S(m^2)	362	239
Périmètre mouillé P(m)	908	905
Rayon hydraulique $R_h(m)$	0,4	0,3
Débit $Q_R(m^3/s)$	326	326

La vérification de la nature d'écoulement au-dessus du radier consiste à la détermination de la vitesse d'écoulement et ensuite, le nombre de FROUDE. Après calculs, on peut avoir les résultats dans le tableau qui suit :

Tableau 16 : Nature de l'écoulement en amont et en aval du radier submersible

Situation	Amont	Aval
Hauteur H(m)	0,40	0,265
Débit Q_R (m ³ /s)	326	326
Section mouillée (m ²)	362	239
Vitesse V(m/s)	0,902	1,364
Nombre de FROUDE	0,56	0,85
Nature de l'écoulement	Fluvial	Fluvial

En amont et en aval du radier submersible, l'écoulement est fluvial car les nombres de FROUDE sont tous inférieurs à 1.

En considérant la hauteur maximale admissible en amont du radier submersible ($H_{am} = 0,40\text{m}$), celui-ci peut évacuer $Q_R = 326\text{m}^3/\text{s}$. Cette quantité est inférieure à celle du débit considéré pour le bassin versant RD1 ($Q_{RD1} = 352\text{m}^3/\text{s}$). Il faut donc réaliser des ouvertures (dalots) au-dessous du radier pour évacuer le débit de dalot Q_d restant.

III.1.6 MISE EN ŒUVRE DU RADIER

Pour la réalisation de la construction du radier, il existe plusieurs étapes à suivre :

- Etude géologique sur la constitution du sol
- Mise hors gel
- Placement des canalisations
- Si sol humide, natte de géotextile anticontaminant
- Remblais damés

- Mise en place de béton de propreté
- Mise en place des armatures



Figure 14: Pendant la mise en place des armatures

- Coulage du béton (20cm du béton armé)



Figure 15: Coulage

- Dressage de la surface du radier



Figure 16: Dressage du radier

- Talochage ou passage de l'hélicoptère

La construction des infrastructures (le radier) pour la protection du canal est très importante pour la population de la commune, car le 90% de la population de la Commune pratique la culture du riz et presque la moitié des rizières sont au bord du canal rive droite. Le radier est la résolution du problème de débordement des crues du bassin versant vers le canal et il atténue les crues pour ne pas aller directement sur les rizières et pour que les crues ne détruit pas le canal.

Pour cela, il faut savoir les différents facteurs qui provoquent les crues torrentiels et les débits des crues. Ils dépendent de la caractéristique du bassin versant (sa forme, sa superficie, ...).

La mise en place du radier aussi dépend du bassin versant, il faut le mettre en face de l'exutoire du bassin versant pour viser les crues du BV.

III.2 IMPACTS DU PROJET

Ce paragraphe développe le programme des mesures d'accompagnement environnementales et sociales qu'il faut mettre en œuvre durant la réalisation des différentes phases du projet (Installation et repli du chantier, terrassement et ouvrage).

III.2.1 OBJECTIFS

- Décrire les mesures d'atténuation, de suivi pour prévenir, minimiser, atténuer ou compenser les impacts environnementaux et sociaux négatifs, ou pour optimiser les impacts positifs du projet
- S'assurer que le projet soit en conformité aux exigences légales nationales applicables en matière environnementale et sociale

III.2.1.1 Impacts négatifs

Il s'agit des impacts sur le milieu physique ; le milieu biologique et le milieu humain.

Tableau 17: Impacts négatifs du projet d'aménagement et mesures de compensation proposées

Récepteur d'impact	Description des impacts	Mesure d'atténuation proposée
MILIEU PHYSIQUE		
Sol	<ul style="list-style-type: none"> • Tassement des sols provoqués le passage des engins et véhicules de chantier • Souillure de sols par le rejet direct de déchets liquides ; des huiles de vidanges et de déversements accidentels. • Destruction en profondeur des sols du fait de l'ouverture et/ou de l'exploitation des bancs d'emprunts et des carrières. • Modification des caractéristiques du fond, nature du sédiment par le désensablement de la zone d'implantation des pieux 	<ul style="list-style-type: none"> • Arroser les sites et régler correctement les moteurs des engins • Port de masques anti-poussière pour les travailleurs obligatoire • Application stricte de la disposition de limitation des vitesses à 30 km/h • Mise en place des unités de stockage des produits hydrocarbonés dans des réservoirs ou dans des fûts en surface placés dans les zones de confinement appropriées afin d'éviter tout déversement ou rupture du réservoir et un minimum de risques d'incendie
Sonorité	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisances acoustiques momentanée et locale due au bruit des engins de terrassement et des motopompes • Perturbation de la quiétude de la faune en général et des oiseaux par les bruits des machines des engins de terrassement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entretien régulière des véhicules et des engins et réglage régulier des moteurs • Limitation des horaires de travail pendant le jour
Qualité des eaux	Pollution de l'eau suite à des déversements accidentels des huiles usées de vidange par les engins de terrassement	<ul style="list-style-type: none"> • Collecte des déchets liquides usés pour recyclage • Revalorisation des huiles au profit de la population pour lutte contre les nuisibles des bois ; crêpis des habitations • Non-autorisation du dépôt de matériel pouvant libérer des matières polluantes en dehors d'un périmètre de sécurité. • Installation de la base-vie à l'écart de cours d'eau de manière à éviter tout risque de pollution de la ressource
Qualité de l'air	Emissions de poussière provenant des circulations d'engins et du transport de matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Actions d'arrosage sur les pistes adjacentes aux zones de travail

