



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
FACULTE DES SCIENCES
MENTION CHIMIE



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de licence en Sciences et Techniques
de l'eau

Intitulé :

COLLECTE ET ETUDES DES DONNEES DE BASE DANS LE CADRE
DU PROJET ACTIONS INTEGREES EN NUTRITION ET
ALIMENTATION EN VUE DE LA REDACTION D'UN MANUEL DE
GESTION DU MICRO-PERIMETRE D'AMPAHIDRANO KETY,
FOKONTANY AMBALASOA, COMMUNE RURALE AMBALASOA,
DISTRICT DE BETROKA, REGION ANOSY

Présenté le 31 Janvier 2018, par :

- ANDRINAFINARITRA Rovatiana Domoina
- RAZAFINDRASATA Kanto Michèle

Devant le jury composé de :

- Présidente : Docteur RAVAOMANARIVO Harimisa
- Examineur : Docteur RAJAOARISOA Andriamanjato
- Encadrante : RAONIHARISOA Pascaline

REMERCIEMENTS

Dans la réalisation de ce mémoire de fin d'études, plusieurs personnes ont été d'un grand soutien et d'une aide infiniment précieuse. Nombreuses ont été les interventions sans lesquelles ce mémoire n'aura été écrit. Des remerciements sont donc adressés :

- de prime abord, au Grand Dieu Tout Puissant en raison de sa grâce, sa bonté, son immense aide et sa protection. Sans Lui, rien n'aura été fait ;
- à Madame RAONIHARISOA Pascaline, enseignante en Licence d'Ingénierie en Sciences et Techniques de l'Eau et encadrante dans la rédaction de ce mémoire;
- à la famille, toujours présente en tout moment, pour leur soutien autant moral que physique;
- à Monsieur RAJAONAH Elisée, Responsable Technique Régional du programme Actions Intégrées en Nutrition et Alimentation, encadreur professionnel;
- à Madame RAVAOMANARIVO Harimisa, Maître de conférences à la Faculté de Sciences de l'Université d'Antananarivo ;
- à Monsieur RAJAOARISOA Andriamanjato, Maître de conférences à la Faculté de Sciences de l'Université d'Antananarivo ; et
- aux enseignants en Licence d' Ingénierie Sciences et Techniques de l'Eau.

SOMMAIRE

Remerciements	iii
Sommaire	iv
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	vii
Liste des abréviations	viii
Liste des annexes.....	ix
Introduction	1
Chapitre 1. Description du micro-périmètre d'Ampahidrano Kety.....	2
1.1 Présentation du périmètre d'Ampahidrano Kety.....	2
1.1.1 Localisation géographique de la zone d'études	2
1.1.2 Accessibilité	2
1.1.3 Délimitation de la zone d'études.....	3
1.1.4 Situation du périmètre.....	3
1.2 Description de la zone	4
1.2.1 Environnement.....	4
1.2.2 Couverture végétale	4
1.2.3 Géologie	4
1.2.4 Relief.....	4
1.2.5 Pédologie.....	5
1.2.6 Hydrographie	5
1.2.7 Climat.....	5
Chapitre 2. Principes et méthodes en irrigation.....	6
2.1 GIRE.....	6
2.1.1 Rappel sur la définition de la GIRE	6
2.1.2 Notion de Bassin versant	7
2.1.2.1 Définition	7
2.1.2.2 Caractéristiques d'un bassin versant	7
2.2 Ressource en eau	8
2.2.1 Précipitation et pluviométrie.....	9
2.2.1.1 Pluviométrie	9
2.2.1.2 Pluie efficace	10
2.2.1.3 Intensité de pluie	10

2.2.2	Cours d'eau et efficacité du réseau	10
2.2.2.1	Rivière Iritsoka	10
2.2.2.2	Détermination de l'efficacité du réseau.....	10
2.2.2.3	Calcul des apports	11
2.3	Besoin en eau d'irrigation	14
2.3.1	Besoin en eau de la culture	14
2.3.1.1	Evapotranspiration de référence ETo et coefficient de culture Kc	14
2.3.1.2	Evapotranspiration de la culture.....	15
2.3.1.3	Besoin pour saturation.....	15
2.3.2	Besoins en eau d'irrigation	15
2.4	Adéquation ressources et besoins.....	15
2.5	Aménagement et infrastructures en irrigation	15
2.5.1	Captage de l'eau.....	15
2.5.2	Transport de l'eau	16
2.5.3	Drainage	16
2.5.4	Débit de canalisation.....	17
2.5.5	Gestion, Entretien et Protection du Réseau.....	17
2.5.5.1	Protection du réseau	18
2.5.5.2	Entretien	18
2.6	Système d'irrigation	19
2.7	Textes législatifs et réglementaires régissant l'AUE	21
2.7.1	Contexte	21
2.7.2	Rôles des membres de l'AUE	21
2.7.3	Règlement interne	22
2.7.4	Budget pour l'entretien	22
2.7.5	Mis en œuvre d'une AUE	22
Chapitre 3.	Résultats et organisation du réseau hydroagricole.....	23
3.1	Gire.....	23
3.2	Caractéristiques du bassin versant.....	23
3.3	Type de culture rencontré.....	23
3.4	Ressource en eau	24
3.5	Besoin en eau	25
3.5.1	Evapotranspiration de référence.....	25

3.5.2	Coefficient de la culture Kc	26
3.5.3	Besoin en eau de la culture et besoin en eau d'irrigation.....	27
3.6	Adéquation ressources et besoins.....	29
3.7	Choix du système d'irrigation	31
3.8	Gestion de l'eau sur le micro-périmètre	32
3.9	Manuel de Gestion de l'eau (MGE)	32
3.9.1	Mise en place de l'AUE	32
3.9.2	Application du DINA.....	33
3.9.3	Frais d'entretien	33
3.9.4	Manuel de Gestion de l'eau	33
3.9.5	Pérennisation des ouvrages et des acquis.....	37
Conclusion		39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01.	Les différents types d'irrigation de surface	20
Tableau 02.	Irrigation aux gouttes à gouttes et par aspersion	21
Tableau 03.	Caractéristiques du bassin versant d'Ampahidrano Kety	23
Tableau 04.	Calendrier cultural de la filière riz.....	24
Tableau 05.	Pluie efficace	24
Tableau 06.	Apports moyens mensuels en l/s par la méthode de CTGREF.....	25
Tableau 07.	Apports moyens mensuels en l/s par la méthode de station de référence.....	25
Tableau 08.	Apports moyens mensuels en l/s	25
Tableau 09.	Evapotranspiration de référence	26
Tableau 10.	Coefficient de culture Kc.....	27
Tableau 11.	Besoin en eau de la culture de la première saison	27
Tableau 12.	Besoin en eau de la culture de la deuxième saison	28
Tableau 13.	Comparaison entre besoin et apport de la première saison.....	30
Tableau 14.	Comparaison entre le besoin en eau et l'apport pour la deuxième saison	31
Tableau 15.	Récapitulation des tarifs du DINA	33
Tableau 16.	Plan de gestion du réseau hydroagricole	36

LISTE DES FIGURES

Figure 01.	Schéma de transport de l'eau.....	16
------------	-----------------------------------	----

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations

Acronymes

AG	:	Assemblée Générale
AUE	:	Association des Usagers de l'Eau
BV	:	Bassin versant
CR	:	Commune Rurale
CTGREF	:	Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts
FAO	:	Food and Agriculture Organisation
GEPR	:	Gestion, Entretien et Protection du Réseau Hydroagricole
GIRE	:	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
LISTE	:	Licence d' Ingénierie en Sciences et Techniques de l'Eau
MGE	:	Manuel de Gestion en Eau
MPI	:	Micro-périmètre Irrigué
PTBA	:	Programme de Travail de Budget Annuel
SRA	:	Système de Riziculture Appliqué
SRI	:	Système de Riziculture intensif

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1.	Site du barrage d'Ampahidrano Kety.....	42
Annexe 2.	Situation du MPI d'Ampahidrano Kety	42
Annexe 3.	Carte routière.....	43
Annexe 4.	Carte montrant les communes composant le district de Betroka	43
Annexe 5.	Carte montrant les districts de Madagascar.....	44
Annexe 6.	Couverture végétale de Madagascar.....	45
Annexe 7.	Carte géologique	45
Annexe 8.	Carte pédologique de Madagascar	46
Annexe 9.	Relief du district de Betroka.....	46
Annexe 10.	Carte hydrographique de la commune rurale d'Ambalasoia	47
Annexe 11.	Carte des isohyètes de Betroka	47
Annexe 12.	Bassin versant du micro-périmètre irrigué	48
Annexe 13.	Climat dans le district de Betroka.....	48
Annexe 14.	Données pluviométriques mensuelles dans le district de Betroka.....	49
Annexe 15.	Pluviométrie maximale journalière dans le district de Betroka.....	50
Annexe 16.	Coefficient de répartition mensuel.....	50
Annexe 17.	Rôles et entretien des infrastructures en irrigation	51
Annexe 18.	Infrastructures dans le MPI d'Ampahidrano Key.....	53
Annexe 19.	RU selon la proportion en argile et en limon.....	54
Annexe 20.	Paramètre régional-Formule de CTGREF	54
Annexe 21.	Pluie efficace	55
Annexe 22.	Coefficient de culture Kc.....	55
Annexe 23.	Calendrier agricole de la première saison de culture.....	56
Annexe 24.	Calendrier de culture de la 2 ^{ème} saison de culture	58

INTRODUCTION

L'agriculture est l'activité la plus pratiquée à Madagascar. Cependant, Madagascar importe encore du riz, l'aliment de base des malagasy. Le problème majeur dans l'agriculture est notamment l'eau. Certes, il existe plusieurs barrages destinés à l'agriculture grâce aux différents projets, mais malgré cela, l'eau réside une source de conflit pour les agriculteurs, de plus, les infrastructures sont mal entretenues et leur capacité se dévalue. Ces problèmes s'appliquent en effet pour le cas du micro-périmètre d'Ampahidrano Kety. C'est pourquoi, une bonne gestion de la totalité du micro-périmètre s'impose.

Les études et travaux ayant amenés à la rédaction de ce mémoire ont été effectués dans le cadre du projet AINA : Actions Intégrées en Nutrition et Alimentation. Il a pour objectif d'améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des familles cibles, notamment des familles vulnérables. Il est financé par l'Union Européenne et est effectué à Madagascar dans cinq régions. Dans l'objectif d'atteindre le but du projet, celui-ci comprend trois volets. La première activité dans le projet AINA concerne la production agricole vivrière, c'est-à-dire la production et la diffusion de semences et de matériel végétal accompagnée de la diversification des cultures des techniques culturales. La seconde activité concerne l'extension des superficies cultivées par l'amélioration de l'accès et de la gestion de l'eau. Et la dernière activité concerne la pérennisation des actions menées.

Les différentes démarches et les différentes méthodes pour la collecte et études des données de base en vue de la rédaction du manuel de gestion du micro-périmètre d'Ampahidrano Kety sont les suivantes : contact auprès des personnes au sein du projet dans le but de connaître le but du projet ; collecte et études des données ; enquête au sein des autorités locales communales ; enquête au sein de la collectivité et auprès des bénéficiaires du réseau ; formalisation d'une AUE pour gérer le réseau.

La rédaction de ce présent mémoire de fin d'études se fera en trois chapitres. En premier lieu, il y aura une description globale de la zone où se localise le micro-périmètre. En second lieu, il y aura le fondement de l'irrigation, les méthodes et principes de mesure des outils et paramètres utiles pour l'irrigation. Et en dernier lieu, les résultats et les hypothèses sur le fondement de l'irrigation seront discutés et l'organisation de l'irrigation pour le micro-périmètre sera proposée.

Chapitre 1. *Description du micro-périmètre d'Ampahidrano Kety*

L'objet de la réhabilitation du barrage d'irrigation d'Ampahidrano Kety est de subvenir aux besoins en eau des surfaces irrigables. L'extension de la surface peut être gérée en proposant un bon manuel de gestion assurée par la formalisation d'une AUE réunissant tous les bénéficiaires de ce micro-périmètre. Et la connaissance du milieu permet la construction et l'organisation du réseau.

1.1 *Présentation du périmètre d'Ampahidrano Kety*

Le micro-périmètre d'Ampahidrano Kety se trouve dans le fokontany Ambalaso, chef-lieu de la Commune Rurale d'Ambalaso, district de Betroka, dans la région Anosy. (Voir Annexe 1)

Le Fokontany Ambalaso, dans lequel se trouve le micro-périmètre, chef-lieu du Fokontany Ambalaso se trouve sur :

- la latitude Sud de $-23^{\circ}08'04''$; et
- la longitude Est de $46^{\circ}00'16''$.

1.1.1 *Localisation géographique de la zone d'études*

Le district de Betroka se trouve sur :

- la latitude Sud de $23^{\circ}08'04''$; et
- la longitude Est de $46^{\circ}05'00''$.

Il est également possible de localiser une zone grâce à plusieurs facteurs. Deux (02) des facteurs pouvant permettre de localiser la zone d'études sont (i) l'accessibilité et (ii) la délimitation de la zone.

1.1.2 *Accessibilité*

Afin de parvenir dans la Commune Rurale d'Ambalaso, on emprunte la voie routière. Il est toutefois possible d'emprunter deux différentes voies pour y aller : celle de la voie aérienne, en arrivant dans l'aérodrome dans le chef-lieu du district, à Betroka ; et puis par la voie routière.

En partant d'Antananarivo au chef-lieu du district Betroka, en empruntant la RN 7 et la RN 13, il y a 749 Kilomètres. D'Antananarivo à Ihosy, par la RN 7, distant de 617 km, les routes sont en bitumes, accessibles à tout type de voiture, il y a des transports communs reliant ces deux villes. D'Ihosy à Betroka, en empruntant la RN 13, 132 kilomètres les séparent. La route est une route en terre. Les voitures pouvant y circuler sont les voitures telles que les 4x4 et les voitures qu'emploient les coopératives de transport commun pour relier ces zones sont souvent des camions. (Voir annexe 3)

1.1.3 Délimitation de la zone d'études

La région Anosy est une des 22 régions de Madagascar. Elle est composée de trois districts. Elle est délimitée au Nord par la Région d'Ihorombe, au Sud-Ouest par Androy, au Nord-Est par Atsimo-Atsinanana et à l'Ouest par Atsimo-Andrefana. (Voir annexe 5)

Le district de Betroka est une sous-préfecture de la région Anosy, dans la partie Nord-Ouest de la région Anosy. Il est constitué par 21 communes et 182 fokontany, réparties sur une superficie de 13 569 km². Il est délimité au Nord par le district d'Ihosy, au Sud par Bekily et Amboasary Atsimo, à l'Est par Iakora et Befotaka et à l'Ouest par Benenitra.

La Commune Rurale Ambalasoa est une des 21 Communes du district de Betroka. La Commune est limitée au Nord par la Commune Rurale Jangany, au Sud par Naninora, à l'Est par Ambatovita et à l'Ouest par Benato-Toby. (Voir annexe 4)

1.1.4 Situation du périmètre

Le micro-périmètre d'Ampahidrano Kety est un périmètre ayant une superficie de 70 ha. Cependant, la superficie irriguée actuellement est de 13 ha, il y a eu une extension de la superficie de 57 ha après la réhabilitation. (Voir annexe 2)

Auparavant, le micro-périmètre d'Ampahidrano Kety n'était géré par aucune Association des Usagers de l'Eau. Une situation engendrant des problèmes de gérance sur le tour d'eau, le problème de vol d'eau, et les prises sauvages. Etant donné que la réhabilitation du barrage d'Ampahidrano Kety, et avec cette extension, la crainte des agriculteurs concernant le manque d'eau s'est donc amplifiée.

