

PROJET DE MISE EN VALEUR ET PROTECTION DE BASSIN VERSANT AU

LAC ALAOTRA

(BV Lac -AMBATONDRAZAKA)

RAPPORT DE STAGE du Janvier au juin 2008

ETUDE PRELIMINAIRE EN D .E. A (Diplôme d'Etude Approfondie)

Année Universitaire : 2007-2008



**APPORT DE L' HYDROGEOLOGIE POUR L'AMELIORATION DE
L'IRRIGATION DE LA RIVE DROITE DE LA VALLEE MARIANINA**



Présenté par :

RAZATOVOMANITRINIARIVO Hobimalala Nadia

SOMMAIRE

Méthodologie

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

INTRODUCTION

1.	MILIEU PHYSIQUE (CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT DE BEVAVA).....	10
1.1.	Localisation géographique	11
1.2.	Surface	12
1.3.	Caractéristiques physiques et leurs influences sur l'écoulement des eaux:.....	13
1.3.1.	Réseaux hydrographiques.....	13
1.3.2.	Nature de sol.....	15
1.3.3.	Les fonctions du sol :	16
1.3.4.	Occupation des sols:	16
1.4.	Hydrographie.....	20
1.4.1.	SASOMANGANA.....	20
1.4.2.	BEVAVA.....	21
1.5.	Contexte climatique.....	21
1.6.	Suivi des précipitations depuis l'an 2000	24
1.6.1.	Pluviométrie :	26
1.6.2.	HYDROMETRIE	30
1.7.	Contexte géologique	32
1.8.	Etude hydrologique de la zone d'étude.....	32
1.8.1.	Bilan hydrologique: Bassin versant de Bevava	32
1.8.2.	Cycle de l'eau et les eaux souterraines	33
2.	GENERALITES SUR L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE :	36
2.1.	Caractéristiques des aquifères et nappes selon leur typologie	36
2.2.	Grands systèmes aquifères à Madagascar	38
2.2.1.	Les aquifères de socle :	39
2.2.2.	Provinces géologiques.....	39
2.2.3.	Les huit zones hydrogéologiques à Madagascar	40
2.2.4.	Les caractéristiques hydrogéologiques	40
3.	L'eau souterraine et les rizières à mauvaise maîtrise d'eau	42
3.1.	RMME	42
3.2.	Apport en eau d'irrigation de la vallée du Sud-est du Lac Alaotra.....	43

3.3.	Inventaire des points d'eau	46
3.4.	Quelques rendements sur la production de paddy:	49
3.5.	Reconnaissance à entreprendre	50
4.	LES DIFFERENTS INTERVENANTS AU LAC ALAOTRA DEPUIS LA COLONISATION_ACTUEL :	52
	INTERPRETATION ET RECOMMANDATIONS	54
	CONCLUSION	
	ANNEXES	
	BIBLIOGRAPHIE	

Liste des tableaux:

A: Coordonnées géographiques des différentes rivières

B: Superficie de chaque bassin versant

1: Pluviométrie et température (2006)

2: Pluviométrie et température (2007)

3: sites et matériels hydrologiques

4: Totaux décennaires par saison de pluie de toutes les stations pluviométriques et tableau récapitulatif des pluies décennaires de Bevava (2000-2007)

5: Quelques débits de la rivière Sasomangana

6: Gestion du barrage de Bevava (Mois d'avril (2001-2007)

7: Répartition des eaux du globe

8: Caractéristiques des aquifères selon leur typologie

9: Quelques rendements de paddy (région Alaotra Mangoro)

10: Caractéristiques des puits

Liste des figures :

Figure 1: Carte de la zone d'étude

Figure 2 Bassin versant de l'Harave

Figure 3: Bassin Versant de la Sasomangana

Figure 4: Station pluviométrique à Amboasary et une partie de la rivière Sasomangana

Figure 5 : Lac de Bevava

Figure 6 : Représentation de la rive droite et de la rive gauche

LISTE DES ANNEXES:

- Annexe 1: Matériels et responsables des stations pluviométriques avec les coordonnées Laborde
- Annexe 2 : Récapitulation décennales des pluies depuis l'année 2000-2007
 - 2000-2001: avril à septembre (récapitulation décennale)
 - Octobre à mars (récapitulation décennale)
 - 2001-2002: avril à septembre (récapitulation décennale)
 - Octobre à mars (récapitulation décennale)
 - 2002-2003: avril à septembre (récapitulation décennale)
 - Octobre à mars (récapitulation décennale)
 - 2003-2004: avril à septembre (récapitulation décennale)
 - Octobre à mars (récapitulation décennale)
 - 2004-2005: avril à septembre (récapitulation décennale)
 - Octobre à mars (récapitulation décennale)
 - 2005-2006: avril à septembre (récapitulation décennale)
 - Octobre à mars (récapitulation décennale)
 - 2006-2007: avril à septembre (relevé mensuel à chaque station pluviométrique, récapitulation décennale et récapitulation mensuelle)
 - Octobre à mars (, récapitulation décennale et récapitulation mensuelle avec représentation graphique)
- Annexe 3 : Inventaire simplifiée de jaugeages: rivière Maningory- station : Andromba (année 80)
Débits moyens journaliers (m³/s)- (année 80)
- Annexe 4 : Variation du volume d'eau utilisable dans le barrage de Bevava de 2000-2006
- Annexe 5 : Facture proforma

Méthodologie

Le présent rapport est élaboré après démarches méthodologiques choisies et il est le résultat de :

- Etudes bibliographiques,
- Séries d'entretiens, à Ambatondrazaka et à Antananarivo
- Travaux d'enquêtes,
- Visites sur terrain

Différentes méthodes ont été faites pour la réalisation de ce travail :

Pour les mesures de précipitations, on rappelle que le projet contient des appareils de mesures perfectionnés qui sont réparties dans diverses stations pluviométriques dans leur localisation sont dans le présent rapport. Il faut divers déplacements pour récupérer les données et on les enregistre dans des supports informatiques afin de les manipuler facilement.

Pour connaître le débit de rivières (surtout à Amboasary), on a fait plusieurs jaugages et après on a fait le dépouillement des données afin d'obtenir des valeurs de débits.

On a fait également l'inventaire des points d'eau, surtout les puits afin de connaître la profondeur des nappes à l'aide d'une ficelle et d'un GPS.

L'utilisation du Système d'Information Géographique s'avère également très importante pour déterminer la localisation de la zone d'étude ainsi que leurs différentes composantes.

Remerciement:

Le présent rapport n'aurait pas vu le jour sans la grâce et la bénédiction de Dieu Tout Puissant.

Mon vif remerciement et ma sincère reconnaissance aux éminentes personnalités qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cet ouvrage. Qu'elles trouvent dans ces quelques lignes mon affection toujours grandissante et l'expression de ma profonde gratitude.

Parmi toutes les personnes rencontrées, un remerciement particulier à:

Monsieur le Chef du projet ainsi que tout le personnel,

Monsieur Simon M. N., qui a bien voulu m'aider et me donner beaucoup de renseignements surtout au niveau du système d'Information Géographique, ainsi que sur la réalisation de cette étude,

Monsieur J. P. Rafanomezana (Technicien hydrologue au BRL) qui m'a bien assuré lors des déplacements pour l'acquisition des données pluviométriques, ainsi que Monsieur Razafilahy à Bevava,

Monsieur Alfrède R., notre professeur responsable du laboratoire de l'hydrogéologie à l'Université d'Antananarivo,

Julie E., qui m'a supporté au terrain sur l'inventaire de points d'eau, et pour son aide à l'achèvement de ce rapport,

Et à Théogène (géologue spécialiste en hydrogéologie auprès du PGRM ou Projet de Gouvernance et des Ressources Minérales à Antananarivo), ainsi qu'à Luc G. (Docteur en Sciences de la Terre-Hydrogéologue au brgm Madagascar à Antananarivo) pour leur réponses à mes demandes d'informations et leur volonté encore pour la suite de cette étude.