MILIEU BIOLOGIQUE			
Flore	<ul style="list-style-type: none"> • Défrichement /déboisement de toute la végétation sur l'emprise du projet • Risque de perte du couvert végétal et de dégradation de sols suite à l'exploitation des carrières et du gîte 	<ul style="list-style-type: none"> • Compensation des arbres abattus par le programme de reboisement • Utilisation de bois de défriche comme bois de chauffe • Remise en état des zones d'emprunt ; carrière (Revégétalisation) 	
Faune et biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de l'écosystème • Pertes de biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Interdiction de chasse • Affichage des posters sur les espèces animales et végétales protégées ou vulnérables 	
MILIEU HUMAIN			
Santé/Sécurité	Risque lié au développement de la prostitution, à la prolifération des maladies sexuellement transmissibles et VIH/SIDA due à l'arrivée des nouveaux employés dans la localité.	<ul style="list-style-type: none"> • Campagne de sensibilisation au sujet des IST et du Sida des Personnels et des populations locales • Distribution gratuite des préservatifs à tous les personnels • Soumettre régulièrement le personnel à des visites et examens médicaux de dépistage de MST et orienter le cas échéant les personnes affectées vers le • Programme National de lutte contre les MST • Mettre des préservatifs à la disposition du personnel de l'entreprise régulièrement et en quantité suffisante 	
	Risque de maladie lié à la poussière	Port des EPI des travailleurs	
	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation temporaire de la circulation ; de l'accès à la concession et aux lieux de travaux • Des risques d'accidents lors du transport des matériaux et aux déviations de la circulation 	<ul style="list-style-type: none"> • Déviation bien signalée de route • Mise en place des agents pour régler la circulation 	

III.2.1.2 Impacts positifs

Le tableau ci-dessous récapitule les impacts positifs du projet d'aménagement.

Tableau 18: Impacts positifs du projet d'aménagement

IMPACTS	DESCRIPTION DES IMPACTS
Amélioration des conditions de vie des habitants dans la zone d'implantation du projet	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du rendement de la production agricole étant donné que la rizière est à l'abri de l'inondation • Augmentation des revenus des agriculteurs • Amélioration de la sécurité alimentaire des paysans • Augmentation de revenus de la commune par la croissance de taux de participation de payement des impôts.
Création d'emplois	<ul style="list-style-type: none"> • Recrutement de plusieurs cadres moyens et supérieurs nationaux comme : 1) Conducteurs des travaux (ingénieurs), Chefs d'équipes (techniciens supérieurs), Topographes (techniciens supérieurs) ; 2) Responsable environnementale et sociale ; • Recrutement des mains d'œuvre locale
Urbanisation	Extension urbaine à l'abri d'inondation
Dynamisme économique	Développement des secteurs économiques

Le canal rive droite a été considéré comme la veine jugulaire entre la Commune Rurale d'Ankililoaka et la fokontany d'Ambomboka. C'est la voie des eaux vers la Commune Rurale d'Ankililoaka pour irriguer les rizières et les autres cultures qui ont besoin d'eau, et le canal doit être protégé par les crues. Le développement économique de la CRA est basé sur les cultures extensives du riz [21] et des cultures de la patate douces (bele) etc. Alors la protection des infrastructures (canal d'irrigation) joue un rôle très important sur le développement économique. Le projet a un impact économique sur la commune car la plupart des populations pratiquent énormément les rizicultures et les cultures du bele (patate douce).

Après la construction du canal et la réhabilitation (protection) du canal, les populations affirment qu'il y a une augmentation des récoltes [21], alors la construction de radiers pour la protection du CRD touche l'économie de la Commune Rurale.

CONCLUSION

En bref, du fait de la potentialité économique de la Commune Rurale d'Ankililoaka et du District Tuléar II et Région Atsimo Andrefana, il mérite d'avoir de nouvelles infrastructures pour garantir son développement durable.

Dans le cadre de ce mémoire, l'étude s'est principalement orientée sur la protection des infrastructures (canal rive droite). Dans ce mémoire, les principales caractéristiques du bassin versant ont été définies. On a vu que les huit bassins versants (RD1, RD2, RD3, RD4, RD5, RD6, RD7 et RD8) apportent des crues vers le canal. Pour protéger le canal les ingénieurs ont proposé de la construction des radiers, des structures variantes ayant un débit en amont est $326m^3/s$ et une couche de base en béton armé de 20cm et rayon de courbure est égal à 125,6m et une couche de fondation en béton maigre reposant sur une plateforme en remblai compacté recouvert d'un masque étanche.

Pour estimation du débit à l'entrée et à la sortie de chaque bassin versant, on utilise la formule de BAZIN et MANNING STRICKLER et ce débit ne dépasse pas $326m^3/s$. Pour assurer les évacuations des eaux de débordement issues du BV, la conception des radiers a été étudié. Pour le dimensionnement du radier, on trouve que la hauteur d'eau sur le radier est 40cm et sans radier avec une hauteur de 26,5cm

Pour une étude de l'impact du projet, il y a des impacts négatifs (Tassement des sols provoqués le passage des engins et véhicules de chantier, modification des caractéristiques du fond nature du sédiment par le désensablement de la zone d'implantation des pieux, nuisances acoustiques momentanée...) et positifs (Recrutement de plusieurs cadres moyens et supérieurs nationaux, amélioration du rendement de la production agricole étant donné que la rizière est à l'abri de l'inondation, augmentation des revenus des agriculteurs, amélioration de la sécurité alimentaire des paysans ...)