1.2 Description de la zone

1.2.1 Environnement

La Région Anosy possède un milieu naturel favorable au développement économique car elle bénéficie d'atouts naturels non négligeables. Il s'agit de l'existence de deux climats différents sinon opposés qui lui confèrent des paysages, de la végétation et des forêts naturelles très diversifiées, allant des bushes aux grandes forêts primaires verdoyantes et très riches en faune et en flore.

Anosy dispose de vastes surfaces boisées ainsi que de sites de conservation, d'aires protégées riches en faune et en flore, de chutes d'eau, d'étendues lacustres et de sources géothermales. Pourtant, les bassins versants se trouvent dans un état de dégradation avancé, suite à la pratique de feux de brousse et de culture sur brûlis, qui provoquent l'ensablement des lacs et des rizières, des embouchures.

1.2.2 Couverture végétale

Le district de Betroka est composé essentiellement de savanes, de prairies. Ces vastes étendus sont souvent réserves à l'élevage. (Voir annexe 6)

La couverture végétale est un facteur influençant le ruissellement et assure par conséquent la protection des sols contre les érosions.

1.2.3 Géologie

La géologie de Betroka est composée globalement de trois différents types. La plus dominante est le système Androyen. Ensuite, il y a le KARROO Isalo. Et enfin, en petite proportion, au Nord-Ouest et à l'Ouest, il y a un Système de Graphite. (Voir annexe 7)

Cette structure influence le régime des rivières par l'intermédiaire du relief étant donné que le débit des rivières provient du ruissellement de surface, complété par le drainage des couches d'altération.

1.2.4 Relief

Le relief de la région de Betroka est composé essentiellement de hauts plateaux, limités à l'Ouest par une zone de forte érosion disséquant la surface d'aplanissement, et limités à l'Est par des escarpements orientaux. (Voir annexe 9)

Le relief de la région d'Anosy est marqué par une dissymétrie topographique entre l'Ouest et l'Est. L'Ouest est une zone montagneuse tandis que l'Est une étroite plaine littorale.

1.2.5 Pédologie

Il existe trois différentes variétés de sol dans le district de Betroka. La variété du sol y dominant le plus, est le sol ferralitique. Et la plus petite partie, est le sol évolué et rankers + le sol peu évolué dunaire ou sableux + le sol peu évolué alluviaux. Il y existe aussi une proportion de sol ferrugineux tropicaux + complexe sol ferrugineux et peu évolué. (Voir annexe 8)

Un barrage peut être construit à des fins d'irrigation. Dans ce cas, il est nécessaire de connaître la pédologie du milieu afin d'en tirer la fertilité du sol, la porosité, la perméabilité, la vitesse d'infiltration, la vitesse de saturation du sol pour connaître le besoin en eau des cultures à irriguer.

1.2.6 Hydrographie

Le district de Betroka fait partie de trois différents bassins hydrographiques. Le bassin ayant la plus grande superficie dans le district est le bassin du Mangoky. Il y a aussi le bassin de l'Onilahy et le bassin de la Mananara.

Le micro-périmètre d'Ampahidrano Kety fait partie du bassin de Mangoky. La rivière d'Iritsoka est un des affluents de la fleuve Mangoky. (Voir annexe 10)

1.2.7 Climat

Quant au climat, la région a un climat tropical. Il est caractérisé par l'opposition entre l'Est, qui est plus humide, et l'Ouest, qui est plus sec.

Concernant le district de Betroka, la pluviométrie maximale est de 1250 mm, la pluviométrie minimale de 700mm, avec une moyenne de 975mm. (Voir annexe 11)

Afin de bien fonder l'irrigation et de bien évaluer la situation du MPI et ses ouvrages, il faut prendre en compte les principes et méthodes en irrigation. Nous allons commencer par la GIRE.

2.1 GIRE

La GIRE est la Gestion Intégrée des Ressources en eau. La GIRE est donc en relation directe avec la notion de bassin versant. [5]

2.1.1 Rappel sur la définition de la GIRE

La GIRE est un processus de planification des ressources en eau rassemblant les acteurs tout en assurant le développement social et économique d'un pays. La Gire aide l'environnement mondial à favoriser un développement agricole durable. L'application de la GIRE à Madagascar se fait à partir du Plan Hydraulique National (PHN) et des Schémas Directeurs d'Aménagement de Gestion Intégrée des Ressources en eau dans les grands bassins de Madagascar.

La GIRE repose sur des principes définis par la communauté internationale. Il existe cinq principes GIRE. Ces principes peuvent être résumés comme suit :

- (i) **Principe Eco systémique** : l'eau douce est une ressource limitée et vulnérable au développement et à l'environnement ;
- (ii) **Principe multisectoriel** : l'exploitation et la gestion de l'eau doivent se fonder sur une approche participative impliquant tous les usagers et tous les planificateurs ainsi que les décideurs politiques à différent niveau ;
- (iii) **Principe d'équité de l'eau** : les membres des usagers de l'eau jouent un rôle central dans l'approvisionnement, la gestion et la protection de l'eau y compris les femmes ;
- (iv) **Principe de valorisation de l'eau** : l'eau a une valeur économique dans les usages concurrentiels ;
- (v) **Principe par approche par Bassin Versant** : le cinquième principe spécifie Madagascar sur ces approches à partir des Bassins Versants.

2.1.2 Notion de Bassin versant

En premier lieu, il y aura la définition d'un bassin versant. Et en second lieu, il y aura les caractéristiques d'un bassin versant.

2.1.2.1 Définition

Un bassin versant est la surface de collecte des eaux d'une rivière, considérée en un point de son cours. Un bassin versant est limité par le contour de la ligne de crête à l'intérieur duquel les eaux précipitées se dirigent vers ce point considéré. La ligne de crête est la ligne de partage des eaux.

2.1.2.2 Caractéristiques d'un bassin versant

Un bassin est caractérisé par maints critères qui seront énumérés et définis dans les sous-titres qui suivront.

- Superficie

La superficie du bassin versant est la portion du plan délimitée par la ligne de crête. Il est nécessaire de connaître la superficie du bassin versant afin de pouvoir calculer le temps de concentration.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer la superficie d'un bassin versant. Sa mesure se fait à l'aide d'un planimètre ou par la méthode de petit carré ou à partir de du logiciel Google earth Pro ou MapInfo.

- Altitude moyenne

Il est nécessaire de calculer l'altitude moyenne dans le bassin versant pour le calcul des apports. Pour le calcul de cette altitude, les données nécessaires sont l'altitude maximale et l'altitude minimale.

Voici la formule permettant de calculer l'altitude moyenne :

$$(1) Z_{moy} = \left(\frac{Z_{max} + Z_{min}}{2} \right)$$

Z_{moy} : altitude moyenne (m)

Z_{max} : altitude maximale (m)

Z_{min} : altitude minimale (m)

- Pente

La pente d'un BV est une caractéristique en fonction de la topographie du BV. Elle permet de connaître le temps de parcours du ruissellement et influence également le débit de pointe lors d'une averse.

La formule permettant de calculer la pente d'un bassin versant est la suivante :

$$(2) I = \frac{0,95Dh}{L}$$

I	:	pente du BV	(m/km)
Dh	:	différence entre l'altitude maximale et minimale	(m)
L	:	longueur du plus long cheminement hydraulique	(km)

- Temps de concentration

Le temps de concentration est le temps que met une goutte d'eau d'un point le plus loin du bassin versant vers l'exutoire du bassin. Pour calculer le temps de concentration, il est nécessaire de connaître les caractéristiques du bassin versant. Dans le domaine de l'aménagement hydroagricole, c'est la formule de Passini qui est la plus couramment utilisée.

Voici la formule permettant de calculer le temps de concentration :

$$(3) t_c = \frac{0,108 \times (S \times L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{I}}$$

t _c	:	temps de concentration	(h)
S	:	superficie du bassin versant	(km ²)
L	:	longueur du plus long cheminement hydraulique	(km)
I	:	pente du bassin versant	(m/m)

2.2 Ressource en eau

La ressource en eau disponible pour le MPI est l'eau apportée par la précipitation et l'eau apporté par le bassin versant ayant comme exutoire le barrage d'Ampahindrano Kety.

2.2.1 Précipitation et pluviométrie

La pluviométrie est une ressource en eau pouvant être utilisée pour satisfaire les besoins en eau des plantes.

2.2.1.1 Pluviométrie

La pluviométrie, c'est la mesure permettant d'avoir les valeurs de précipitations (voir annexe 14 et 15) qui sont un facteur primordial de l'hydrologie. Les données nécessaires concernant la pluviométrie sont : (i) les pluviométries mensuelles de fréquence quinquennale sèche et humide, afin de connaître les mois les plus humides et les plus sèches de l'année ; et la donnée pluviométrique maximales journalière, utiles pour calculer les débits des crues d'une rivière.

Les pluviométries mensuelles de fréquence quinquennale sèche et humide se calculent par l'ajustement statistique suivant la loi Normale de Gauss puis suivant l'ajustement statistique suivant la loi de Gumbel.

La pluviométrie maximale journalière se calcule à partir de l'ajustement statistique suivant la loi de Gumbel. La formule s'exprime comme suit :

$$(4) P_F = P_O + U_F + a_G$$

Avec

P_F : pluviométrie maximale journalière de différentes fréquences (mm)

P_O : paramètre de position avec

$$P_O = P_m - 0,48 X \sigma$$

P_m : pluie moyenne mensuelle des séries de données (mm)

σ : écart-type de la série de données

U_F : variable réduite de Gumbel avec

$$U_F = -\ln(-\ln F)$$

a_G : gradex

$$a_G = \frac{\sigma}{1,28}$$

Les pluviométries quinquennale et décennale sèches sont obtenues suivant la loi normale de GAUSS.

2.2.1.2 Pluie efficace

La pluie efficace est la quantité de pluie qui pourrait être utilisée par la plante pendant les différentes phases de développement. La pluie efficace est donnée par le logiciel Cropwat à partir des données suivantes : humidité (%), insolation (h/j), température maximale et minimale (°C), et pluviométrie moyenne mensuelle, vent (km/j).

Cette pluie est utilisée pour le calcul des besoins en eau. En général, elle est estimée à 80 % de la pluviométrie quinquennale enregistrée.

2.2.1.3 Intensité de pluie

L'intensité de pluie a un impact dans les calculs du débit de crue. L'intensité de pluie est en fonction de la pluviométrie maximale journalière, du temps de concentration et du coefficient régional de la formule de MONTANA.

Voici la formule utilisée dans le calcul de l'intensité de pluie :

$$(5) \ i(t) = \frac{P(24,F) \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^b}{t_c}$$

i(t)	: intensité de pluie	(mm/h)
P (24,F)	: pluviométrie maximale journalière	(mm)
t _c	: temps de concentration	(h)
b	: coefficient régional (voir annexe 16)	

2.2.2 Cours d'eau et efficience du réseau

2.2.2.1 Rivière Iritsoka

La ressource en eau pouvant permettre l'irrigation en période d'étiage dans le MPI d'Ampahidrano Kety est la rivière Iritsoka. Cette rivière est une rivière dans le bassin versant du Mangoky. Dans le bassin versant considéré dans cette étude, le barrage d'Ampahidrano Kety sur la rivière Iritsoka est l'exutoire du BV. La partie qui suivra parlera donc des apports arrivant au niveau du barrage par la rivière Iritsoka. (Voir annexe 12)

2.2.2.2 Détermination de l'efficience du réseau

La détermination de l'efficience du réseau est l'évaluation de l'efficience hydraulique et agronomique de l'eau d'irrigation au niveau du MPI. L'efficience résulte de la prise en

compte des pertes. Il y a donc, l'efficacité de transport (percolation et infiltration), de distribution et d'irrigation des parcelles (débordements et fuites). Les efficacités dépendent donc des réalités du périmètre et entre autres, de la pédologie et des caractéristiques des ouvrages et sont compris entre 50 et 95%.

2.2.2.3 Calcul des apports

L'apport est le débit d'eau d'un cours d'eau dans un bassin versant. Il existe deux méthodes pour calculer les apports. La première méthode est tirée à partir de la formule de CTGREF, la seconde est la méthode de station de référence.

- Formule de CTGREF

Cette méthode est la méthode du Centre Technique du Génie Rural des Eaux et Forêts. Cette formule est une formule empirique qui dépend de l'apport quinquennal sec, de la pluie quinquennale sèche et des caractéristiques du bassin versant.

Voici la formule utilisée :

$$(6) Q_{5s} = \frac{S}{31,5} \times \left(\frac{P_{5s}}{B}\right)^{\frac{5}{3}} \times \left(\frac{Z_{moy}}{100}\right)^{\frac{1}{3}}$$

- Q_{5s} : apport quinquennal secannuel du BV (l/s)
 S : superficie du bassin versant (km²)
 P_{5s} : pluie quinquennale sèche (mm)
 Z_{moy} : altitude moyenne du bassin versant (m)
 B : paramètre régional (voir annexe 20)

La répartition mensuelle de ces débits est exprimée à partir de la formule :

$$(7) Q_{5sm} = Q_{5s} \times 0,12 \times R_4 / 100$$

- Q_{5sm} : apport mensuel en année quinquennale sèche du mois considéré (l/s)
 Q_{5s} : apport quinquennal sec du BV (l/s)
 R_4 : coefficient de répartition d'Aldeghehi (Voir annexe 16)

- Station de référence

La méthode de station de référence est une méthode permettant également de calculer les apports. Cette formule est en corrélation avec les caractéristiques du bassin versant et du traitement des données pluviométriques.

En premier lieu, le calcul de l'apport annuel de fréquence quinquennal sec doit être effectué. Ce calcul se fait à partir de la formule suivante :

$$(8) Q_{5s} = q_{5s} \times S$$

Q_{5s} : apport annuel de fréquence quinquennal sec (l/s)
 q_{5s} : débit spécifique de fréquence quinquennal sec (l/s/km²)
 S : surface du bassin versant (km²)

Le débit spécifique de fréquence quinquennale sec est obtenu à partir des données basées sur l'exploitation des valeurs observées sur les stations hydrométriques les plus proches de la zone d'études, valeurs qu'on peut tirer du livre Fleuves et Rivières de Madagascar. [7]

Après le calcul de l'apport annuel de fréquence quinquennal sec, le calcul de l'apport moyen mensuel peut être effectué. Dans ce calcul, il est nécessaire de connaître la répartition régionale par mois.

$$(9) Q_{moy\ mens} = (Q_{an} \times R \times 12)/100$$

$Q_{moy\ mens}$: apport moyen mensuel (l/s)
 Q_{an} : apport quinquennal sec (l/s/km²)
 R : coefficient de répartition régionale par mois (voir annexe 16)

2.2.2.3.1 Crue et bassin versant

La formation d'une crue du cours d'eau principal est en fonction de la forme du bassin versant. La forme du bassin versant peut être déterminée à partir du rapport de confluence qui est le rapport entre le périmètre du BV et le cercle ayant la même surface.

Lorsque la valeur de K_c est proche de un, la forme du BV est circulaire, dans le cas où K_c est largement supérieur à un, la forme du BV est allongée.

Voici la formule permettant de calculer le rapport de confluence K_c :

$$(10) \quad K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Avec

Kc	:	rapport de confluence	
P	:	périmètre du BV	(km)
A	:	surface du BV	(km ²)

Deux formules sont possibles selon la superficie du bassin versant. Ces formules sont la formule rationnelle et celle de Louis Duret.