Un grand remerciement également au centre d'archives du Génie rural d'Ambatondrazaka (auprès du bureau de la D.R.D.R) pour tous les ouvrages qu'ils m'ont octroyé.

Bien que l'encadrement qu'ils m'ont fourni a été sans faille, des coquilles peuvent encore subsister dans le présent rapport étant donné qu'il est rédigé par une étudiante encore débutante.

Résumé:

La protection des bassins versants est très importante pour l'aménagement de cette zone. La méthodologie proposée pour l'étude suppose une bonne connaissance des bassins versants. Ce ci suppose une bonne connaissance de ces bassins versants tant au niveau hydrologique qu'au niveau agricole. L'étude hydrologique du bassin versant de Bevava ainsi que d'autres milieux du Lac Alaotra a été commencé par M. VORON dans les années 80.

Nous savons que la partie où se situe notre zone d'étude (Vallée Sud-Est du Lac Alaotra) participe une grande partie à la production de riz et qui fait notre région parmi les grands producteurs de riz à Madagascar. D'ailleurs, le bassin versant de Bevava ainsi que son sous bassin la Vallée Marianina ont tous deux subissent divers problèmes à savoir l'érosion en lavaka aussi que l'insuffisance des ressources en eau pour l'irrigation de certaines cultures. A vraie dire au niveau des RMME. Ce qui nous pousse donc à faire cette étude hydrogéologique dont l'objectif principal de cette recherche est de viser à évaluer l'apport en eau souterraine sur les RMME dans la rive droite de la Vallée Marianina.

Cet aménagement hydroagricole consiste surtout à capter de l'eau souterraine par un nouvel système de captage d'eau. Cependant, la réalisation de cet travail nécessite encore des études de terrain (nature du sous sol, profondeur de la nappe aquifère...) avec une technique de prospection appelée sondage à la tarière dont les différents paramètres qui vont avec sont trouvés dans le présent rapport.

INTRODUCTION

La région du lac Alaotra est très connue par sa grande capacité de production rizicole, ce qui la place parmi les principaux greniers à riz à Madagascar ; avec plus de 100.000 ha de rizières dont moins 30.000 sont irriguées de façon satisfaisante. 95.6% de prélèvements d'eau sont dédiés aux besoins de l'agriculture. Les rizières à mauvaise maîtrise d'eau (RMME) au Lac_Alaotra couvrent des superficies considérables (près de 70.000 ha). Préservation de l'environnement, protection des ressources naturelles, utilisation concertée de celles-ci à l'échelle d'un bassin versant, tels sont les défis majeurs à relever par le projet BV LAc

Depuis la colonisation, maintes études ont été effectuées, des efforts ont été déjà déployés pour évaluer l'efficacité des aménagements existants dans le bassin versant du Lac Alaotra. Plusieurs projets se sont installés dans la zone du Lac Alaotra pour préserver les potentielles de production étant donné qu'elle est à forte vocation agricole. Mis à part ces aménagements hydroagricoles, les cultures pluviales existent toujours. A ces types cultures s'ajoutent les cultures de RMME.