Pour conclure, même si les études sont incomplètes, ce présent mémoire m'a permis tout au long de sa réalisation de mettre en pratique sur un cas réel toutes les connaissances que j'ai acquises à l'école. Il m'a aussi permis d'élargir ma connaissance en faisant des recherches sur d'autres spécialités. Et d'un point de vue idéal, l'approfondissement de ce mémoire et la réalisation de ce Projet sera une contribution au développement de Madagascar.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Poulos H.G & Davis E.H (1973) Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics, Series in Soil Engineering, John Wileys & Sons editors, pages n°405.
- [2] Small J. C (2001) Shallow foundations, in: Geotechnical end Geo-environ-mental Engineering Handbook, Kerry Rowe (ed.), Kluwer Academic Publishers, ISBN: 0-7923-8613-2, pages n°1090.
- [3] CHAPERON P, DANLOUX J et FERRY L, 1993, Fleuves et Rivières de Madagascar, Édition IRD.
- [4] RAKOTONIAINA V.N; Août 2014 : « Caractérisation de l'aquifère par méthode électrique de la partie Est de la Forêt Mikea (Toliary) » Maitrise en Sciences et Techniques de Géophysique Appliquée (MSTGA) – Université d'Antananarivo, Option : Eau et Environnement, Département de Physique, Université d'Antananarivo, p10.
- [5] HOERNER J.M., 1986 : « Géographie Régionale Atsimo Andrefana de Madagascar », Association des Géographes de Madagascar, Antananarivo, pages n°189-200. [18] « Direction du Génie Rural / Direction Régionale du Développement Rural Atsimo Andrefana » ; MARS 2013 ; Etude complémentaire en vue de la protection des canaux contre les crues. p33
- [6] INSTAT -Monographie de la Commune Rurale d'Ankililoaka
- [7] Direction de la météorologie (1961-1991) ; « Les précipitations de la partie Sud-Ouest Malagasy »
- [8] Battistini 1964 ; « Le vent qui souffle sur la partie Sud-Ouest Malagasy »
- [9] Bourgeat et Alii 1979 ; « Le socle qui recouvre les vallées Mangoky au Nord et l'Onilahy au Sud »
- [10] A. Huets, 1970 ; « Les différents types du sol dans la partie Sud-Ouest Malagasy » page 50
- [11] Randriamampianina, 1997, « La riziculture de la Commune Rurale Ankililoaka »
- [12] MT Andriafanomezana, 1996, « Le développement de la Commune Rurale »

[13] PDC ANKILIOAKA : « Plan de Développement Communal de la Commune Rurale d'Ankililoaka », pages n°25.

[14] MARCHAL J.Y., 1969 : « La zone rizicole de la plaine d'Ankililoaka « Sud-Ouest malgache », Etude de Géographie rurale, Mémoire Géogr. Univ. Lille, pages n°200.

[15] Louis Duret ; République Malgache 1976 « Estimation de débit de crue à Madagascar » : Bassins de 5 km^2 à $50\,000 \text{ km}^2$, pages 276-320-345.

[16] RAKOTONDRAINIBE J.H., 2006, Synthèse de la géologie et de l'hydrologie de Madagascar.

[17] SOGREAH : Manuel de l'Adjoint Technique du Génie-Rural (Technique en Afrique) Edition du Ministère de la coopération Française -1975 Réimpression -1978.

[18] « Direction du Génie Rural / Direction Régionale du Développement Rural Antsimo-Andrefana » Mars 2013 ; Etude complémentaire en vue de la protection des canaux contre les crues p33

[19] MAALEL K. et HAFSIA Z., mai 2012, Ouvrages Hydrauliques, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis.

[20] COSTET J., Fascicule N°61, Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art.

[21] Unité de politique pour le développement rural (UPDR) : « Monographie de la Région du Sud-Ouest » page n° 4

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

- | | |
|---|----------------------------|
| [1] Wikipédia: Types des Radier | consulté en Décembre 20018 |
| [2] www.allmetsat.com/climat/madagascar | consulté en Novembre 2018 |
| [3] www.cours-genie-civil.com | consulté en Novembre 20018 |
| [4] www.meteovista.fr | consulté en Janvier 2019 |
| [5] www.google.com | consulté en Février 2019 |
| [6] www.cneagr.com | consulté en Février 2019 |
| [7] https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Radier&oldid=147344355 | consulté en Novembre 2018 |
| [8] www.ecoles.CFw | consulté en Novembre 2018 |

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaires d'enquête (en forme de discussion)

i - Dans la Commune Rurale d'Ankililoaka

- 1- Est-ce que votre commune a été déjà touchée par une inondation ?
- 2- La hauteur d'eau monte, a-t-il causé des inondations graves pendant la saison cyclonique ?
- 3- Parmi les cyclones qui ont passé dans votre commune, lequel a été le plus fort ?

ii- Suivant le CRD

- 1- Quelle culture pratiquez-vous ?
- 2- Quels matériels utilisez-vous pour cultiver ? moderne ou traditionnel ?
- 3- Est-ce qu'il est important de protéger le CRD ?
- 4- La CRD vous a-t-il apporté des avantages ?
- 5- Y-a-t-il des inondations pendant la saison des pluies dans ce canal ?
- 6- Est-ce que la protection du canal est-il essentiel ?

Annexe 2 : Terminologie clé de l'inondation

❖ La catastrophe :

Selon la SNGRC : « c'est un événement, soudain ou progressif, soit d'origine naturelle, soit causé par l'homme, dont l'impact est tel-que la communauté affectée doit réagir par des mesures exceptionnelles ».

❖ La gestion des risques et des catastrophes (GRC) :

C'est l'ensemble des politiques et décisions administratives, ainsi que les activités opérationnelles qui concernent les différentes phases d'une éventuelle catastrophe (y compris sa prévention), à tous les niveaux de décision.

❖ L'aléa, l'enjeu, le risque

- C'est la manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité donnée. Pour l'étude d'inondation, l'aléa est déterminé en fonction de deux critères : la hauteur de submersion et les vitesses d'écoulement des eaux
- C'est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel
- L'Encyclopédie Larousse définit le risque comme « une possibilité, une probabilité d'un fait, d'un évènement considéré comme un mal ou un dommage ». Le Risque (R) peut être déterminé comme un produit du Danger (D) et la Vulnérabilité (V).

$$R = D \times V$$

❖ La vulnérabilité

Selon la SNGRC, la vulnérabilité est : « Une série de circonstances prédominantes ou consécutives composées de facteurs physiques, socio-économiques, et/ou politiques, qui affectent les aptitudes à faire face aux catastrophes. Les vulnérabilités peuvent être d'ordre physique, social ou comportemental et de nature principale ou secondaire. Les stratégies qui réduisent la vulnérabilité, diminuent également les risques. »