- Formule rationnelle

Cette formule est utilisée lorsque la superficie du bassin versant est inférieure à 10 km².

Pour calculer le débit de crue, voici la formule à utiliser :

$$(11) \quad Q = 0,278CiS$$

Q	:	débit de crue	(m ³ /s)
C	:	coefficient de ruissellement	
i	:	intensité de pluie exprimée par la formule de Montana	(mm/h)
S	:	superficie du bassin versant	(km ²)

- Formule de Louis Duret

Cette formule est utilisée lorsque la superficie du bassin versant est supérieure à 10 km². Cette formule est en fonction de la superficie du bassin versant et de la pluie maximale journalière. Voici la formule utilisée pour ce faire :

$$(12) \quad Q = 0,009 \times S^{0,8} \times I^{0,32} \times P_T^{1,39}$$

Q	:	débit de crue	(m ³ /s)
S	:	superficie du bassin versant	(km ²)
I	:	pente du bassin versant	(m/m)
P _T	:	pluie maximale journalière de période T	(mm)

2.2.2.3.2 Estimation du débit d'étiage

Le débit d'étiage est le débit de base à la fin de la saison sèche par la vidange des nappes souterraines. Le débit d'étiage dépend donc des caractéristiques de la nappe phréatique, du

bassin versant, de l'état de remplissage des nappes en fin de la saison de pluies, et de la durée de la saison sèche.

2.3 Besoin en eau d'irrigation

Le besoin en eau d'irrigation est la quantité d'eau dont la plante a besoin et dont la pluviométrie ne peut satisfaire. Il faut donc irriguer lors des périodes d'étiage ou quand la quantité de la pluie est insuffisante afin de subvenir au besoin de la plante pour l'obtention d'un bon rendement.

Plusieurs paramètres influencent le besoin en eau d'irrigation, citant (i) le climat, (ii) la pluviométrie et (iii) le type de culture pratiqué dans le MPI et de la phase de croissance de la culture.

Concernant le climat, les paramètres essentiels dont il est nécessaire de connaître dans ce facteur sont l'insolation, la température, la vitesse du vent et l'humidité. Ces facteurs serviront dans le calcul du besoin en eau de la culture. (Voir annexe 13)

2.3.1 Besoin en eau de la culture

Le besoin en eau de la culture est en fonction de plusieurs facteurs dont : l'évapotranspiration de référence, le coefficient de la culture, l'évapotranspiration de la culture, et le besoin en eau de saturation.

Le logiciel utilisé pour faire le calcul afin de pouvoir estimer le besoin en eau de la culture est le logiciel Cropwat. Les données utilisées sont les données météorologiques telles que l'humidité, l'insolation, le vent, la température (maximale et minimale), la pluviométrie moyenne mensuelle, le type de riz, la profondeur de la racine, la phase de croissance de la culture et le cycle végétatif de la culture.

2.3.1.1 Evapotranspiration de référence ETo et coefficient de culture Kc

C'est à partir un logiciel Cropwat 8.0 que sera calculée l' ETo .

Le coefficient de culture Kc est ajusté selon le stade végétatif de la plante [4]. Il est défini par le rapport entre le besoin maximum de la culture et la quantité d'eau évapotranspirée par la plante.

2.3.1.2 Evapotranspiration de la culture

La détermination de l'évapotranspiration de la culture (ETc) dépend du coefficient de culture suivant la phase de croissance du riz. [4]

2.3.1.3 Besoin pour saturation

Le calcul des besoins pour saturation est déterminé suivant le système de riziculture appliqué dans le MPI.

2.3.2 Besoins en eau d'irrigation

Le besoin en eau d'irrigation est la différence entre le besoin en eau des cultures et la pluie efficace ou eau pluviale disponible. Il est exprimé en mm/j ou mm/décade.

Et le débit fictif continu en l/s/ha qui, fourni de façon continue 24h/24, permet de satisfaire les besoins d'une période pour une surface unitaire. La méthode de calcul s'est faite par le logiciel Cropwat.

2.4 Adéquation ressources et besoins

L'adéquation des ressources et des besoins permet de vérifier si les ressources disponibles peuvent satisfaire les besoins en eau d'irrigation du périmètre. Il s'agit de comparer l'apport moyen annuel et le besoin en eau maximale mensuel d'irrigation.

2.5 Aménagement et infrastructures en irrigation

Il existe plusieurs types d'infrastructures en irrigation car il faut d'abord capter l'eau, puis la transporter et la faire franchir les obstacles lorsqu'il y en a, puis la distribuer au niveau des parcelles, et enfin la drainer lorsqu'il y a excès d'eau.

2.5.1 Captage de l'eau

Le mode de captage de l'eau est le moyen pour se procurer de l'eau dans un cours d'eau. Il existe deux types de captage de l'eau, citant :

- (i) le mode de captage de l'eau par gravité : ce mode de captage peut se faire lorsque la topographie est favorable au ruissellement de l'eau. Lorsque la cote est suffisante pour permettre la dérivation du cours d'eau, il suffira d'une saignée. Dans le cas contraire, le rehaussement du plan d'eau par la construction d'un barrage (fixe ou mobile) sera nécessaire ; et

- (ii) le mode de captage de l'eau par élévation : ce mode de captage d'eau nécessite une station de pompage. Ce mode de captage de l'eau est choisi lorsque l'on veut élever l'eau à une hauteur conséquente pour un transport par gravité par la suite.

2.5.2 Transport de l'eau

Le schéma suivant représente le transport de l'eau depuis la prise principale jusqu'aux parcelles. La dimension de ces canaux est en fonction du débit qu'ils véhiculent.

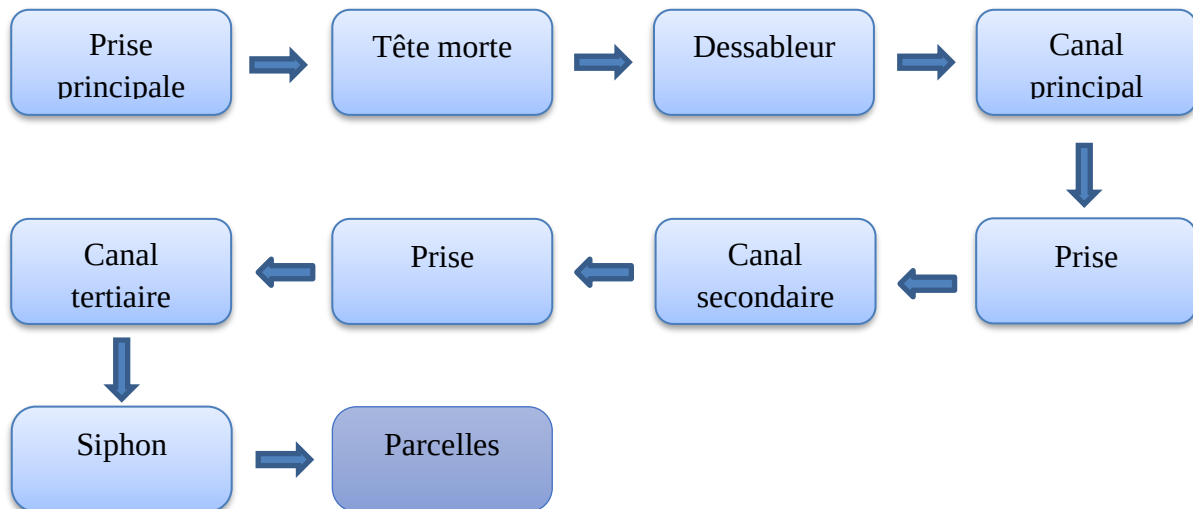


Figure 01. SCHEMA DE TRANSPORT DE L'EAU

Ils existent plusieurs types d'ouvrages assurant le transport de l'eau : les ouvrages de prise en tête de réseau tels que la prise et le dessableur ; les ouvrages de régulation du plan d'eau tels que le déversoir, la chute et les vannes ; les ouvrages de répartition de débit tels que les partiteurs, les modules à masque ; les ouvrages de sécurité tels que le siphon automatique, le déversoir de sécurité latérale ; les ouvrages de franchissement des obstacles tels le dalot, la bêche, le siphon inversé ; les ouvrages de distribution au niveau des parcelles tels que l'ouvrage du type « tout ou rien », le siphon ; et les ouvrages annexes tels que le sectionnement, le bassin d'amortissement, l'ouvrage de vidange.

2.5.3 Drainage

Le drainage est une technique ayant pour but d'évacuer les eaux excédentaires saturant la couche superficielle du sol de façon uniforme en tous les points d'une parcelle dans des délais déterminés et courts.

Pour l'agriculture, le drainage est nécessaire pour éliminer les excès d'eau. Il existe le fossé de drainage, le collecteur, et l'émissaire.

Il existe plusieurs avantages du drainage car celui-ci optimise l'eau par rapport aux plantes ; aère le sol ; modifie la consistance physique du sol ; favorise la nitrification ; permet aux terres argileuses de mieux résister à la sécheresse ; assure une pénétration plus profonde des racines ; et amène à la disparition des plantes adventives et des maladies.

2.5.4 Débit de canalisation

Dans le cas où aucun relevé de débit n'est disponible, le mieux est de réaliser une campagne de mesures durant au moins une année car l'écoulement de la rivière varie tout au long de l'année. Une mesure unique de débit instantanée dans la rivière a peu d'intérêt puisqu'elle ne donnera qu'une indication ponctuelle insuffisante pour déterminer le débit pour l'irrigation. La mesure de débit peut s'effectuer à partir de différentes manières selon le matériel disponible et le degré de précision voulue. Voici quelques méthodes parmi tant d'autres : la méthode de récipient, la méthode de dilution, la méthode de déversoir, la méthode de la section et de la vitesse ; et la méthode de flotteur.

La méthode la plus couramment utilisée est la méthode de flotteur. Cette méthode consiste à faire flotter un objet léger (un bout de bois), à le faire parcourir une distance connue L sur un cours d'eau de section connue dont le débit sera mesuré et le temps t que mettra l'objet à parcourir la distance sera noté. Ensuite le débit sera calculé via cette formule :

$$(13) \quad Q = SV$$

Q	: débit du cours d'eau	(m ³ /s)
S	: section du cours d'eau mesurée sur terrain	(m ²)
V	: vitesse d'écoulement de l'eau avec $V = L/t$	(m/s)

2.5.5 Gestion, Entretien et Protection du Réseau

C'est la maintenance de toutes les infrastructures du réseau hydroagricole. Cette partie traitera la protection du réseau et l'entretien au niveau des infrastructures.

Actuellement les problématiques de l'eau sont prépondérantes, le tarissement de la ressource en eau présente une menace sociale. Mais le gaspillage de l'eau peut être évité avec une bonne maîtrise de la gestion en eau.

La GEP est définie par l'ensemble de la gestion, l'entretien et la protection du réseau depuis le canal principal jusqu'aux parcelles à irriguer. [8]

2.5.5.1 Protection du réseau

Du point de vue gestion de l'eau d'irrigation, cette partie est l'un des éléments essentiels car un réseau bien géré signifie un réseau bien entretenu et protégé. Cette protection concerne spécialement le périmètre de protection rapproché notamment les canaux d'irrigation et le périmètre de protection éloigné qu'est le bassin versant.

- Canaux d'irrigation

Pour atteindre les objectifs mentionnés ci-dessus, la protection des canaux d'irrigation du MPI avec l'implantation des « vétiver » et l'engazonnement des rives des canaux sont nécessaires. Ces mesures empêchent l'érosion et le lessivage du terrain puisque dans le cas du MPI d'Ampahidrano Kety, le canal principal est en terre avec une structure sableuse. L'abreuvement des bovins dans ce réseau doit être radicalement abandonné pour la protection du réseau d'irrigation.

- Bassin versant

Toutes les bordures des canaux d'irrigation (canaux primaires et secondaires) seront protégées pour préserver l'environnement. L'article 28 de la nouvelle loi 2014-042 de la protection de l'environnement dit comme suit : « Afin de protéger l'environnement et le périmètre avec ses ouvrages et infrastructures hydroagricoles, les usagers des Bassins Versants doivent respecter les mesures environnementales ». La protection du BV est la seule solution efficace dans l'immédiat pour arrêter l'ensablement du barrage. Une mesure telle que l'arrêt de la pratique des feux de brousse et du déboisement.

Ensuite, l'article 29 de même chapitre dit aussi : « Tout projet d'investissement hydroagricole, ayant trait à des travaux de construction, de réhabilitation ou nécessitant des emprunts de matériaux est soumis à une étude d'impact ou d'évaluation environnementale. Il doit, suivant la réglementation en vigueur, se conformer aux conditions et aux procédures relatives à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement.

2.5.5.2 Entretien

Elle comprend deux types des travaux d'entretiens : (i) entretien courant et périodique et (ii) entretien préventif selon le type d'ouvrage. (Voir annexe 17)

- Entretien courant et périodique

Les Programmes de Travail de Budget Annuel (PTBA) sont élaborés par l'AUE au cours de l'AG ordinaire. Le frais d'entretien sera pris en compte dans la dépense budgétaire dans le PTBA. Le travail d'entretien proportionnel à leur capacité est à la charge de l'AUE-même. C'est-à-dire, les tâches les plus simples comme le curage, le faucardage et nettoyage des abords des canaux primaires, canaux distributeurs et des drains (deux fois par an) et pour le plus compliqué, la reconstruction des ouvrages, le reprofilage des cavaliers. Et les tâches lourdes doivent être programmées plusieurs mois à l'avance et font objet de planification à l'échelle nationale ou du projet existant dans la zone.

- Entretien préventif

Les interventions préventives ont pour but d'une part, d'éviter la détérioration des qualités structurelles des infrastructures et d'autre part de maintenir en quasi permanence un niveau de service offert aux usagers de l'eau.

2.6 Système d'irrigation

La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures.

Le système d'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux pour augmenter la production et pour permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par la pluviométrie, et en cas de drainage excessif ou de baisse de nappe en particulier dans les zones arides.

Il existe trois techniques d'irrigation les plus couramment utilisées. Ce sont (i) l'irrigation de surface, (ii) l'irrigation aux gouttes à gouttes, et (iii) l'irrigation par aspersion. Chaque méthode présente des avantages et des désavantages, qui doivent être prise en compte lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions sur le terrain.