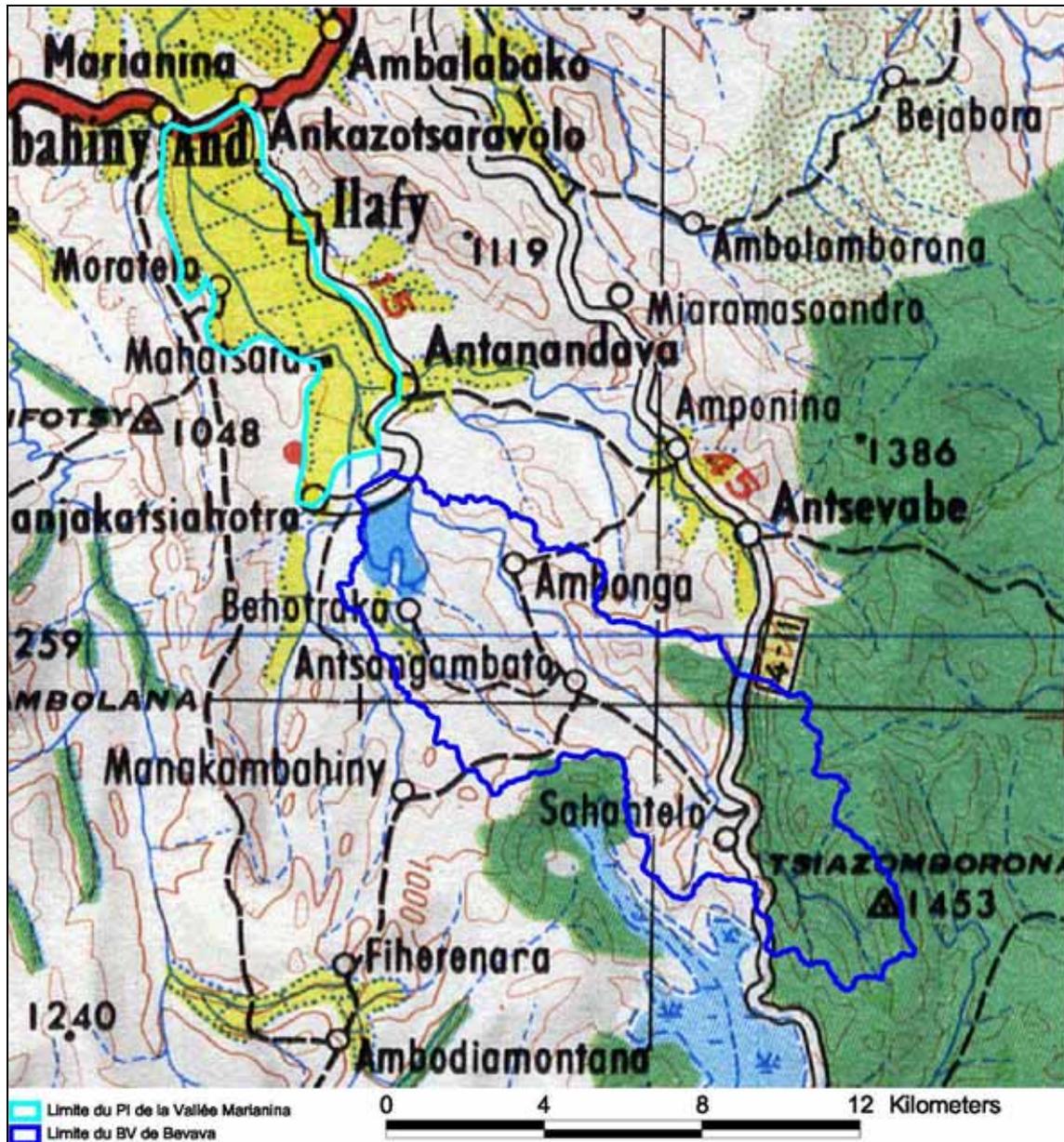
Ce type de rizière, RMME au niveau des régimes hydriques a évolué très défavorablement pour diverses raisons, et où l'irrigation devient très difficile, excepté les années à pluviométrie satisfaisante.

L'objet de la présente étude est d'analyser les possibilités d'amélioration de l'alimentation en eau d'irrigation de certaines parcelles de la vallée Marianina.