❖ L'inondation

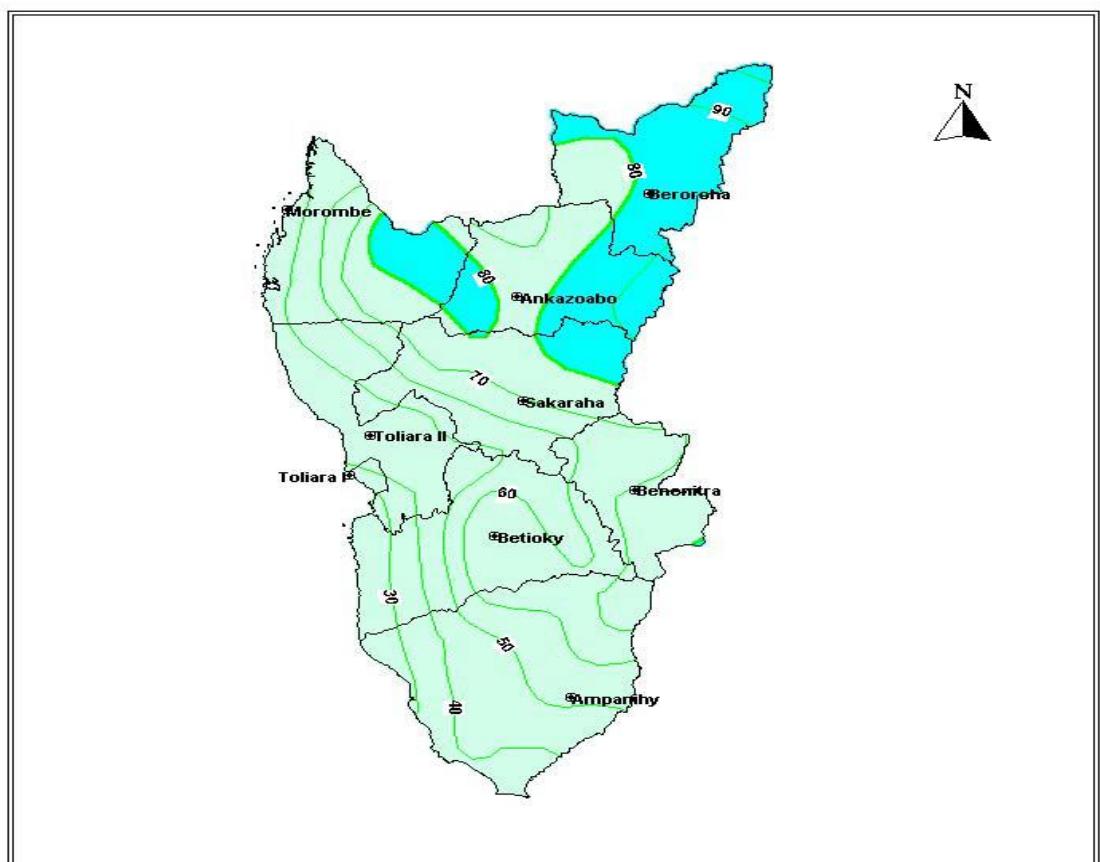
L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau.