- (i) Irrigation de surface

L'irrigation de surface se divise encore en trois : (i) l'irrigation par bassin, (ii) l'irrigation par sillon et (iii) l'irrigation par planche. Le tableau 01 présente les critères et les différences entre ces systèmes d'irrigation. [3]

Tableau 01. LES DIFFERENTS TYPES D'IRRIGATION DE SURFACE

Critères	Irrigation par bassin	Irrigation par sillon	Irrigation par planche
Cultures recommandées	Riz, céréales, arboriculture (non recommandé pour la culture à tubercule)	Arboriculture, culture en ligne, culture ne tolérant pas la submersion de leur feuillage	Luzernes, céréales, pâturages
Pentes adéquates	Terrains plats Pente $\leq 0,1$ Pente $> 0,1$	Terrains plats ou pente douce $0,05 < \text{pente} < 0,5$	Pente uniforme $0,05 < \text{pente} < 2$
Type de sols appropriés	Sol argileux pour le riz	Sol à encroûtement rapide	Sol profond limoneux et argileux
Dose d'arrosage	Forte dose 40-70 mm	Très faible dose 20-50 mm	Faible dose 30-60 mm
Technologie	Méthode la plus simple	Aménagement et entretien mécanisés, nécessite une haute technicité	Aménagement et entretien par des machines appropriées requiert une technicité élevée et un investissement important
Besoin en main d'œuvre	Moins exigeant, moins de technicité	Main d'œuvre et technicité plus poussés pour les travaux de fonctionnement et d'entretien	

Source : Manuel de formation n°5 sur la Gestion des eaux en irrigation

(ii) irrigation aux gouttes à gouttes et irrigation par aspersion

Seule l'irrigation de surface se divise en trois différents types. Le tableau suivant présentera les critères de choix des deux autres systèmes d'irrigation. [3]

Tableau 02. IRRIGATION AUX GOUTTES A GOUTTES ET PAR ASPERSION

Critères	Irrigation aux gouttes à gouttes	Irrigation par aspersion
Type de sol	Sols sableux (dose d'arrosage faible et arrosage espacé)	Sols sableux (faible capacité de rétention d'eau et taux d'infiltration élevé)
Pente	Forte et régulière	
Disponibilité en ressource en eau	Ressource en eau limitée	
Type de culture à pratiquer	Cultures à haute valeur financière	
Technologie	Requiert une technicité, coût d'investissement important	
Besoin en main d'œuvre	Besoin en main d'œuvre minime, entretien des réseaux moins importants	

Source : Manuel de formation n°5 sur la Gestion des eaux en irrigation

2.7 Textes législatifs et réglementaires régissant l'AUE

2.7.1 Contexte

La structure gestionnaire du réseau est une Association des Usagers de l'Eau (AUE). L'AUE est une association à but non lucratif régit par l'ordonnance 60-133 le 03 octobre 1960. La Gestion, l'Entretien et la Protection du Réseau hydroagricole (GEPR) définis par l'article - 90.016 du code de l'eau et l'application de l'article 90.016 sont régis par l'article 90.642. La mise en place de l'AUE a pour objectif d'assurer le fonctionnement de la GEPR et de faire augmenter le rendement agricole. [8]

2.7.2 Rôles des membres de l'AUE

L'association est constituée par l'Assemblée générale composée des membres du bureau (Président, secrétaire, trésorier, et les polices de réseau) et de tous les usagers. Chaque niveau a son rôle, le dirigeant de l'AUE fait la sensibilisation et l'animation pour que les usagers participent aux travaux d'entretien ou à la réunion organisée. Les membres du bureau donnent des instructions aux usagers et assurent le suivi de la gestion de l'eau dans son secteur.

Les usagers, dans le cadre des doléances des usagers, ces derniers peuvent donner des suggestions pour améliorer la structure d'opération en matière de gestion de l'eau. Ils collectent les desideratas entre eux-mêmes pour résoudre des problèmes de gestion du périmètre. Les usagers exécutent les travaux d'entretien courant dans chaque secteur. Ils participent activement à la réunion organisée par les membres de bureau.

2.7.3 Règlement interne

Le texte règlementaire est appliqué grâce au DINA qui est appliqué dans le but de la Protection et de la Gestion du réseau. Chaque personne faisant une infraction portant atteinte à l'ensemble du réseau et à son organisation doit payer le DINA.

2.7.4 Budget pour l'entretien

Chaque année, une cotisation par usager de l'eau doit être payée pour constituer le frais d'entretien de chaque infrastructure. Le montant de cette cotisation peut être défini grâce à un vote par l'AG ou par la formule suivante :

$$(14) \quad Fe = \frac{K * E}{S}$$

Fe	: frais d'entretien par hectare	Ar/ha
K	: marge (K=0,50)	
E	: frais d'entretien chaque année obtenu grâce un devis métré	Ar
S	: superficie totale du MPI	ha

Le frais d'entretien par usager est en fonction de la superficie (ha).

2.7.5 Mis en œuvre d'une AUE

La mise en œuvre d'une AUE commence par une convocation de tous les bénéficiaires du MPI pour une réunion. La première réunion de l'Assemblée Générale (AG) est une réunion durant laquelle le responsable technique de la socio-organisation informe l'AG du texte règlementaire régissant une AUE. Ensuite, les membres votent les membres du bureau et votent le DINA afin de constituer le règlement interne. Et lorsque le statut et le règlement interne sont mis en place par l'association, le procès-verbal des réunions est légalisé au niveau de l'autorité locale.

Les résultats serviront à la rédaction du manuel de gestion en eau afin de proposer une intervention en tenant compte de la situation du MPI, et des capacités de ses ouvrages.

3.1 Gire

Pour la gestion de l'eau dans le MPI Ampahidrano Kety, les principes ayant un lien avec le MPI considéré sont le principe d'équité de l'eau et le principe de valorisation de l'eau.

3.2 Caractéristiques du bassin versant

La superficie, le périmètre, la longueur du plus long cheminement hydraulique et l'altitude maximale et minimale sont obtenues grâce au logiciel MapInfo. Et les autres paramètres du bassin versant tel que le K_c , le temps de concentration et l'intensité de pluie sont obtenus par les données traitées à partir des formules. (Voir annexe 12)

Tableau 03. CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT D'AMPAHIDRANO KETY

S (km ²)	P (km)	L (km)	I (m/m)	t _c (h)	i(t) (mm/h)	k _c	Forme
100	60	30	0,025	9,87	1,13.10 ⁻¹⁸	1,69	Allongée

3.3 Type de culture rencontré

Plusieurs sont les filières de production que pratiquent les bénéficiaires du MPI. Citant, la filière riz en deux saisons, la filière manioc, la filière oignon, la filière arachide, la filière haricot, et la filière maïs.

Parmi tous ces types de production, la culture ayant le plus besoin d'eau est le riz. C'est la raison pour laquelle, le besoin en eau d'irrigation sera évalué en fonction du besoin en eau du riz.

Tableau 04. CALENDRIER CULTURAL DE LA FILIERE RIZ

FILIERE RIZ												
ACTIVITES	PERIODE											
	Riz 1ère Saison											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aog	Sep	Oct	Nov	Déc
Labour												
Semis												
Repiquage												
Entretien/Sarclage												
Récolte												
Commercialisation												
Riz 2è Saison (Tsipala, Vary Afara)												
Labour												
Semis												
Repiquage												
Entretien/Sarclage												
Récolte												
Commercialisation												
												Mangafototra, Kenga (R8), Dobity (2788), 2787,70 jours, Sego, 50/16

Source : Données collectées sur terrain

3.4 Ressource en eau

- Pluie efficace

Les valeurs de la pluie efficaces dans le MPI sont obtenues grâce au logiciel Cropwat. (Voir annexe 21)

Tableau 05. PLUIE EFFICACE

	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Pe(mm/mois)	130,3	106,6	70,6	23,9	3,4	1,5	0,4	0,0	1,4	31,2	65,8	114,4

- Efficience du réseau

D'après Cropwat, l'efficience du réseau considéré est de 0,70.

- Calcul des apports

Pour le MPI, Q_{5s} est égal à 450,68 l/s.

Tableau 06. APPORTS MOYENS MENSUELS EN L/S PAR LA METHODE DE CTGREF

	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc
R4	23,8	19	17,1	6,8	3,8	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5	3,3	15,7
Q5m(l/s)	1287,13	1027,54	924,79	367,75	205,51	146,02	129,79	113,57	97,35	81,12	178,47	849,07

Dans la page 457 dans le livre Fleuves et Rivières de Madagascar (édition cédérom 2005) [7], le débit spécifique de fréquence quinquennal sec dans le BV est de 5 l/s/km² et l'apport annuel de fréquence quinquennal sec est de 500 l/s.

Tableau 07. APPORTS MOYENS MENSUELS EN L/S PAR LA METHODE DE STATION DE REFERENCE

	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc
R4	23,8	19	17,1	6,8	3,8	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5	3,3	15,7
Qm(l/s)	1428	1140	1026	408	228	162	144	126	108	90	198	942

Tableau 08. APPORTS MOYENS MENSUELS EN L/S

	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc	annuelle
Q5sm5(l/s)	1287,13	1027,54	924,788	367,752	205,509	146,019	129,7948	113,57	97,3461	81,122	178,47	849,075	450,68
Qm(l/s)	1428	1140	1026	408	228	162	144	126	108	90	198	942	500
Moyenne	1357,57	1083,77	975,39	387,88	216,75	154,01	136,90	119,79	102,67	85,56	188,23	895,54	475,34

- Calcul des crues

Pour le bassin versant du barrage d'Ampahidrano Kety, la formule de Louis Duret est celle utilisée pour calculée le débit de crue. Après calcul, le débit de crue de fréquence cinq est de 512,71 m³/s, et le débit de crue de fréquence dix est de 583,43 m³/s.

- Estimation du débit d'étiage

Le débit d'étiage de la rivière d'Iritsoka est de 1 l/s/km², soit un débit de 100 l/s pour les 100 ha. [7]

3.5 Besoin en eau

3.5.1 Evapotranspiration de référence

L'évapotranspiration de référence ETo est obtenue grâce au logiciel Cropwat et dépend des facteurs climatiques.

Tableau 09. EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE

Pays : Madagascar				Station : Betroka			
Altitude : 783 m		Latitude : 23.16 °S		Longitude : 46.05 °E			
Mois	T min	Tmax	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	°C	%	Km/j	heures	MJ/m²/j	mmj
Janvier	23.4	25.6	81	95	8.3	23.8	4.74
Février	23.2	26.2	81	95	8.0	22.4	4.51
Mars	22.6	24.6	81	95	7.2	19.5	3.82
Avril	20.5	24.7	82	69	6.9	16.5	3.08
Mai	17.0	22.4	81	96	7.2	14.5	2.40
Juin	14.5	20.3	80	96	7.0	13.0	1.93
Juillet	14.3	19.5	80	96	6.8	13.4	1.92
Août	15.3	21.7	78	95	7.8	16.6	2.63
Septembre	17.6	23.2	78	95	7.9	19.4	3.35
Octobre	20.1	27.1	79	146	7.8	21.4	4.24
Novembre	21.6	27.8	82	95	7.8	22.6	4.57
Décembre	22.9	26.1	82	95	7.6	22.8	4.60
Moyenne	19.4	24.1	80	91	7.5	18.8	3.48

Source : CROPWAT

D'après ce tableau, l'ETo est comprise entre 1,92 et 4,75.

3.5.2 Coefficient de la culture Kc

Pour le riz, Kc est compris entre 0,80 et 1,20 [4] avec une durée totale des phases de 140 jours. La figure suivante montre la récapitulation des valeurs de Kc pour les deux saisons de riz. (Voir annexe 22)

Le tableau suivant montre la récapitulation des valeurs de Kc pour les deux saisons de riz.

Tableau 10. COEFFICIENT DE CULTURE Kc

Phases	Kc
Pépinière	0,80
Préparation du sol	1,00
Phase initiale	1,00
Phase de développement	1,10
Mi-saison	1,20
Arrière- saison	1,00

3.5.3 Besoin en eau de la culture et besoin en eau d'irrigation

Les résultats présentés dans le Tableau 11 et 12 sont obtenues grâce aux traitements de données par Cropwat.

Tableau 11. BESOIN EN EAU DE LA CULTURE DE LA PREMIERE SAISON

Station ETo : Betroka				Culture : riz tsipla			
Station pluie : Betroka				Date de plantation : 15/07			
Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr
			coeff	mm/j	mm/déc	mm/déc	mm/déc
Juillet	2	Init	1.00	1.92	11.5	0.1	11.5
Juillet	3	Init	1.00	2.16	23.8	0.1	23.7
Août	1	Croiss	1.01	2.41	24.1	0.0	24.1
Août	2	Croiss	1.03	2.70	27.0	0.0	27.0
Août	3	Croiss	1.05	3.02	33.2	0.1	33.1
Septembre	1	Croiss	1.07	3.034	33.4	0.0	33.4
Septembre	2	Croiss	1.09	3.67	36.7	0.0	36.7
Septembre	3	Croiss	1.12	4.07	40.7	1.5	39.2
Octobre	1	Mi-sais	1.13	4.46	44.6	7.0	37.6
Octobre	2	Mi-sais	1.13	4.79	47.9	10.2	37.7
Octobre	3	Mi-sais	1.13	4.92	54.1	14.1	40.0
Novembre	1	Arr-sais	1.10	4.89	48.9	17.7	31.3
Novembre	2	Arr-sais	1.02	4.67	46.7	21.3	25.4
Novembre	3	Arr-sais	0.95	4.33	43.3	26.9	16.4

Décembre	1	Arr-sais	0.90	4.15	4.2	3.4	4.2
					520.0	102.3	421.1

Source : CROPWAT

Tableau 12. BESOIN EN EAU DE LA CULTURE DE LA DEUXIEME SAISON

Station ETo : Betroka				Culture : riz tsipla			
Station pluie : Betroka				Date de plantation : 15/07			
Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr
			coeff	mm/j	mm/déc	mm/déc	mm/déc
Décembre	2	Init	1.00	4.60	4.6	4.0	4.6
Décembre	3	Init	1.00	4.65	51.1	40.9	10.2
Janvier	1	Croiss	1.00	4.70	47.0	42.9	4.1
Janvier	2	Croiss	1.01	4.78	47.8	45.3	2.5
Janvier	3	Croiss	1.01	4.74	52.1	42.0	10.1
Février	1	Croiss	1.02	4.70	47.0	38.5	8.5
Février	2	Croiss	1.03	4.66	46.6	36.1	10.5
Février	3	Croiss	1.04	4.44	35.5	31.9	3.6
Mars	1	Mi-sais	1.05	4.22	42.2	27.8	14.4
Mars	2	Mi-sais	1.05	3.98	39.8	24.0	15.8
Mars	3	Mi-sais	1.05	3.73	41.0	18.6	22.4
Avril	1	Arr-sais	1.05	3.48	34.8	12.4	22.4
Avril	2	Arr-sais	1.01	3.10	31.0	6.8	24.3
Avril	3	Arr-sais	0.95	2.71	27.1	4.9	22.2
Mai	1	Arr-sais	0.90	2.36	18.9	2.3	16.0
					566.5	378.3	191.6

Source : CROPWAT

- Evapotranspiration de la culture

Selon le tableau 11, pour la première saison de culture de riz, l'ETc est comprise entre 1,92 et 4,92 mm/jour. Kc compris entre 0,95 et 1,13.

Et selon tableau 12, pour la deuxième saison de culture, l'ETc est comprise entre 2,36 et 4,78 mm/jour et Kc compris entre 0,92 et 1,05.

- Besoin en eau d'irrigation

Selon le tableau 11, les besoins en eau pour la première saison varient de 4,2 à 40 mm/décade. Et Selon le tableau 12, les besoins en eau pour la deuxième saison varient de 4,6 à 22,4 mm/décade.

- Besoin en eau pour saturation

Dans ce cas, les systèmes pratiqués sont le SRI et le SRA. En effet, les besoins en eau diminuent grâce à ce système car celui-ci ne requiert pas abondamment d'eau pour les parcelles. Les valeurs de la couche d'eau (CE) sont : mise en boue : 100mm ; remplissage des clos pour le SRI/SRA: 25 à 50 mm ; remplissage des clos pour le repiquage : 100mm ; sarclage : 50mm ; et entretien : 25mm.

- Débit fictif continu

D'après Cropwat, le débit fictif continu des saisons de culture de riz est compris entre 0,22 et 2,23 l/s/ha. (Voir annexe 23 et 24)

3.6 Adéquation ressources et besoins

Afin de pouvoir déterminer si la ressource est supérieure aux besoins, les valeurs des besoins en eau des cultures et l'apport moyen mensuel par le BV seront comparés.

Le tableau suivant récapitule le calendrier agricole (voir annexe 23) de la première saison de culture de la filière riz et présente l'apport moyen mensuel apportés par le bassin versant dans le tableau 8.