Nous voilà donc au cœur du sujet, l'apport de l'hydrogéologie pour l'amélioration de l'irrigation de la rive droite de la Vallée Marianina. Afin de mieux comprendre cette étude, nous allons voir premièrement le cadre physique, deuxièmement généralités sur l'hydrogéologie, troisièmement l'eau souterraine et les rizières à mauvaise maîtrise d'eau, finalement, les différents intervenants au Lac Alaotra depuis la colonisation suivi de quelques interprétations et recommandations

1. MILIEU PHYSIQUE (CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT DE BEVAVA)

Figure1 : Carte de la zone d'étude



1.1. Localisation géographique

En hydrologie de surface, le bassin versant peut être décrit comme le territoire sur le quel tous les écoulements des eaux de surface convergent vers un même point que l'on nomme l'exutoire du bassin versant. Ce territoire est limité physiquement par la ligne des crêtes, appelée ligne de partage des eaux. A l'intérieur de ce domaine, toutes les pentes locales dirigent les écoulements de surface vers le point le plus bas correspondant à l'exutoire.

Le bassin versant du Lac Alaotra s'agit d'un bassin dans la province de Toamasina et dans la région Alaotra-Mangoro. Il est situé à l'Est de la RN44 reliant Moramanga-Ambatondrazaka. Le Lac Alaotra est une cuvette perchée à 750 mètres d'altitudes.

D'ailleurs, ce bassin se subdivise encore en d'autres sous bassins dont:

- Anony
- Sahamaloto
- Sahamena
- Sahamilahy
- Sahabe
- Ranofotsy
- Ilakana
- Sasomangana

Notre zone d'étude (bassin versant de Bevava) se localise dans le Sud-Est du Lac Alaotra.

Voici les coordonnées géographiques des différentes stations pluviométriques de toute la zone du projet.

Tableau A: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES DIFFERENTES RIVIERES

N°	station	longitudes	latitudes	rivières
1	SAHATELO	48°31'14,1"	18°01'46,0"	SASOMANGANA
2	ANTSEVABE	48°31'08,3"	17°57'22,9"	HARAVE
3	BETATAMO	48°25'05,6"	17°58'30,7"	LOHAFASIKA
4	BEVAVA	48°26'11,8"	17°57'02,2"	Barrage BEVAVA
5	AMBOASARY	48°27'25,4"	17°57'39,2"	SASOMANGANA
6	MIADAMPAONINA	48°26'57,5"	17°45'52,2"	MANAMONTANA
7	AMBONGABE	48°28'11,2"	17°51'50,6"	LOHAFASIKA
8	AMPITATSIMO	48°22'51,6"	17°48'47,0"	Zone PC 15
9	AMBOHIBOROMANGA	48°23'19,0"	17°50'19,0"	HARAVE
10	AMPANEFY	48°10'19,9"	17°43'55,8"	SAHAMENA
11	AMPARIHIMAINA	48°07'31,7"	17°36'36,2"	IMAMBA
12	AMPANOBE	48°10'41,5"	17°34'52,6"	IMAMBA
13	AMBONDRONA	48°15'39,0"	17°33'02 ; 2"	IVAKAKA
14	ANDRANOBE	48°22'42,4"	17°34'52,6"	SAHAMALOTO
15	MAHADINA	48°24'39,5"	17°24'25,4"	ANONY
16	IMERIMANDROSO	48°35'34,8"	17°26'14,4"	LOVOKA
17	ANTTSAHAMAMY	48°35'14,5"	17°31'55,4"	LOVOKA
18	ANDROMBA	48°38'20,0"	17°24'10,0"	MANINGORY

1.2. Surface

En général, le bassin versant du Lac Alaotra a une superficie de 7.000km²

Tableau B: Superficie de chaque bassin versant

STATION	SUPERFICIES BV (km ²)
Sahatelo	76,0
Antsevabe	65,4
Betatamo	51,4
Bevava	76,0
Amboasary	76,0
Ambohimirina	Terroir
Miadampaonina	64,1
Ambongabe	24,1
Ampitatsimo	Terroir
Ambohiboromanga	416,7
Ampanefy	129,2
Amparihimaina	47,6
Ampanobe	47,6
Ambondrona	168,0
Andranobe	365
Mahadina	1450,0

Imerimandroso	220,21
Antsamamy	220,21
Andromba	6855

1.3. Caractéristiques physiques et leurs influences sur l'écoulement des eaux:

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Le temps de concentration T_c (*) qui caractérise en partie la vitesse et l'intensité de la réaction du bassin versant à une sollicitation des précipitations, est influencée par diverses caractéristiques morphologique : les caractéristiques du réseau hydrographique, la nature de sol et les occupations du sol.