Annexe 3 : Les cartes du Sud-ouest Malagasy

Carte : 1

CARTE PLUVIOMÉTRIQUE DE LA RÉGION ATSIMO ANDREFANA

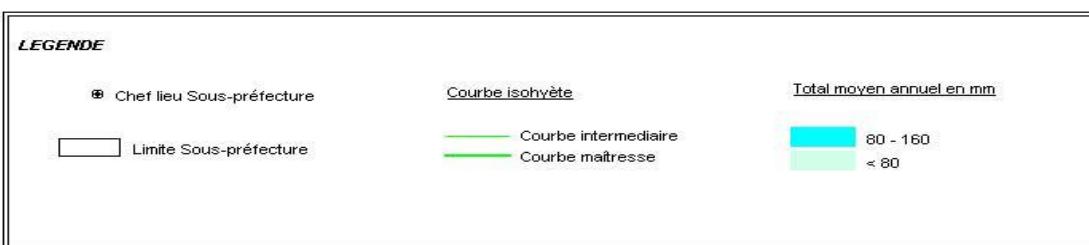
DIRECTION REGIONALE DE DEVELOPPEMENT RURAL ATSIMO ANDREFANA



Source : BD 500 FTM /MAEP/SAGE

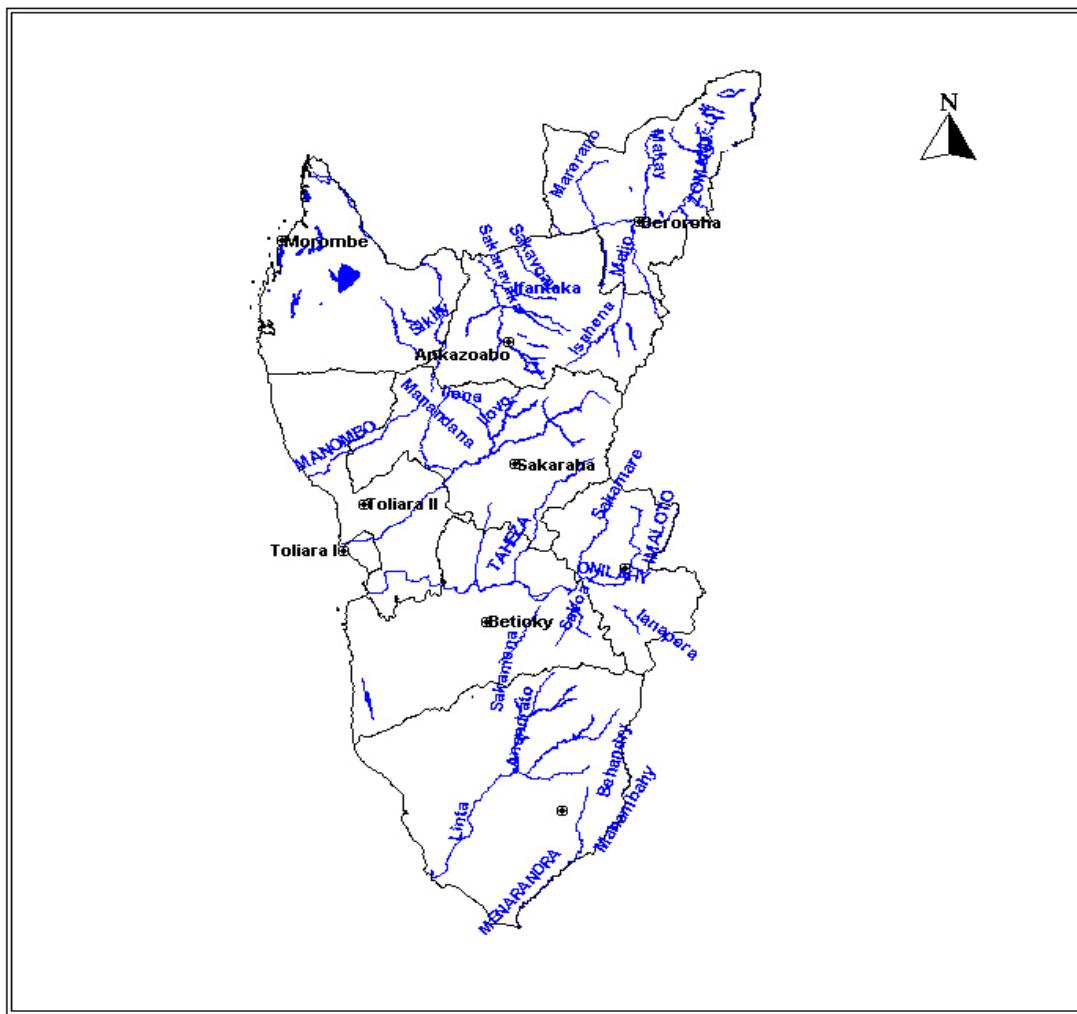
Edition: Mars 2003

0 50 100 Km



CARTE HYDROGRAPHIQUE DE LA RÉGION ATSIMO ANDREFANA

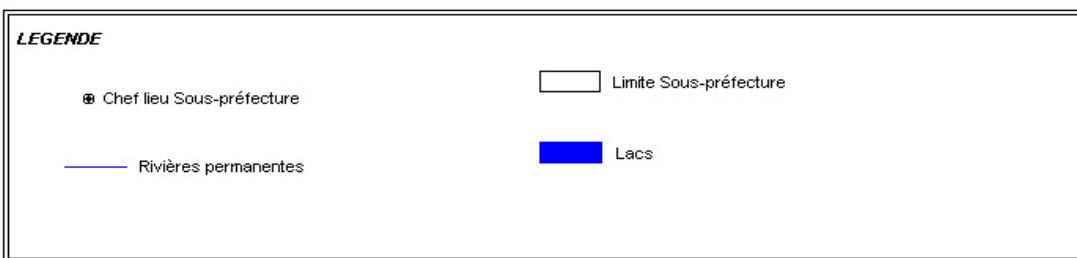
DIRECTION REGIONALE DE DEVELOPPEMENT RURAL ATSIMO ANDREFANA



Source : BD 500 FTM /MAEP/SAGE