Tableau 13. COMPARAISON ENTRE BESOIN ET APPORT DE LA PREMIERE SAISON

1ère Saison				
Date	Jour	Besoin		Apports (l/s)
		Débit (l/s/ha)	Débit (l/s)	
15-juil	1	1,96	137,2	136,90
17-juil	3	0,42	29,4	
20-juil	6	0,42	29,4	
23-juil	9	0,46	32,2	
26-juil	12	0,46	32,2	
29-juil	15	0,46	32,2	
01-août	18	0,48	33,6	119,79
05-août	22	0,50	35	
09-août	26	0,50	35	
13-août	30	0,54	37,8	
17-août	34	0,55	38,5	
21-août	38	0,56	39,2	
25-août	42	0,60	42	
30-août	47	0,60	42	
04-sept	52	0,65	45,5	102,67
09-sept	57	0,66	46,2	
14-sept	62	0,70	49	
19-sept	67	0,71	49,7	
24-sept	72	0,74	51,8	
30-sept	78	0,76	53,2	
07-oct	85	0,58	40,6	85,56
14-oct	92	0,65	45,5	
21-oct	99	0,67	46,9	
29-oct	107	0,55	38,5	
05-nov	114	0,59	41,3	188,23
11-nov	120	0,67	46,9	
20-nov	129	0,47	32,9	
01-déc	Fin		0	

D'après le tableau 13, l'offre est supérieure à la demande, car tout au long de la saison, l'apport peut satisfaire le besoin en eau des cultures pour les 70 ha. (Voir annexe 23)

**Tableau 14. COMPARAISON ENTRE LE BESOIN EN EAU ET L'APPORT POUR LA
DEUXIEME SAISON**

2ème saison				
Date	Jour	Besoin		Apports (l/s)
		Débit (l/s/ha)	Débit (l/s)	
20-déc	1	2,23	156,1	895,54
21-déc	2	0,87	60,9	
22-déc	3	0,87	60,9	
24-déc	5	0,81	56,7	
26-déc	7	0,81	56,7	
28-déc	9	0,77	53,9	
30-déc	11	0,77	53,9	
01-janv	13	0,77	53,9	1357,57
04-janv	16	0,52	36,4	
06-janv	18	0,78	54,6	
08-janv	20	0,78	54,6	
11-janv	23	0,78	54,6	
15-janv	27	0,59	41,3	
19-janv	31	0,59	41,3	
22-janv	34	0,79	55,3	
25-janv	37	0,78	54,6	
30-janv	42	0,63	44,1	
06-févr	49	0,44	30,8	1083,77
10-févr	53	0,78	54,6	
21-févr	64	0,35	24,5	
12-mars	83	0,22	15,4	975,39
22-mars	83	0,43	30,1	
01-avr	93	0,44	30,8	387,88
11-avr	103	0,40	28	
21-avr	113	0,40	28	
02-mai	123	0,36	25,2	216,75
08-mai	134	0	0	

En comparant ces deux (02) résultats, il peut en être déduit que les ressources en eau disponibles sont entièrement suffisantes pour l'irrigation des 70ha durant les saisons.

3.7 Choix du système d'irrigation

Le choix de la méthode d'irrigation est déterminé en fonction de six facteurs suivants : (i) les conditions naturelles, (ii) les cultures, (iii) la technologie, (iv) la tradition des irrigations, (v)

les besoins en main d'œuvre, et (vi) les coûts et les bénéfices. Pour que l'agriculteur puisse choisir le système d'irrigation le plus adaptée, il faut qu'il soit capable d'évaluer les avantages et les inconvénients de chaque système (irrigation par surface, Irrigation par aspersion et Irrigation aux gouttes à gouttes).

Dans ce mémoire, l'objet de la recherche parle de la gestion de l'eau en évaluant le besoin en eau et les ressources disponibles et en recherchant le système d'irrigation adapté. Les calculs ne concernent pas toutes les filières d'activité du calendrier agricole mais seul le besoin en eau du riz, ayant le besoin en eau maxima, a été considéré. Et d'après les avantages et les désavantages de chaque système qui figurent dans le tableau 01 et 02, le système d'irrigation par bassin est le choix le plus adapté dans ce MPI. A part le fait que cette méthode est la plus simple, les conditions naturelles exigées par ce système (le relief et la pédologie) sont mieux adaptées pour l'irrigation par bassin. Aussi, la variété de riz utilisée à Madagascar demande une abondance eau pour les rizières, c'est la raison pour laquelle l'irrigation par bassin est le système choisi.

3.8 Gestion de l'eau sur le micro-périmètre

Pour le cas du micro-périmètre d'Ampahidrano Kety, le mode de captage de l'eau est par gravité avec un rehaussement du plan d'eau du cours d'eau par la réhabilitation du barrage fixe.

Les ouvrages existants dans le micro-périmètre d'Ampahidrano Kety sont : un barrage, un déversoir, une bêche, des traverses zébus, et des prises. (Voir annexe 18)

Le drainage dans le MPI est assuré par des fossés ouverts.

Grace aux mesures in situ, le débit d'étiage dans le canal principal est de 30l/s.

3.9 Manuel de Gestion de l'eau (MGE)

3.9.1 Mise en place de l'AUE

L'AUE dans le MPI est nommée SOAMIRAY. Cette AUE est composée de 65 bénéficiaires. La mise en place cette AUE s'est effectuée durant une réunion de l'AG durant laquelle tous les membres du bureau ont été votés.

3.9.2 Application du DINA

Le DINA prescrit le règlement interne qui régit l'Association des Usagers de l'Eau (AUE). Le règlement est défini par l'AUE elle-même. L'organisation de l'association se base sur la mise en place des organes connexes qui présente la commission du DINA par les polices du réseau. Ces membres sont élus par le vote effectué lors de la première Assemblée Générale de l'AUE. Chaque police de réseau est le premier responsable à l'application du DINA.

Le Dina a été établi en mois de Décembre lors de l'AG du membre de l'AUE à Ampahidrano Kety. A la moindre infraction par rapport au DINA, un montant doit être payé par la personne qui a enfreint le DINA. L'organisation sera intérieurement réglée par l'AUE-même. Mais seulement en cas de problème majeur rencontré, l'affaire sera remontée et traitée au niveau de l'autorité communale.

Le montant de chaque DINA payé à chaque degré d'infraction est voté par l'AG lors la réunion de l'AUE.

Tableau 15. RECAPITULATION DES TARIFS DU DINA

Ordre	Infraction	Tarif (Ariary)
01	absence à la réunion	2000
02	geste dans le réseau non autorisée (ex : lessive dans les canaux)	5000
03	participation monétaire impayée	50000
04	insubordination	2000
05	non transparence de la gestion	50000
06	destruction intentionnelle des infrastructures du réseau	50000

3.9.3 Frais d'entretien

Le budget pour l'entretien du réseau et des infrastructures dans le MPI est obtenu à partir d'une cotisation payée annuellement par chaque usager. Cette cotisation est fixée, à partir d'un vote, à 50000 Ar/usager.

3.9.4 Manuel de Gestion de l'eau

Le MGE des infrastructures traitera uniquement de l'irrigation gravitaire avec des canaux et une simple prise d'eau. Cette partie du manuel sera consacrée à la description d'une méthode

pouvant permettre à chaque exploitant d'un MPI de pouvoir suivre et évaluer le niveau de la gestion de l'eau et des infrastructures d'un périmètre irrigué. En effet, après avoir décrit et montrer comment on doit gérer l'eau et les infrastructures des périmètres irrigués, une sorte de guide permettant à chaque exploitant est nécessaire. Elle permet de suivre et d'évaluer la pratique de l'irrigation afin de connaître à tout instant le niveau atteint par l'aménagement sur lequel il travaille concernant la gestion de l'eau et les infrastructures.

Pour la réalisation d'un manuel, les points suivants seront développés : les différents besoins et pertes de l'eau de la dérivation, la planification de la gestion de l'eau du barrage, la préservation de l'environnement hydraulique, le suivi-évaluation de la gestion de l'eau et des infrastructures d'aménagement ; et le plan, fonctionnement, entretien et protection du réseau hydroagricole.

- Différents besoins et pertes en eau de dérivation

Les différentes utilisations de l'eau de la dérivation sont :

- (i) les besoins pastoraux :

Ceux-ci représentent les besoins en eau des divers animaux. Ils sont considérés égaux à 20 litre/jour/tête de caprins et ovins et à 40 litres/jour de bovins.

- (ii) les besoins agricoles :

Ces besoins représentent toutes les quantités d'eau dont les cultures en place sur les parcelles de l'aménagement vont utiliser depuis la germination de leurs graines jusqu'à la maturation ou la récolte.

- (iii) les besoins divers :

Ils représentent tous les volumes prélevés du barrage pour d'autres activités. Ces volumes sont difficiles à connaître, à moins de s'adresser aux dirigeants de ces unités.

- Les différentes pertes de l'eau de la dérivation sont :

- (i) Les pertes par évaporation :

Il faut préciser que l'eau stockée dans un barrage est soumise à des aléas climatiques qui font qu'elle s'en va sous forme de vapeur dans l'atmosphère à travers les effets conjugués du soleil et de l'air : c'est l'évaporation, constituant une perte de l'eau stockée dans la dérivation.

Les valeurs d'évaporation sont obtenues à partir des données avec les stations de mesures météorologiques et varient suivant les zones climatiques et l'étendue de la surface de l'eau. Les valeurs d'évaporation correspondant à un réseau sont données par le logiciel Cropwat (évapotranspiration de référence).

(ii) Les pertes par infiltration :

Elles représentent l'ensemble des volumes d'eau qui fuient sous le barrage par manque d'étanchéité parfaite des sols. Ces volumes aussi constituent des pertes de l'eau stockée dans le barrage et écoulé dans les canaux d'irrigation. Ces pertes diminuent avec l'âge du barrage mais restent quantifiées à une valeur annuelle de 30 à 60 cm d'eau.

L'ensemble de ces besoins et ces pertes permet d'évaluer la ressource en eau disponible qui va déterminer la gestion de l'eau du barrage. En réalité, seul 30% du volume peut être réellement utilisé à des fins bénéfiques ; le reste 70% s'en va à travers les différentes pertes déjà signalées.

- Planification de la gestion de l'eau du barrage

Dans la Région Anosy, l'année se subdivise en deux : une saison de pluie et une saison sèche. Pendant la saison de pluie, la plupart des prélèvements et pertes d'eau du barrage sont compensés par les apports pluviaux, à tel point qu'il semble inutile de chercher une quelconque planification dans la gestion du barrage. Par contre, la planification est utile et inévitable pendant la saison sèche car il n'y a que la quantité d'eau disponible qui va servir à combler tous les besoins et pertes d'eau jusqu'à la saison des pluies suivante pour des nouveaux apports.

Pour ce faire, au niveau de l'aménagement, la planification de la gestion de l'eau du barrage commence en saison de pluie. Elle consiste à faire en sorte que :

(i) les cultures à mettre en place soient à cycle court pour ne plus irriguer quand la saison de pluie s'achève car les prélèvements ne sont plus compensés ;

(ii) les cultures soient repiquées à temps, c'est-à-dire, un calendrier cultural conséquent permettant aux cultures de saison de pluies d'arriver à maturité en même temps que la fin de pluie est nécessaire.

(iii) l'Organisation du tour d'eau soit nécessaire pour éviter les conflits d'eau et les prises sauvages.

Ces trois cas auront chacun l'avantage de permettre de disposer d'une retenue à 100% de sa capacité en début de saison sèche. Ainsi, il faut, après déduction des pertes d'eau inévitables et évaluation des divers besoins, voir quelle quantité de surfaces mettre en culture avec les besoins en eau que ces dernières nécessiteront. Les hauteurs de pluies se mesurent à l'aide d'un pluviomètre et/ou d'un pluviographe mais sont souvent fournies par les stations météorologiques. Ces hauteurs de pluies serviront à ajuster les quantités d'eau complémentaires à apporter aux cultures en place, ce qui contribue à une gestion de l'eau.

- Suivi-évaluation de la gestion de l'eau et des infrastructures d'un MPI

Le manuel de gestion de l'eau et des infrastructures d'un MPI permet de connaître les principaux ouvrages d'irrigation d'un aménagement, leurs rôles, leurs utilisations, et leur entretien. Il permet également de connaître comment chaque usager peut amener l'eau aux cultures de sa parcelle sans gêner ses voisins, comment faire pour que l'eau du barrage permette de cultiver largement de superficies en saison sèche et comment savoir que le périmètre sur lequel ils travaillent, est en bonne santé ou pas.

Le Tableau présente le plan de gestion (modes de maintenance, entretien et réparation) des ouvrages principaux qui jouent des rôles importants dans le MPI depuis la dérivation jusqu'au périmètre.

Tableau 16. PLAN DE GESTION DU RESEAU HYDROAGRICOLE

Ouvrages	Rôles	Maintien et entretien	Réparations
Barrage	Il dérive de la rivière d'Iritsoka qui permet d'élever le plan d'eau pour alimenter le périmètre .	Enlèvement des vannes de chasse en période de crue.	En cas de réparation, s'il y a des fuites, la vidange du barrage est nécessaire pour les reboucher. L'ouverture des vannes de chasse est obligatoire pendant la période de crue
Prise principale	Elle permet de prélever l'eau de la dérivation pour irriguer les cultures sur les parcelles des exploitants	Curage et faucardage, Mesure de débit.	En période de crue, la fermeture des vannes de prise et l'ouverture des vannes de chasse sont obligatoires pour faire le désensablement du barrage

Dessableur	Il permet d'éviter l'ensablement des parcelles et le bouchage des canaux	Vidange du bassin à faire à chaque période de crue.	L'ouverture de la vanne de vidange est obligatoire et la fermeture de vanne vers le canal principal est souhaitée.
Canaux d'irrigation	Elle transporte l'eau depuis la prise principale jusqu'à la prise parcellaire	Curage et faucardage, Calcul de provision par rapport au coût d'investissement (murette)	Implantation de « vetiver » à la rive gauche , Exigence du frais d'entretien.
Prise parcellaire	Elle dévie l'eau vers les parcelles	Curage et faucardage	A vérifier périodiquement.

Source: Projet AINA

Ce MGE est approprié au réseau du MPI d'Ampahindrano Kety pour gérer les ouvrages hydrauliques. Il garantit la pérennité des ouvrages en assurant la manipulation des différents ouvrages existants et ses fonctionnements.

3.9.5 Pérennisation des ouvrages et des acquis

La continuité du bon fonctionnement du réseau est assurée par une bonne gestion adéquate au réseau d'irrigation. L'application de la GEPR dépend simplement de la redynamisation des AUE qui est la base essentielle dans le cadre de la pérennisation des ouvrages et l'établissement d'un tour d'eau. Avant la mise en marche du réseau. Il faut :

- (i) donner une formation théorique en renforcement des capacités des usagers ;
donner une formation théorique pour les Polices du réseau et les Gardes vannes concernant la pratique sur la mesure des débits évacués par le canal principal;
- (ii) informer les usagers en cas de travaux d'urgence par l'intermédiaire des membres du bureau (par exemple: ensablement du barrage, non fonctionnement d'un ouvrage délicat comme dessableur, etc.);
- (iii) visiter périodiquement les réseaux d'irrigation;
- (iv) faire le devis estimatif des travaux de petite réparation qui sont à la portée de la capacité des usagers dans le PTBA (travaux d'entretien courant) afin de prévoir la redevance exigée par chaque usager annuellement; et
- (v) suivre la distribution de l'eau de façon rationnelle et équitable.