* T_c : Le temps de concentration des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier. Il est composé de trois termes différents:

Le temps de concentration T_c est donc égal au maximum de la somme de ces trois termes.

$$T_c = \max (\sum(th+tr+ra))$$

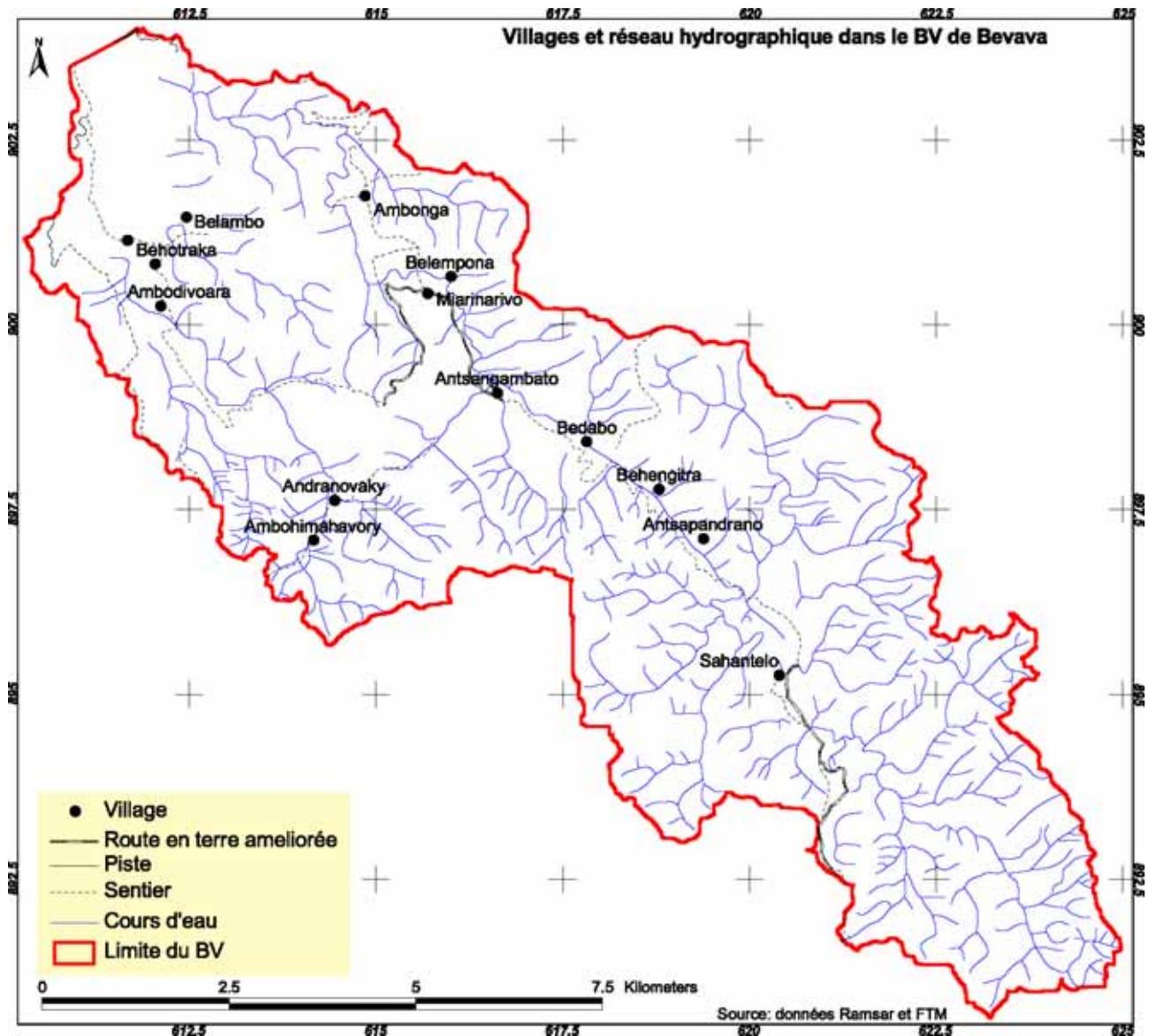
- t_h : Temps d'humectation. Temps nécessaire à l'imbibition du sol par l'eau qui tombe avant qu'elle ne ruisselle;
- t_r : Temps de ruissellement ou d'écoulement. Temps qui correspond à la durée d'écoulement de l'eau à la surface ou dans les premiers horizons de sol jusqu'à un système de collecte (cours d'eau naturel);
- t_a : Temps d'acheminement. Temps mis par l'eau pour se déplacer dans le système de collecte jusqu'à l'exutoire.