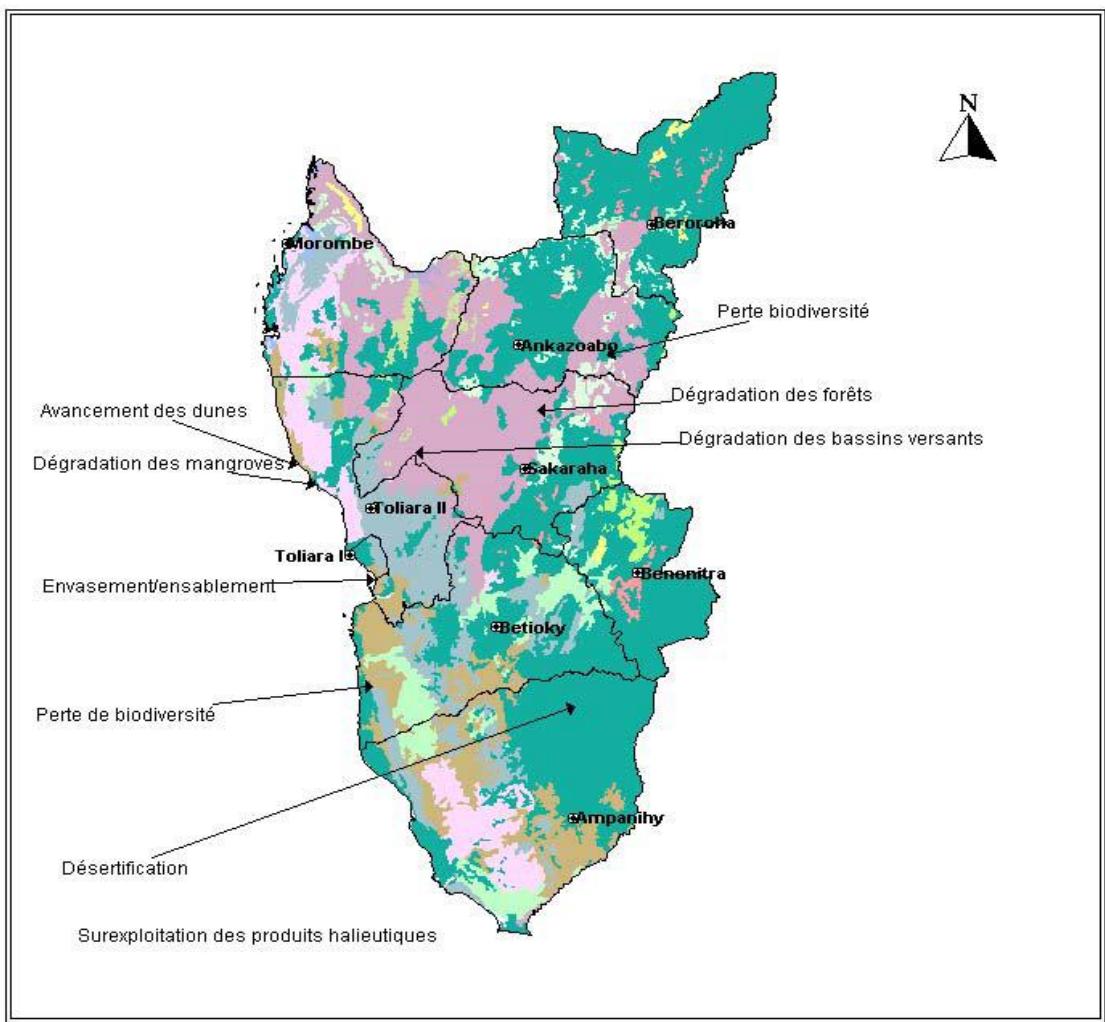
Edition: Mars 2003

0 50 100 Km



CARTE DE PROBLÉMATIQUE ENVIRONNEMENTAL DE LA RÉGION ATSIMO ANDREFANA

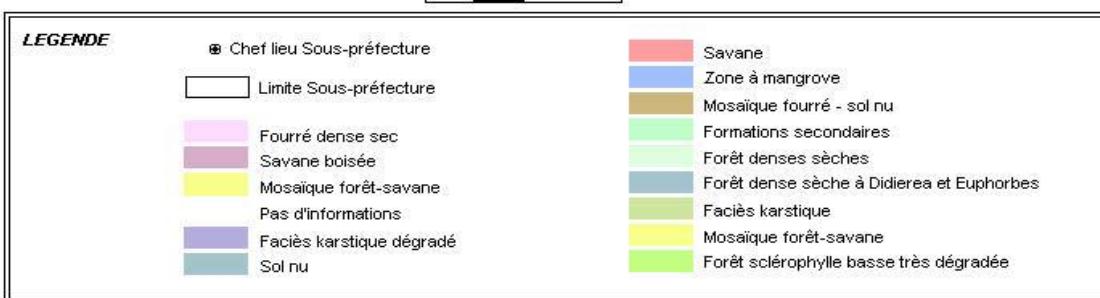
DIRECTION REGIONALE DE DEVELOPPEMENT RURAL ATSIMO ANDREFANA



Source : BD 500 FTM /MAEP/SAGE

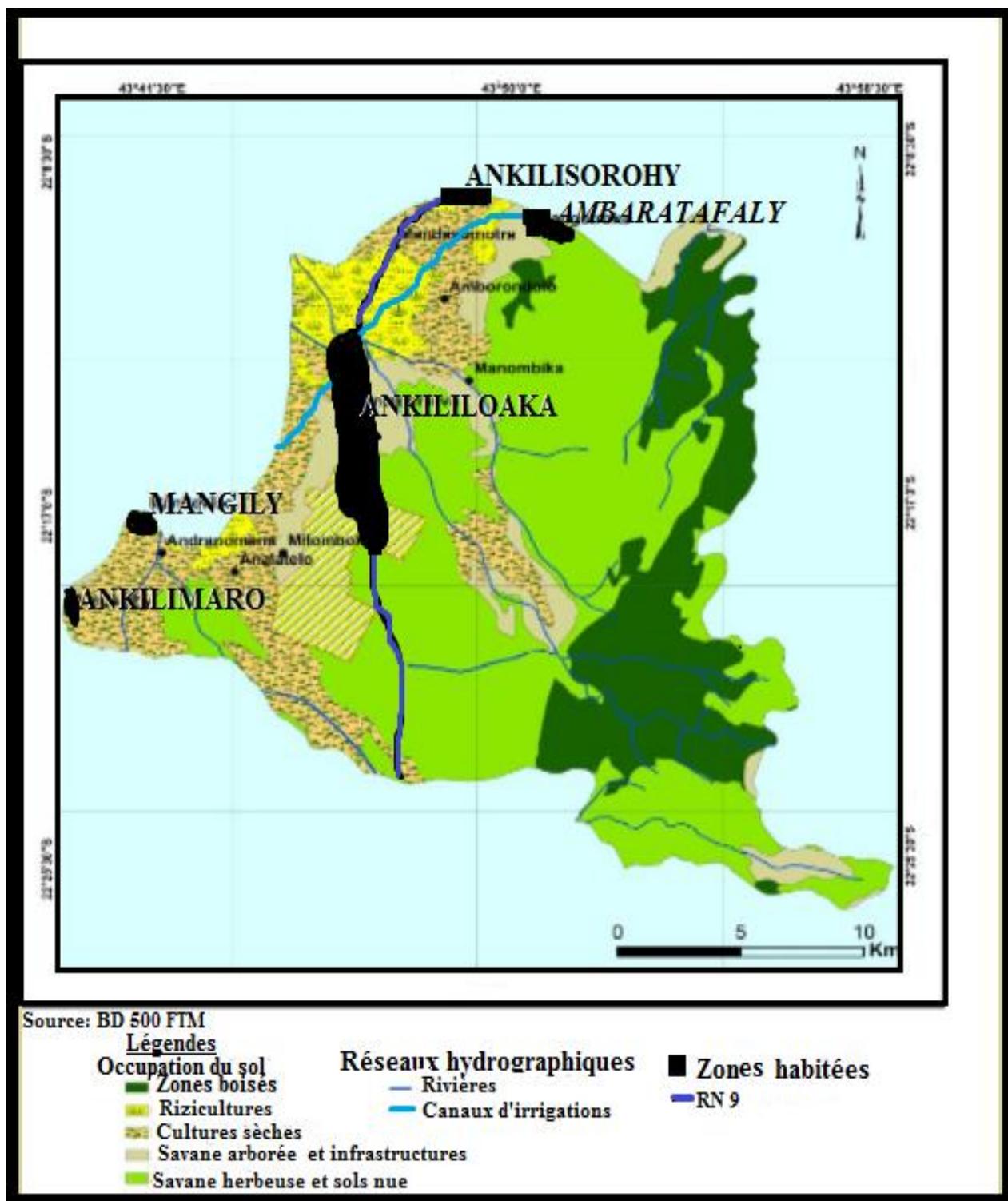
0 50 100 Km

Edition: Mars 2003



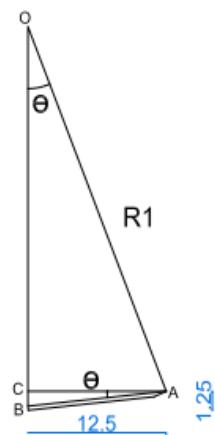
Carte : 2

CARTE DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA COMMUNE RURALE ANKILIOOAKA