Il est nécessaire de mobiliser les bénéficiaires compte tenu des mauvaises habitudes des usagers sur la non-participation aux travaux d'entretien, la solution sera la collecte des frais d'entretien en période de récolte. L'entretien des infrastructures est donc l'un des problèmes à résoudre partout à Madagascar car les réseaux existants sont mal entretenus.

CONCLUSION

Le MPI d'Ampahidrano Kety fait partie des MPI du district de Betroka, région Anosy. Le MPI a augmenté d'une superficie de 53 ha après réhabilitation du barrage grâce au programme AINA. La gestion de l'eau est toujours une source de conflit avant et après la réhabilitation. Les données collectées et les évaluations des paramètres permettent de savoir la capacité du MPI et de ces ouvrages afin de proposer une programmation pour la rédaction d'un Manuel de Gestion. Le manuel de gestion en eau servira en sorte de guide pour l'AUE formalisée en assurant l'entretien et l'organisation du réseau afin d'éviter les gaspillages d'eau et les conflits d'eau.

Annexes

Annexe 1. SITE DU BARRAGE D'AMPAHIDRANO KETY



Source : Google earth

Annexe 2. SITUATION DU MPI D'AMPAHIDRANO KETY



Source : Google earth

Annexe 3. CARTE ROUTIERE



Source : Internet

Annexe 4. CARTE MONTRANT LES COMMUNES COMPOSANT LE DISTRICT DE BETROKA

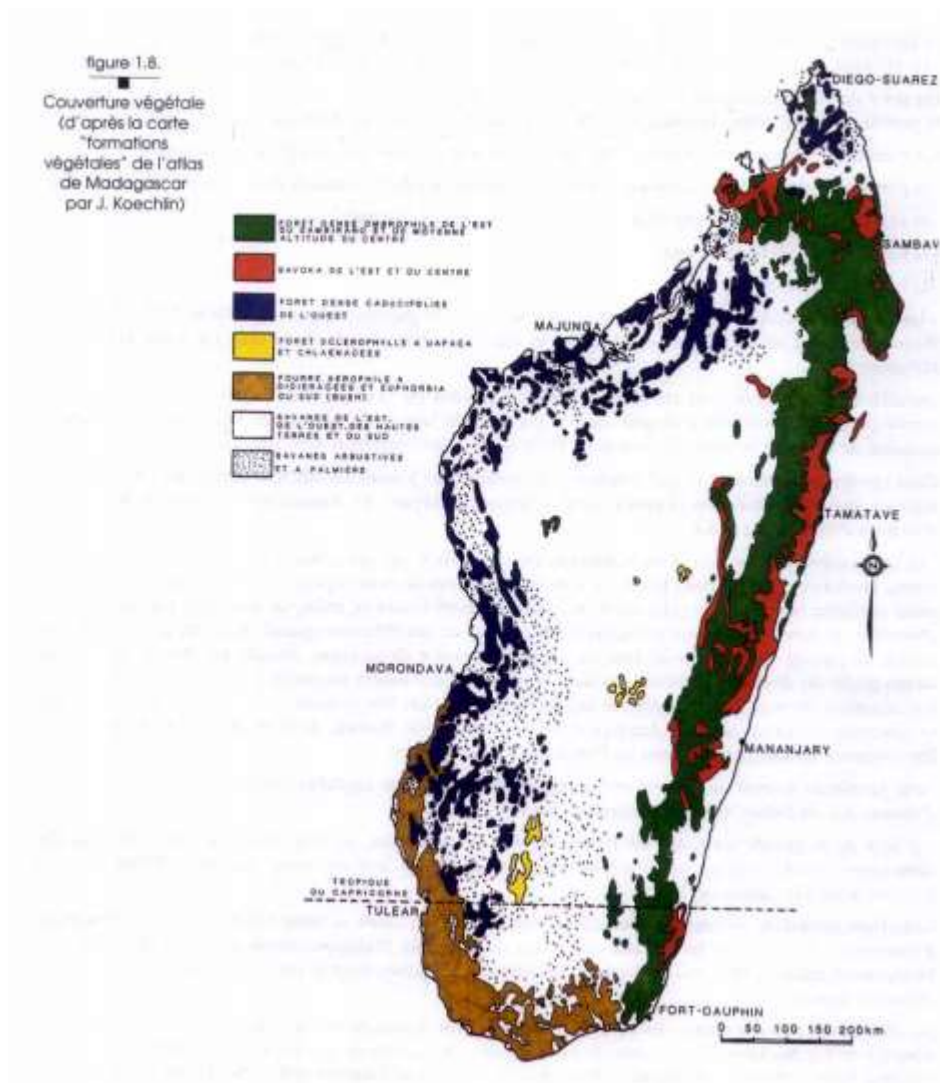


Source : SESAM-GIRE

Annexe 5. CARTE MONTRANT LES DISTRICTS DE MADAGASCAR

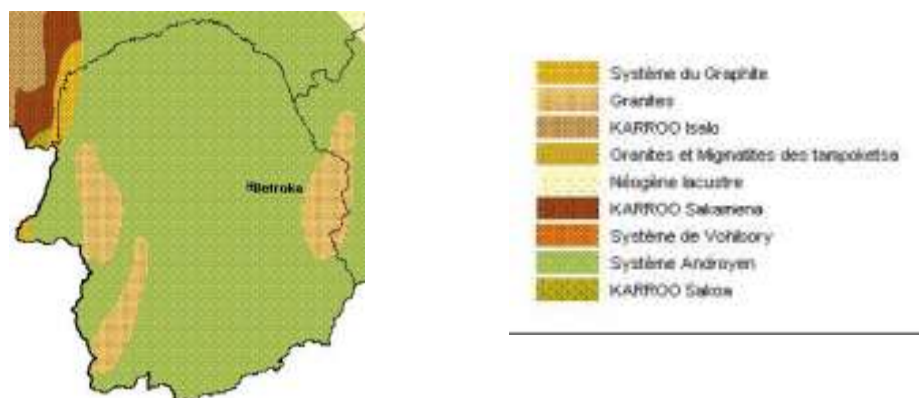


Annexe 6. COUVERTURE VEGETALE DE MADAGASCAR



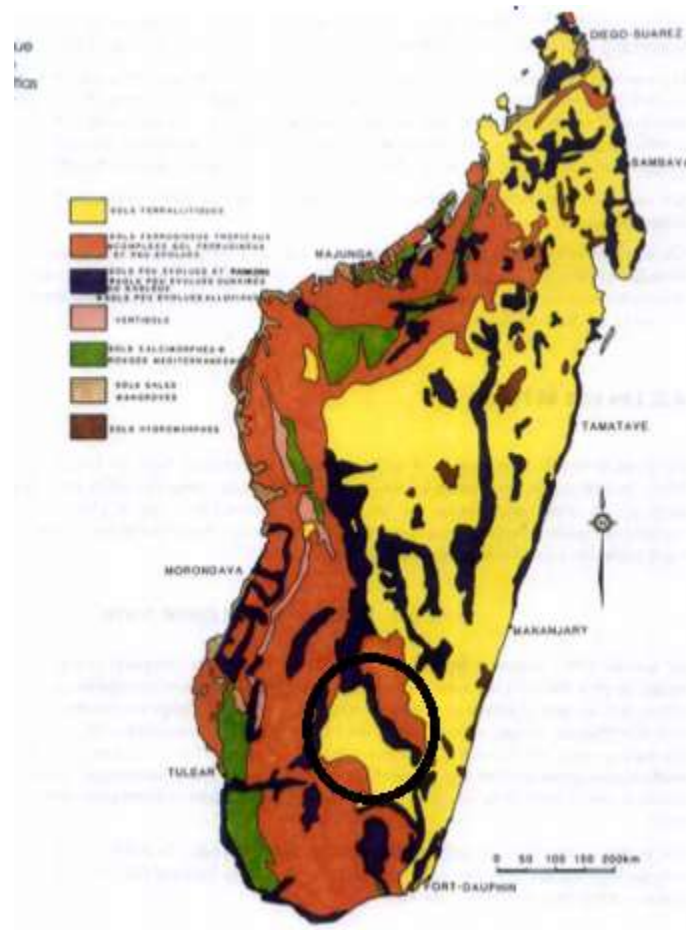
Source : Fleuves et Rivières de Madagascar

Annexe 7. CARTE GEOLOGIQUE



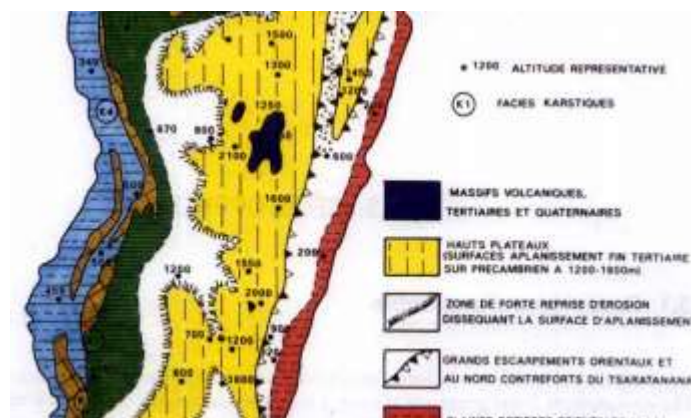
Source : Monographie de la région d'Ihorombe

Annexe 8. CARTE PEDOLOGIQUE DE MADAGASCAR



Source : Fleuves et Rivières de Madagascar

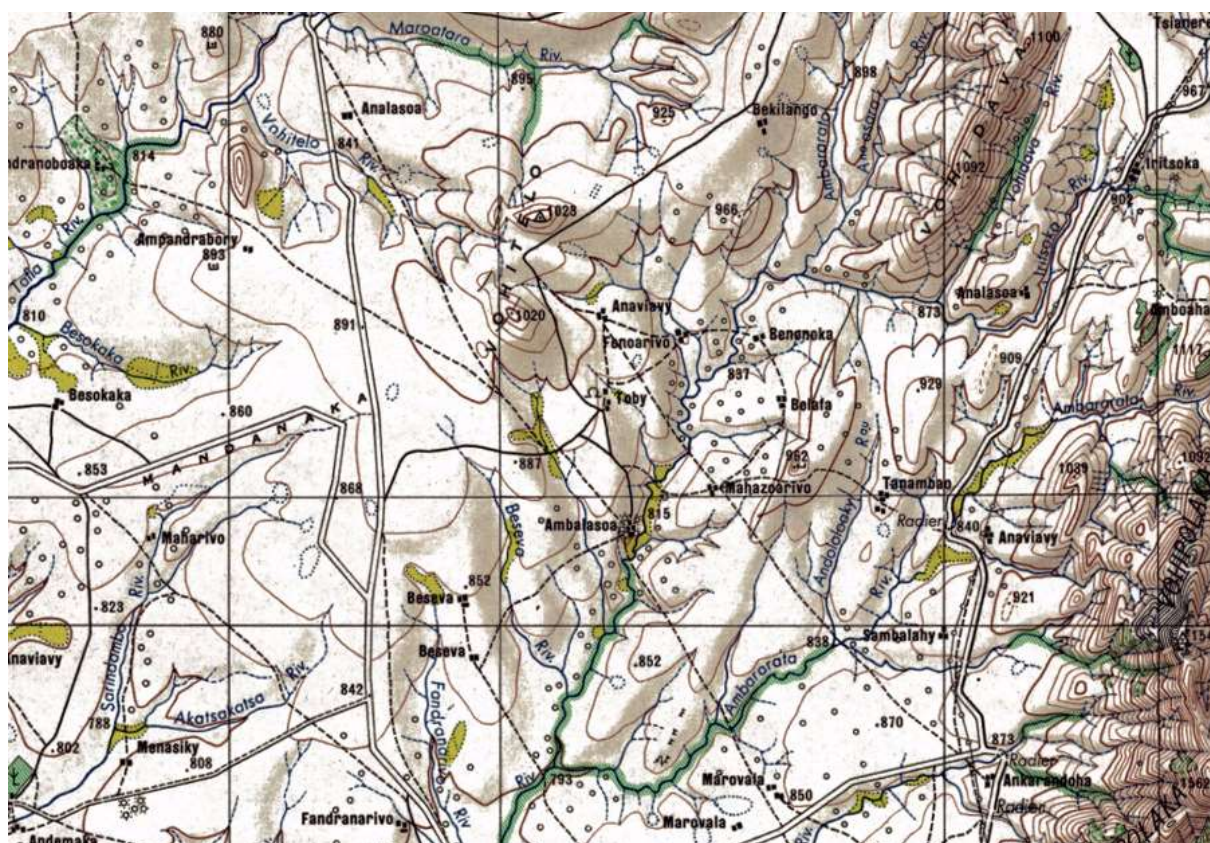
Annexe 9. RELIEF DU DISTRICT DE BETROKA



Source : Fleuves et Rivières de Madagascar

Annexe 10.

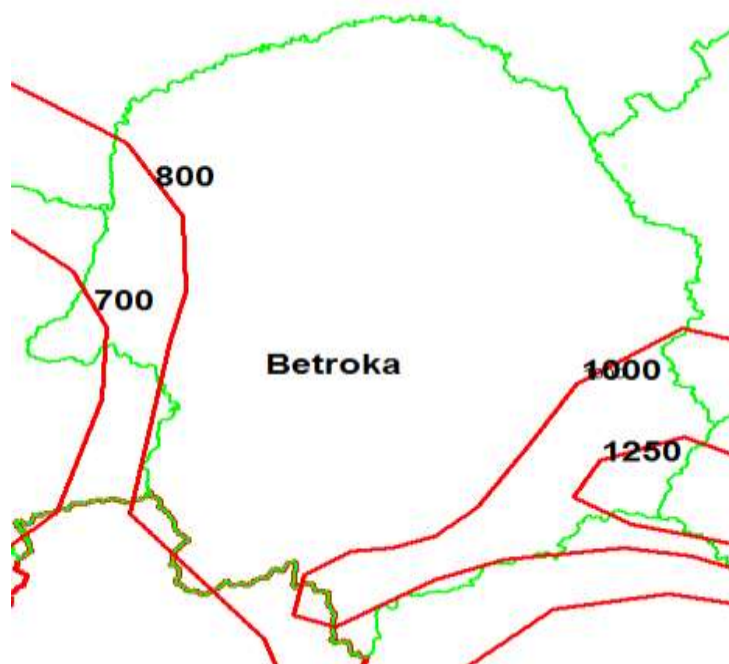
CARTE HYDROGRAPHIQUE DE LA COMMUNE RURALE D'AMBALASOA



Source : Carte FTM

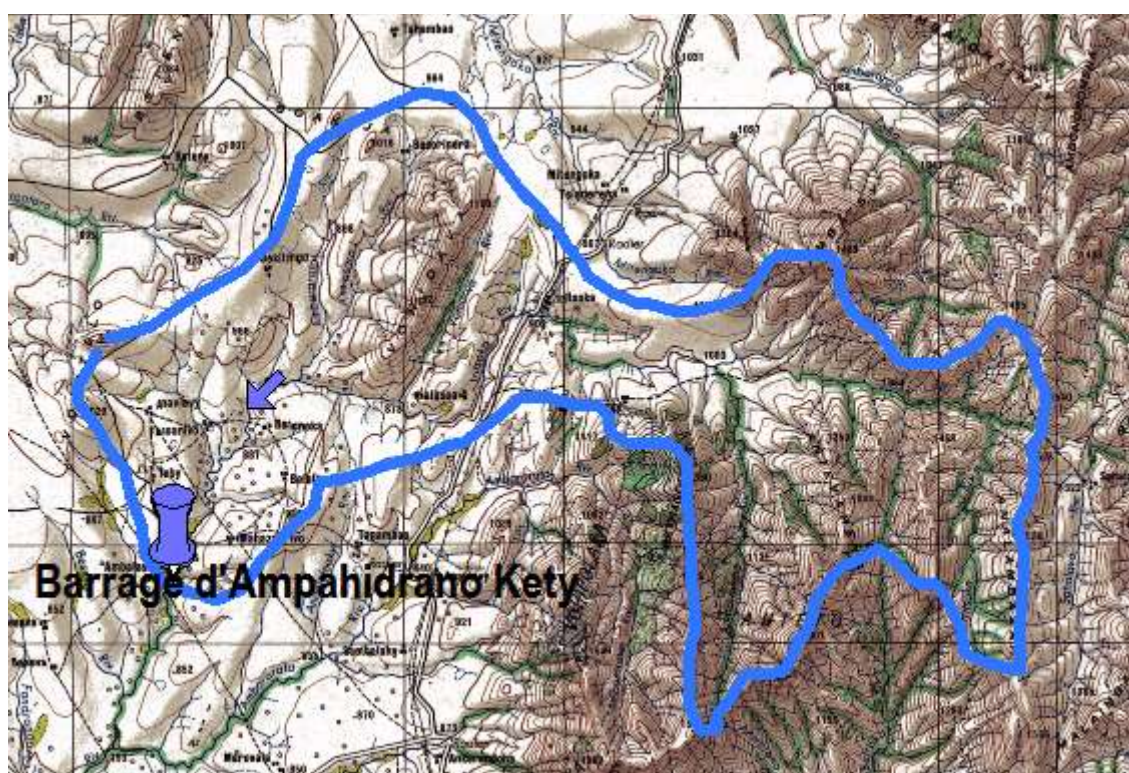
Annexe 11.