1.3.1. Réseaux hydrographiques

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Il est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin. Il peut prendre une multitude de formes.

Par topologie, on entend l'étude des propriétés géométriques se conservant après déformations continues. Par extension, la topologie étudie les notions de voisinage et de limite. Appliquée à l'hydrologie, la topologie s'avère utile dans la description du réseau hydrographique notamment en proposant une classification de ceux-ci. A titre d'exemple, on trouve les formes dendritiques, digitées, dichotomiques, radiculées...

Dans notre bassin versant, nous avons le type dendritique dissymétrique (réseaux arborescents)



*La forme du bassin versant a une influence au temps de concentration. Puisque notre bassin versant a une forme allongée, cette forme favorise donc, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants.

*Densité du réseau:

Les réseaux hydrographiques en amont du bassin versant sont beaucoup plus denses (cours d'eau à ramification beaucoup plus serrés) par rapport à ceux de l'aval (faible densité) Autrement dit, les réseaux hydrographiques sont denses dans les régions montagneuses (trèshumide), et tend à disparaître dans les régions un peu désertique.

1.3.2. Nature de sol

En général, le bassin versant du lac Alaotra a dans sa moyenne comme nature de sol : hydromorphes.

Voici une classification des sols utilisée par la section pédologie de l'ORSTOM:

classes	Sous classes	groupes
Sols hydromorphes	Sols hydromorphes organiques	Sols tourbeux

Ces sols ont été observés auparavant dans de nombreux biefs des cours d'eau du versant oriental y compris la cuvette de Didy .Ces sols sont très acides .La formation de sulfure y est fréquente. De plus, on y observe également de l'accumulation organique importante. Leur plus grande extension se trouve dans les plaines de Lac Alaotra dont l'existence est due à des accidents tectoniques visibles ou probables, telles la dépression Alaotra-Mangoro.

Types de sol:

Deux grands types de sol sont présents dans la cuvette du Lac:

- les sols alluvionnaires dans toutes les plaines et vallées de l'Est du Lac et les vallées de l'Ouest;
- les sols organiques qui couvrent des surfaces importantes dans les plaines de l'Ouest.

Note :

Les tourbes se forment dans les milieux saturés en eau, de façon quasipermanente. La faible activité biologique provoque l'accumulation de la matière organique sur une épaisseur qui peut atteindre plusieurs mètres.

D'après les études de l'entreprise SOMALAC, la vallée Sasomangana est principalement couverte d'alluvions latéritiques fluviales ; des éléments grossiers dominant à l'Ouest. Au Nord de la route, il s'agit par contre d'alluvions lacustres actuelles au deuxième stade d'évolution pédologique. Ces sols sont généralement assez riches, sauf lorsque les éléments grossiers dominant.

Les collines sont constituées de sols latéritiques sur gneiss.