Annexe 4 : Note de calcul de l'ouvrage (Radier)

I- Calcul du Rayon (R1) de courbure du radier submersible (m)



Source : Etude complémentaire en vue de la protection des canaux contre les crues

D'après la figure, on peut avoir :

$$\text{Avec : } BC = 1,25\text{m}$$

$$AC = 12,5\text{m}$$

$$\sin \theta = \frac{BC}{AB} = \frac{AC}{R_1}$$

$$R_1 = AC \times AB / BC$$

$$AB = \sqrt{AC^2 + BC^2}$$

$$AB = 12,56\text{m}$$

Alors, le rayon de courbure R₁ est égal à : R₁ = 125,6m

Annexe 5 : Estimation du coût des travaux de réhabilitation pour le périmètre amont

Désignation	Montant en Ariary (HT)		
	Total réseau irrigation amont	PISTES DE CIRCULATION	Total réseau irrigation et pistes
SERIE 000 : PRIX GENERAUX	705 315 594	56 031 605	761 347 199
SERIE 100 : TERRASSEMENT	6 447 865 655	764 828 850	7 212 694 505
SERIE200 : PROTECTION	511 743 696	24 912 000	536 655 696
SERIE 300 : BETONS ET MACONNERIES	6 496 818 625	147 821 250	6 644 639 875
SERIE 400 : APPAREILLAGES DIVERS	649 883 900		649 883 900
SERIE 500 : CHAUSSEES		183 070 000	183 070 000
TOTAL HORS TAXES	14 811 627 470	1 176 663 705	15 988 291 175

**RECAPITULATION GENERALE DES COUTS DES TRAVAUX DE REHABILITATION
DU PERIMETRE AMONT MANOMBO - RANOZAZA
(Canaux revêtus partiellement)**

Désignation	Montant en Ariary		
	RESEAU IRRIGATION AMONT	PISTES	TOTAL GENERAL
TOTAL HORS TAXES	14 811 627 470	1 176 663 705	15 988 291 175
TVA 20%	2 962 325 494	235 332 741	3 197 658 235
TOTAL GENERAL TTC	17 773 952 964	1 411 996 446	19 185 949 410

Désignation	Montant en ARIARY						Total réseau irrigation amont
	BARRAGE ANTSAKOANDAHY	CANAL RIVE DROITE	CANAL SOANDRAZA	CANAL VEZO AMONT	CANAL RIVE GAUCHE	PARTITEUR ANKARAOBATO	
SERIE 000 : PRIX GENERAUX	5 616 823	262 906 109	148 388 903	85 436 349	201 377 109	1 590 302	705 315 594
SERIE 100 : TERRASSEMENT	13 608 500	2 787 901 000	1 184 715 950	616 204 250	1 842 003 555	3 432 400	6 447 865 655
SERIE200 : PROTECTION	22 830 000	107 822 752	116 685 568	84 369 520	154 855 216	25 180 640	511 743 696
SERIE 300 : BETONS ET MACONNERIES	60 503 250	2 106 867 475	1 616 273 350	894 748 850	1 815 232 700	3 193 000	6 496 818 625
SERIE 400 : APPAREILLAGES DIVERS	15 394 700	255 530 950	50 103 200	113 404 350	215 450 700		649 883 900
SERIE 500 : CHAUSSEES							
TOTAL HORS TAXES PAR CANAL	117 953 273	5 521 028 286	3 116 166 971	1 794 163 319	4 228 919 280	33 396 342	14 811 627 470
TVA 20%	23 590 655	1 104 205 657	623 233 394	358 832 664	845 783 856	6 679 268	2 962 325 494
TOTAL TTC PAR CANAL	141 543 927	6 625 233 943	3 739 400 366	2 152 995 982	5 074 703 135	40 075 610	17 773 952 964

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	ii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FORMULES	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES ANNEXES.....	vii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I: CONTEXTE GENERALE DE L'ETUDE	4
I.1 PRESENTATION DU CNEAGR.....	4
I.1.1 HISTORIQUE	4
I.1.2 FORME JURIDIQUE	4
I.1.3 OBJECTIFS	4
I.1.3.1 Objectifs professionnels	5
I.1.3.2 Objectifs pédagogiques.....	5
I.1.4 MISSIONS	5
I.2 GENERALITES SUR LE RADIER ET LE BASSIN VERSANT	7
I.2.1 RADIER	7
I.2.1.1 Définitions	7
I.2.1.2 Types des radiers	8
I.2.1.3 Utilisations.....	8
I.2.2 BASSIN VERSANT	10
I.2.2.1 Définitions du BV	10
I.2.2.2 Exutoire	10
I.2.3 CRUE	11

I.2.3.1 Différents types de crue	11
I.3 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	11
I.3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	11
I.3.2 SITUATION PHYSIQUE.....	13
I.3.2.1 Contexte climatique	13
I.3.2.2 Relief	16
I.3.3 UNITE PEDOLOGIQUE.....	17
I.3.3.1 Hydrographie	18
I.3.4 SITUATION SOCIO- ECONOMIQUE	19
I.3.4.1 Activité économique.....	19
I.3.4.1.1 Agriculture	19
I.3.4.1.2 Elevage.....	19
I.3.4.1.3 Commerce et le marché	19
I.3.4.2 Infrastructure sociale	20
I.3.4.2.1 Education	20
I.3.4.2.2 Santé.....	21
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODE	24
II.1 MATERIELS	24
II.1.1 DONNEES UTILISEES	24
II.1.1.1 Bibliothèques et centres de documentation	24
II.1.1.2 Données météorologiques	24
II.1.1.3 Internet	24
II.1.1.4 Supports de cours	24
II.1.1.5 Fiche d'enquête	24
II.1.1.6 Données bibliographiques	25
II.1.1.7Appareilphoto.....	25
II.1.2 LOGICIELS.....	25
II.2 METHODOLOGIE APPLIQUEE A L'ETUDE.....	26
II.2.1 CONSTRUCTION DE L'OCCUPATION DU SOL	27
II.2.2 CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT	27