CARTE DES ISOHYETES DE BETROKA



Source : SESAM-GIRE

Annexe 12.

BASSIN VERSANT DU MICRO-PERIMETRE IRRIGUE

Source : SESAM-GIRE

Annexe 13.

CLIMAT DANS LE DISTRICT DE BETROKA

	Durée d'insolation en (h)	Humidité (%)	Vitesse du vent (m/s)	T moy (°C)	Pluviométrie moyenne mensuelle (mm)
Janvier	256,5	81	1,1	24,5	185,18
Février	222,5	81	1,1	24,7	136,28
Mars	222,7	81	1,1	23,6	81,05
Avril	205,8	82	0,8	22,6	24,85
Mai	223,5	81	0,8	19,7	3,45
Juin	209,5	80	0,8	17,4	1,48
Juillet	211,5	80	0,8	16,9	0,42
Août	241,7	78	1,1	18,5	0,00
Septembre	236,5	78	1,1	20,4	1,44
Octobre	240,1	79	1,7	23,6	32,95
Novembre	232,9	82	1,1	24,7	74,75
Décembre	236,1	82	1,1	24,5	150,72
Moyenne	228,28	80,42	1,05	21,76	57,71

Annexe 14.

DONNEES PLUVIOMETRIQUES MENSUELLES DANS LE DISTRICT DE
BETROKA

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
2000	149,2	65,6	21,6	5,4	0	0	0	0	0	0	154,4	188,4
2001	149,2	161,5	85,9	23,4	8,6	0	0	0	0	35,1	72,1	251,9
2002	99,3	184,7	87,9	1,7	0	0	0	0	0	0	9,1	174,1
2003	193,6	52,8	93,7	23,8	0	0	0	0	0	0	5,4	130,9
2004	136	62,6	212	68,3	3,5	0	0	0	0	111,4	75,7	208,6
2005	324,4	195,5	17,7	5,9	18,3	0	7,1	0	0	0	94,3	157,4
2006	62,8	121,6	37,2	14,8	0	0,6	0	0	1	14,9	68,4	255,8
2007	297,3	247,4	26,4	58,4	11,5	20,3	0	0	0	36,1	47,1	188,3
2008	204,7	201,8	32,3	34	1,1	0	0	0	7,7	46,8	87,2	135,1
2009	277,2	141,5	224	13,8	1,5	0	0	0	0	0,6	70,6	95,4
2010	106,6	61,2	90	0	0	0	0	0	0	81,3	23,4	112,1
2011	293	180,8	99,4	85,7	0	0	0	0	0	8,9	17,9	53,3
2012	191,8	28,9	99,7	48	0	0	0	0	0	89,9	138,1	163,2
2013	89,1	152,2	36,3	0	0	0	0	0	0	43,8	70,3	32,6
2014	343,3	77,3	31,4	11,5	0	0	0	0	15,7	3,4	100,2	31

Annexe 15.

PLUVIOMETRIE MAXIMALE JOURNALIERE DANS LE DISTRICT DE BETROKA

Année	Pmax. (mm)
2000	39,0
2001	41,1
2002	43,2
2003	41,7
2004	80,8
2005	74,8
2006	44,4
2007	77,7
2008	47,7
2009	87,8
2010	71,2
2011	61,8
2012	56,9
2013	47,8
2014	70,8
Moyenne	59,1

Source : Direction Générale de la Météorologie d'Antananarivo

Annexe 16.

COEFFICIENT DE REPARTITION MENSUEL

	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
R1	16,90	16,40	17	9,70	5,70	4,10	3,70	3,40	2,60	2,40	4,80	12,80
R2	17,90	18,10	20,50	87,50	4,80	3,70	3,05	2,65	2,05	2	4,40	11,60
R3	13,40	14,80	15,70	9,90	6,90	5,70	5,80	6	4,40	3,60	4,50	9,20
R4	23,8	19	17,1	6,8	3,8	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5	3,3	15,7

R1 : Hautes terres centrales

R2 : Grands bassins sortie nord-Ouest des hautes terres

R3 : Bordures orientales des hautes terres

R4 : Bassin du centre sud, centre-Ouest et petits bassins de la bordure occidentale des hautes terres

Source : Calcul des débits des petits bassins versants de Madagascar

Annexe 17.

ROLES ET ENTRETIEN DES INFRASTRUCTURES EN IRRIGATION

Ouvrages	Rôles	Maintien et entretien
Corps du barrage	Il permet d'élever le plan d'eau pour alimenter le périmètre.	Enlèvement des vannes de chasse ou batardeau sur le déversoir ou le barrage en période de crue.
Prise principale	Elle permet de prélever l'eau de la dérivation pour irriguer les cultures sur les parcelles des exploitants.	Curage et faucardage. Mesure de débit.
Dessableur	Il permet d'éviter l'ensablement des parcelles et le bouchage des canaux.	Vidange du bassin à faire à chaque période de crue.
Passage supérieur	Il joue le rôle collecteur pour collecter les eaux sauvages qui perturbent l'écoulement de l'eau dans le canal d'irrigation.	Enlèvement des dépôts sur ouvrage. Réouverture de la partie amont (entrée de l'ouvrage).
Déversoir latéral	C'est un ouvrage construit sur les réseaux d'irrigation gravitaire et servant à régler le volume d'eau par unité de temps qui passe dans un canal d'irrigation.	Ouverture de la vanne obligatoire en période d'entretien courant. Graissage de la tige filetée tous les trois au minimum.
Canaux d'irrigation	Elle transporte l'eau depuis la prise principale jusqu'à la prise parcellaire.	Curage, reprofilage et faucardage. Calcul de provision par rapport au coût d'investissement (murette)
Chute	Les chutes sont destinées à rattraper	L'enlèvement des dépôts dans le

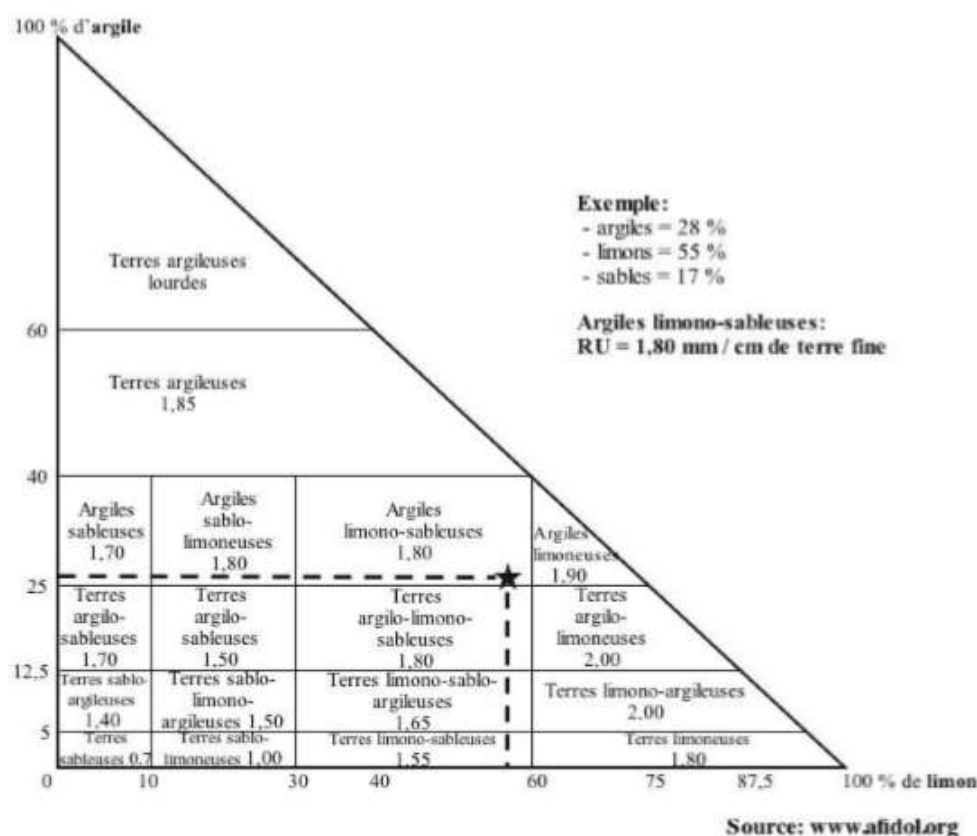
	des dénivelées gênantes du profil en long des canaux.	bassin de dissipation de chutes est souhaité
Partiteur	Il partage les eaux d'irrigation d'un canal à d'autres canaux, ou dans les parcelles.	Vérification des fonds de l'ouvrage pour éviter l'ensablement.
Bâche	Elle permet à l'eau de franchir les obstacles.	Désensablement lors de la période d'étiage
Vannettes des prises parcellaires	Elles permettent de régler l'accès de l'eau aux canaux.	Assurer la sécurité des vannettes avec un cadenas. Graissage pour éviter les rouilles des plaques en fer.
Échelle limnométrique	C'est une échelle de mesure de débit placée en amont du barrage et sur l'avant-canal.	Peinture tous les 6 mois.
Prise parcellaire	Elle dévie l'eau vers la parcelle.	Curage et faucardage.

Source : Internet

Corp du Barrage	Déversoir
	
Dessableur	Canal principale
	
Bâche	Prise parcellaire
	

Source : Photo prise sur terrain

Annexe 19.

RU SELON LA PROPORTION EN ARGILE ET EN LIMON

Annexe 20.

PARAMETRE REGIONAL-FORMULE DE CTGREF

RIVIERE	B
Ikopa à Bevomanga	49
Ikopa au Bac de Fiadanana	51
Andromba à Tsinjony	50
Ikopa à Antsatrana	47
Bestiboka à Ambodiroka	46
Mangoro à Mangoro	47
Mania à Fasimena	45
Vohitra à Roger	42
Namorona à Vohiparana	63
Mananantanana	50
Zomandao à Ankaramena	49
Ihosal à Ihosal	47
Matsiatra	46
Mangoky à Banian	49
Mandrare à Amboasary	47
Mananara à Bevia	54
Menarandra à Tranoroa	47
Sambirano à Ambanja	36

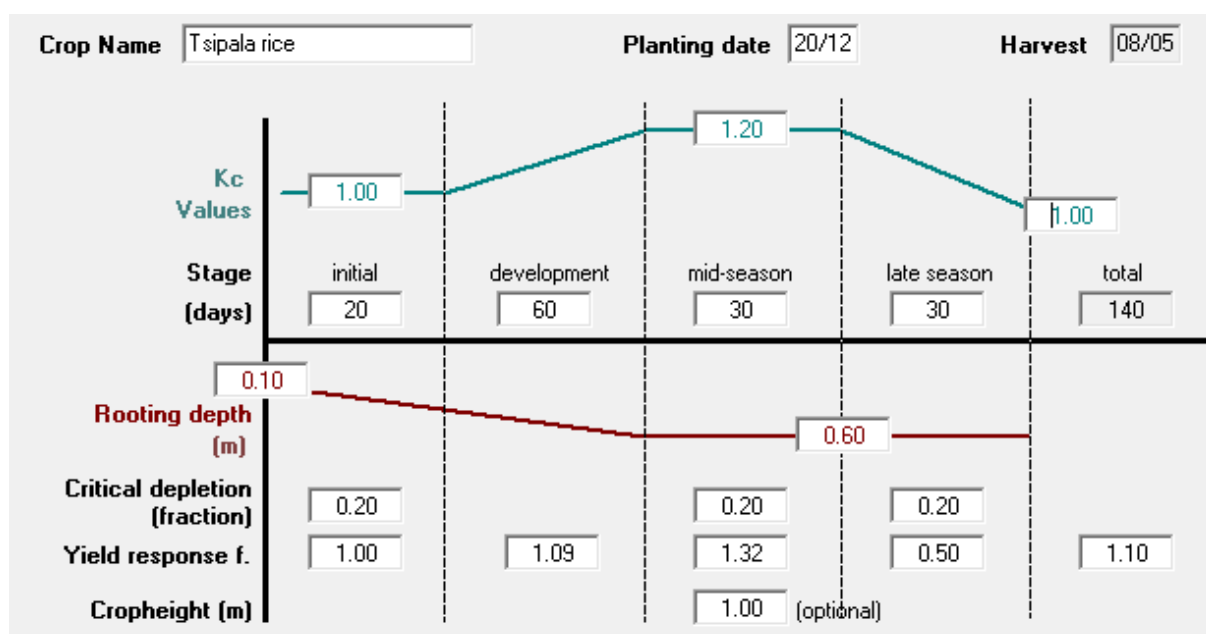
Source : Calcul des débits des petits bassins versants de Madagascar

Annexe 21. PLUIE EFFICACE

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	185.1	130.3
February	136.3	106.6
March	81.1	70.6
April	24.9	23.9
May	3.5	3.5
June	1.5	1.5
July	0.4	0.4
August	0.0	0.0
September	1.4	1.4
October	33.0	31.3
November	74.8	65.8
December	150.7	114.4
Total	692.7	549.6

Source : CROPWAT

Annexe 22. COEFFICIENT DE CULTURE KC



Source : CROPWAT

Annexe 23.

CALENDRIER AGRICOLE DE LA PREMIERE SAISON DE CULTURE

Calendrier du 15 juillet au 1^{er} août

Crop irrigation schedule

ETo station: Betroka Crop: Tsipala rice Planting date: 15/07 Yield red.: 0.2 %
 Rain station: Betroka Soil: Black clay soil Harvest date: 01/12

Table format:
☒ Irrigation schedule
☐ Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
 Application: Refill soil to field capacity
 Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
15 Jul	1	Init	0.0	0.62	62	56	11.8	0.0	0.0	16.9	1.96
17 Jul	3	Init	0.1	1.00	100	21	5.0	0.0	0.0	7.2	0.42
20 Jul	6	Init	0.0	0.99	100	28	7.6	0.0	0.0	10.9	0.42
23 Jul	9	Init	0.0	1.00	100	27	8.3	0.0	0.0	11.9	0.46
26 Jul	12	Init	0.0	1.00	100	24	8.4	0.0	0.0	12.0	0.46
29 Jul	15	Init	0.0	1.00	100	22	8.4	0.0	0.0	12.0	0.46
1 Aug	18	Init	0.0	1.00	100	20	8.6	0.0	0.0	12.3	0.48

Totals

Total gross irrigation	670.6	mm	Total rainfall	109.8	mm
Total net irrigation	469.4	mm	Effective rainfall	87.9	mm
Total irrigation losses	0.0	mm	Total rain loss	21.9	mm
Actual water use by crop	515.8	mm	Moist deficit at harvest	18.5	mm
Potential water use by crop	516.6	mm	Actual irrigation requirement	428.7	mm
Efficiency irrigation schedule	100.0	%	Efficiency rain	80.0	%
Deficiency irrigation schedule	0.1	%			

☐ Yield reductions

Calendrier du 5 août au 30 août

Crop irrigation schedule

ETo station: Betroka Crop: Tsipala rice Planting date: 15/07 Yield red.: 0.2 %
 Rain station: Betroka Soil: Black clay soil Harvest date: 01/12

Table format:
☒ Irrigation schedule
☐ Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
 Application: Refill soil to field capacity
 Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
5 Aug	22	Dev	0.0	0.99	100	26	12.1	0.0	0.0	17.3	0.50
9 Aug	26	Dev	0.0	1.00	100	23	12.1	0.0	0.0	17.4	0.50
13 Aug	30	Dev	0.0	1.00	100	23	13.0	0.0	0.0	18.6	0.54
17 Aug	34	Dev	0.0	1.00	100	21	13.3	0.0	0.0	19.1	0.55
21 Aug	38	Dev	0.0	1.00	100	20	13.7	0.0	0.0	19.5	0.56
25 Aug	42	Dev	0.0	1.00	100	20	14.5	0.0	0.0	20.8	0.60
30 Aug	47	Dev	0.0	1.00	100	23	18.2	0.0	0.0	26.0	0.60

Efficiency irrigation schedule 100.0 % Efficiency rain 80.0 %
 Deficiency irrigation schedule 0.1 %

Yield reductions

Stagelabel	A	B	C	D	Season
Reductions in ETc	1.7	0.0	0.0	0.0	0.1 %
Yield response factor	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Yield reduction	1.7	0.0	0.0	0.0	%
Cumulative yield reduction	1.7	1.8	1.8	1.8	0.2 %

Calendrier du 4 septembre au 7 octobre

Crop irrigation schedule

ETo station: Betroka Crop: Tsipala rice Planting date: 15/07 Yield red.: 0.2 %
 Rain station: Betroka Soil: Black clay soil Harvest date: 01/12

Table format:
☒ Irrigation schedule
☐ Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
 Application: Refill soil to field capacity
 Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
4 Sep	52	Dev	0.0	1.00	100	23	19.5	0.0	0.0	27.9	0.65
9 Sep	57	Dev	0.0	1.00	100	22	19.9	0.0	0.0	28.4	0.66
14 Sep	62	Dev	0.0	1.00	100	22	21.2	0.0	0.0	30.3	0.70
19 Sep	67	Dev	0.0	1.00	100	21	21.5	0.0	0.0	30.8	0.71
24 Sep	72	Dev	0.0	1.00	100	20	22.4	0.0	0.0	32.0	0.74
30 Sep	78	Dev	0.0	1.00	100	23	27.5	0.0	0.0	39.3	0.76
7 Oct	85	Mid	3.6	1.00	100	21	24.7	0.0	0.0	35.3	0.58

Efficiency irrigation schedule 100.0 % Efficiency rain 80.0 %
 Deficiency irrigation schedule 0.1 %

Yield reductions

Stagelabel	A	B	C	D	Season
Reductions in ETc	1.7	0.0	0.0	0.0	0.1 %
Yield response factor	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Yield reduction	1.7	0.0	0.0	0.0	%
Cumulative yield reduction	1.7	1.8	1.8	1.8	0.2 %

Calendrier du 14 octobre au 1^{er} décembre

Crop irrigation schedule

ETo station: Betroka Crop: Tsipala rice Planting date: 15/07 Yield red.: 0.2 %
 Rain station: Betroka Soil: Black clay soil Harvest date: 01/12

Table format:
☒ Irrigation schedule
☐ Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
 Application: Refill soil to field capacity
 Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
14 Oct	92	Mid	0.0	1.00	100	23	27.3	0.0	0.0	39.0	0.65
21 Oct	99	Mid	0.0	1.00	100	24	28.5	0.0	0.0	40.7	0.67
29 Oct	107	Mid	0.0	1.00	100	22	26.8	0.0	0.0	38.3	0.55
5 Nov	114	End	0.0	1.00	100	21	24.8	0.0	0.0	35.4	0.59
11 Nov	120	End	0.0	1.00	100	20	24.3	0.0	0.0	34.7	0.67
20 Nov	129	End	0.0	1.00	100	21	25.8	0.0	0.0	36.8	0.47
1 Dec	End	End	0.0	1.00	0	15					

Efficiency irrigation schedule 100.0 % Efficiency rain 80.0 %
 Deficiency irrigation schedule 0.1 %

Yield reductions

Stagelabel	A	B	C	D	Season
Reductions in ETc	1.7	0.0	0.0	0.0	0.1 %
Yield response factor	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Yield reduction	1.7	0.0	0.0	0.0	%
Cumulative yield reduction	1.7	1.8	1.8	1.8	0.2 %

Annexe 24. CALENDRIER DE CULTURE DE LA 2^{EME} SAISON DE CULTURE

Calendrier du 20 décembre au 30 décembre

Crop irrigation schedule

ETo station: Betroka Crop: T sipala rice Planting date: 20/12 Yield red.:

Rain station: Betroka Soil: Black clay soil Harvest date: 08/05 0.3 %

Table format:

☒ Irrigation schedule Timing: Irrigate at critical depletion

☐ Daily soil moisture balance Application: Refill soil to field capacity

Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
20 Dec	1	Init	0.0	0.62	62	64	13.5	0.0	0.0	19.3	2.23
21 Dec	2	Init	0.0	1.00	100	23	5.3	0.0	0.0	7.5	0.87
22 Dec	3	Init	0.0	1.00	100	22	5.3	0.0	0.0	7.5	0.87
24 Dec	5	Init	0.0	1.00	100	37	9.8	0.0	0.0	14.0	0.81
26 Dec	7	Init	0.0	1.00	100	34	9.8	0.0	0.0	14.0	0.81
28 Dec	9	Init	0.0	1.00	100	30	9.3	0.0	0.0	13.3	0.77
30 Dec	11	Init	0.0	1.00	100	28	9.3	0.0	0.0	13.3	0.77

Totals

Total gross irrigation	573.9	mm	Total rainfall	485.4	mm
Total net irrigation	401.7	mm	Effective rainfall	210.4	mm
Total irrigation losses	0.0	mm	Total rain loss	275.0	mm
Actual water use by crop	562.4	mm	Moist deficit at harvest	10.3	mm
Potential water use by crop	564.2	mm	Actual irrigation requirement	353.8	mm
Efficiency irrigation schedule	100.0	%	Efficiency rain	43.3	%
Deficiency irrigation schedule	0.3	%			

☐ Yield reductions

Calendrier du 1^{er} janvier au 19 janvier

Crop irrigation schedule

ETo station: Betroka Crop: T sipala rice Planting date: 20/12 Yield red.:

Rain station: Betroka Soil: Black clay soil Harvest date: 08/05 0.3 %

Table format:

☒ Irrigation schedule Timing: Irrigate at critical depletion

☐ Daily soil moisture balance Application: Refill soil to field capacity

Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
1 Jan	13	Init	0.0	1.00	100	26	9.3	0.0	0.0	13.4	0.77
4 Jan	16	Init	0.0	1.00	100	23	9.4	0.0	0.0	13.4	0.52
6 Jan	18	Init	0.0	1.00	100	22	9.4	0.0	0.0	13.4	0.78
8 Jan	20	Init	0.0	1.00	100	21	9.4	0.0	0.0	13.4	0.78
11 Jan	23	Dev	0.0	1.00	100	29	14.2	0.0	0.0	20.2	0.78
15 Jan	27	Dev	0.0	1.00	100	27	14.3	0.0	0.0	20.5	0.59
19 Jan	31	Dev	0.0	1.00	100	24	14.3	0.0	0.0	20.5	0.59

Efficiency irrigation schedule 100.0 % **Efficiency rain** 43.3 %

Deficiency irrigation schedule 0.3 %

Yield reductions

Stagelabel	A	B	C	D	Season
Reductions in ETc	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3 %
Yield response factor	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Yield reduction	1.9	0.0	0.0	0.0	%
Cumulative yield reduction	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3 %

Calendrier du 22 janvier au 12 mars

Crop irrigation schedule

ETo station: Betroka Crop: Tspala rice Planting date: 20/12 Yield red. 0.3 %
 Rain station: Betroka Soil: Black clay soil Harvest date: 08/05

Table format:
☒ Irrigation schedule
☐ Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
 Application: Refill soil to field capacity
 Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
22 Jan	34	Dev	0.0	1.00	100	23	14.3	0.0	0.0	20.4	0.79
25 Jan	37	Dev	0.0	1.00	100	21	14.2	0.0	0.0	20.3	0.78
30 Jan	42	Dev	0.0	1.00	100	26	19.0	0.0	0.0	27.1	0.63
6 Feb	49	Dev	0.0	1.00	100	23	18.8	0.0	0.0	26.9	0.44
10 Feb	53	Dev	0.0	1.00	100	22	18.8	0.0	0.0	26.9	0.78
21 Feb	64	Dev	0.0	1.00	100	23	23.1	0.0	0.0	33.0	0.35
12 Mar	83	Mid	0.0	1.00	100	22	25.9	0.0	0.0	36.9	0.22

Efficiency irrigation schedule 100.0 % Efficiency rain 43.3 %
 Deficiency irrigation schedule 0.3 %

Yield reductions

Stagelabel	A	B	C	D	Season
Reductions in ETc	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3 %
Yield response factor	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Yield reduction	1.9	0.0	0.0	0.0	%
Cumulative yield reduction	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3 %

Calendrier du 12 mars au 8 mai

Crop irrigation schedule

ETo station: Betroka Crop: Tspala rice Planting date: 20/12 Yield red. 0.3 %
 Rain station: Betroka Soil: Black clay soil Harvest date: 08/05

Table format:
☒ Irrigation schedule
☐ Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion
 Application: Refill soil to field capacity
 Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
12 Mar	83	Mid	0.0	1.00	100	22	25.9	0.0	0.0	36.9	0.22
22 Mar	93	Mid	0.0	1.00	100	21	25.7	0.0	0.0	36.8	0.43
1 Apr	103	Mid	0.0	1.00	100	22	26.6	0.0	0.0	38.1	0.44
11 Apr	113	End	0.0	1.00	100	20	24.2	0.0	0.0	34.6	0.40
21 Apr	123	End	0.0	1.00	100	20	24.2	0.0	0.0	34.6	0.40
2 May	134	End	0.0	1.00	100	20	24.3	0.0	0.0	34.7	0.36
8 May	End	End	0.0	1.00	0	9					

Efficiency irrigation schedule 100.0 % Efficiency rain 43.3 %
 Deficiency irrigation schedule 0.3 %

Yield reductions

Stagelabel	A	B	C	D	Season
Reductions in ETc	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3 %
Yield response factor	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Yield reduction	1.9	0.0	0.0	0.0	%
Cumulative yield reduction	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3 %

BIBLIOGRAPHIES

1. BCEOM Paris, Calcul des débits des petits versants de Madagascar (1967)
2. Euskal Herri, BLE-CIVAM, Conduite d'irrigation en maraîchage bio
3. FAO, Méthodes d'irrigation : 1990
4. <https://fr.scribd.com>
5. Info ressources, Focus N° 1/03 : Gestion Intégrée des Ressources en Eau – La voie du développement durable, 2003
6. Monographie de la région d'Ihorombe, 2003
7. Pierre Chaperon, Joël Danloux et Luc Ferry. Paris 1993, Fleuves et rivières de Madagascar, IRD Éditions : DMH/CNRE : Edition cédérom 2005.
8. Textes législatifs et réglementaires régissant les AUE : loi 2014-042 du 09 janvier 2015.

Auteurs		Encadrante
ANDRINAFINARITRA Rovatiana Domoina rovatianadomoina@yahoo.com 034 22 161 54	RAZAFINDRASATA Kanto Michèle rasatakanto@yahoo.com 032 91 766 37	RAONIHARISOA Pascaline raoniharisoa@gmail.com 034 41 081 44

Thème : COLLECTE ET ETUDES DES DONNEES DE BASE DANS LE CADRE DU PROJET ACTIONS INTEGREES EN NUTRITION ET ALIMENTATION EN VUE DE LA REDACTION D'UN MANUEL DE GESTION DU MICRO-PERIMETRE D'AMPAHIDRANO KETY, FOKONTANY AMBALASOA, COMMUNE RURALE AMBALASOA, DISTRICT DE BETROKA, REGION ANOSY

RESUME

Le district de Betroka, dans la région Anosy est un district avec des potentiels favorables à l'agriculture. Car ces caractéristiques démontrent que, dans le district de Betroka, les ressources en eau sont abondantes et la pédologie est favorable. Mais pour un bon rendement, l'agriculture ne se repose pas que sur ces caractéristiques favorables, mais elle dépend également des principes et méthodes en irrigation qui sont plus adéquats. Dans cette étude, des paramètres ont été pris en compte tels que le bassin versant, le calcul de la ressource en eau disponible, le besoin en eau des cultures, le besoin en eau d'irrigation, le système d'irrigation et l'aménagement du réseau par des infrastructures avec une entité gérant le réseau selon les textes législatifs. Les résultats ont montré que dans le cas du micro-périmètre irrigué d'Ampahidrano Kety, d'une superficie de 70 ha, fokontany Ambalaso, Commune Rurale Ambalaso, district de Betroka, la ressource en eau est suffisante mais il est toutefois nécessaire d'établir un bon manuel pour une maîtrise de la gestion de l'eau. Pour ce faire, les résultats de cette étude constituent les données de base en vue de la rédaction d'un Manuel de Gestion de l'Eau, et une Association des Usagers de l'Eau a été formalisée assurant l'entretien des infrastructures du réseau et la police des eaux.

Mots clés : agriculture, bassin versant, eau, gestion, irrigation, rendement, ressource

ABSTRACT

Betroka district, in Anosy region, is a district with capacities for agriculture. All of their characteristics of Betroka district explain why water resources are abundant and the soil analysis demonstrates the land fertility. But for a high profitability the agriculture do not only depend on this favorable resource, but also on irrigation precise principles and methods. This study considered parameters as the watershed, water resource availability calculation, water culture need, irrigated water need, irrigation system and the network management by infrastructures with an entity managing the network following legislative text. In case of the Irrigated Perimeter of Ampahidrano Kety, at 70 ha, fokontany Ambalaso, Commune Rurale Ambalaso, district of Betroka, the water resource is sufficient but nevertheless it is necessary to establish a good manual to control the water management. For that, these study results constitute basic data to a Water Management Manual redaction, and a Water Users Association is formalized ensuring the infrastructure network maintenance and the water police.

Key words : agriculture, irrigation, management, output, resource, water, watershed