II.2.2.1 Superficie du bassin versant	29
II.2.2.2 Périmètre du bassin versant.....	29
II.2.2.3 Altitude maximale Z_{\max} et altitude minimale Z_{\min}	29
II.2.2.4 Coefficient de forme k (Indice de compacité k de GRAVELIUS)	29
II.2.2.5 Rectangle équivalent	30
II.2.2.6 Longueur le plus long cheminement L.....	30
II.2.2.7 Pente moyenne du bassin versant P.....	31
II.2.2.8 Couverture végétale.....	31
II.2.3 CALCUL DU DEBIT ET DE LA VITESSE	32
II.2.3.1 Débit d'eau pluvial	32
II.2.3.2 Estimation de débit de crue	34
II.2.3.2.1 Formule de génie rural.....	35
II.2.3.2.2 La formule du SOGREAH	35
II.2.3.2.3 Vitesse moyenne d'écoulement	35
II.2.4 METHODES POUR LA CONSTRUCTION DU RADIER	36
II.2.4.1 Caractéristiques générales du canal rive droite	36
II.2.4.2 Radier submersible avec ouvertures.....	37
II.2.4.1.1 RADIER SUBMERSIBLE.....	38
II. 2.4.1.1.1 Dimensionnement du radier submersible.....	38
II.2.4.1.1.1.1 Condition de prédimensionnement.....	39
II.2.4.1.1.1.2 Débit en amont Qam	39
II.2.4.1.1.1.3 Régime de l'écoulement.....	40
II.2.4.1.1.1.4 Hauteur d'eau en aval H_{av} de l'ouvrage.....	40
II.2.4.1.1.1.5 Nature de l'écoulement	41
CHAPITRE III : RESULTATS, INTERPRETATION ET IMPACT DU PROJET	43
III.1 PRESENTATION DES RESULTATS ET INTERPRETATION	43
III.1.1 RESULTATS DE L'ENQUETE.....	43
III.1.2 OCCUPATION DU SOL	44
III.1.3 VALEUR DES DEBITS	45
III.1.4 FACTEURS DES CRUES TORRENTIELS	46
III.1.4.1 Facteur hydrographique	46

III.1.4.2 Facteur climatique.....	46
III.1.4.3 Facteur géomorphologique	46
III.1.4.4 Réseau d'assainissement.....	46
III.1.5 VALEURS DES DEBITS Q _{am} ET Q _{av} DU RADIER	47
III.1.6 MISE EN ŒUVRE DU RADIER	49
 III.2 IMPACTS DU PROJET.....	51
III.2.1 OBJECTIFS	51
III.2.1.1 Impacts négatifs	51
III.2.1.2 Impacts positifs.....	54
 CONCLUSION	55
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	viii
 REFERENCES WEBOGRAPHIQUES	ix
 ANNEXES	x
Annexe 1 : Questionnaires d'enquête (en forme de discussion)	x
Annexe 2 : Terminologie clé de l'inondation.....	xi
Annexe 3 : Carte du Sud-Ouest Malagasy et de l'occupation du sol de la CRA.....	xii
Annexe 4 : Note de calcul de l'ouvrage (Radier).....	xiii
Annexe 5 : Estimation du coût des travaux de réhabilitation pour le périmètre amont	xiv

TITRE DU MEMOIRE : « CONSTRUCTION DE RADIERS POUR LA PROTECTION DU CANAL RIVE DROITE CONTRE LES CRUES ET DU BASSIN VERSANT DE MANOMBO RANOZAZA »

Nombre de pages : 55

Nombre de tableaux : 18

Nombre de figures : 16

Nombre de formules : 14

RESUME

Le présent mémoire se propose d'étudier le projet d'ouvrage capable de protéger le canal rive droite de Manombo Ranozaza, tout en assurant la stabilité des radiers face aux crues du BV et les crues torrentielles. On expose plusieurs étapes de calculs pour savoir les débits des crues et des étapes de calculs pour le dimensionnement à faire ainsi que les conditions de mise en œuvre à prendre. La construction de radiers a des impacts, surtout positifs pour la population : le développement économique, l'amélioration du cadre de vie et création d'emploi. Mais il y a des impacts négatifs par exemple : la pollution de l'eau suite à des déversements accidentels des huiles usées de vidange par les engins de terrassement, l'émission de poussière provenant des circulations d'engins et du transport de matériaux..., les impacts négatifs sont à atténuer ou même prévenus durant la réalisation et l'exploitation de l'ouvrage.

Mot clés : Bassin Versant, Radier, Dalot, Débit, Faosa-Asara, Asotry

ABSTRACT

The present memory proposes to study the project of work able to protect the channel right bank of Manombo Ranozaza, while ensuring the stability of the raft in the face of the floods of the watershed and the torrential floods. Several stages of calculations are exposed to know the flow rates of the floods and the stages of computations for the dimensioning to make as well as the conditions of implementation to take. The construction of the rafts has an impact, especially positive for the population: economic development, improvement of the living environment and job creation. But there are negative impacts for example: the pollution following accidental spills of waste oil by earth-moving machinery, dust emission from machinery traffic and transport of materials, negative impacts are mitigated or even prevented during the construction and operation of the structure.

Keywords: Watershed, Raft, Scupper, Flow, Faosa-Asara, Asotry

Auteur: ANDRIAMANDIMBISOA Mbalohery

Adresse : Lot II V 104 Ampandrana Besarety

Contact : +261 34 81 776 66

E-mail : mbaloherry@gmail.com

Encadreur pédagogique : Mr RAZAFINDRAKOTO Boni Gauthier