1.3.3. Les fonctions du sol :

La couverture pédologique assume quatre groupes de fonctions essentielles:

- les fonctions biologiques: le sol abrite, partiellement ou complètement, de nombreuses espèces animales et végétales; de nombreux cycles biologiques passent par le sol, incluent le sol qui est donc partie prenante de nombreux écosystèmes. Le sol n'existe pas sans activités biologiques abondantes et diversifiées;
- les fonctions alimentaires: le sol produit, contient, tous les éléments nécessaires à la vie (calcium, potassium, fer, azote, gaz carbonique,..., eau, air); il accumule, puis met à la disposition des plantes et des animaux, la majeure partie de ces éléments, y compris l'air et l'eau ;
- les fonctions d'échanges et de filtres : le sol est un milieu poreux. L'eau des puits, des sources, des rivières, a préalablement traversé le sol, la porosité du sol en influence l'alimentation. Par ailleurs, le sol est un filtre, un système épurateur, c'est-à-dire qu'il y a transformation de l'eau quand il traverse le sol ; la qualité chimique et biologique des eaux dépend des propriétés des sols.

Au total, l'hydrologie, la chimie, la biologie des eaux, celles des nappes, des sources, des rivières, dépendent des constituants et des systèmes poreux de la couverture pédologique.

1.3.4. Occupation des sols

Madagascar abrite des richesses écologiques, des sous sols, des faunes et flores extraordinaires. Pourtant, l'exploitation de ces ressources entraîne des effets néfastes sur l'environnement. La préservation des écosystèmes (ensemble des êtres vivants et des éléments non vivants), l'un des axes forts du projet intervient dans la mise en œuvre de programmes de traitement de ravines et de lavakas, la lutte contre les feux de brousse et le reboisement.

L'activité végétative et le type de sol sont intimement liés et leurs actions combinées influencent singulièrement l'écoulement en surface. Le couvert végétal retient, selon sa densité, sa nature et l'importance de la précipitation, une proportion variable de l'eau atmosphérique.

La forêt, par exemple, intercepte une partie de l'averse par sa frondaison. Elle exerce une action limitatrice importante sur le ruissellement superficiel (capacité à augmenter la rugosité de la surface du sol et sa cohésion). En plus, elle régularise le débit des cours d'eau et amortit les crues de faibles et moyennes amplitudes.

A l'inverse, le sol nu, de faible capacité de rétention favorise un ruissellement très rapide. L'érosion de la terre va généralement de paire avec l'absence de couverture végétale.

Concernant le bassin versant de l'Harave, il étant non couvert de forêt (presque un sol nu) alors que celui de la Sasomangana a subi un boisement lors des années 60, ce qui explique donc une grande différence sur le fonctionnement de chaque bassin versant.

Figures 2: Bassin Versant de l'Harave et 3: Bassin Versant de la Sasomangana



Voici quelques définitions:

+ **Végétation naturelle** comme ressource, définie celle ne résultant pas d'une action volontaire de l'homme, a longtemps été le premier réservoir de ressources alimentaires, énergétiques et de matières premières pour l'espèce humaine.

+Végétations tropicales:

On y distingue: la forêt, les savanes,...

1/ La forêt: c'est de la végétation qui occupe une superficie supérieure à 0.5 ha et où le couvert arboré dépasse 10% de la surface. La forêt est associée à une flore et à une faune sauvage et a des sols à l'état naturel qui ne font pas l'objet d'utilisation agricole. (Exemple: les forêts denses humides, les forêts ripicoles,...)

2/ La savane: c'est une végétation avec un couvert continu de plantes herbacées de plus de 80cm de haut, à base de graminées pérennes à feuilles plates.

D'ailleurs, les formations végétales observées dans le bassin versant de Bevava et la Vallée Marianina sont les suivantes et elles sont classées par ordre de grandeur :

- Savane herbeuse (celle qui couvre de plus le bassin versant)
- Forêt ripicole (forêt galerie)
- Forêt dense humide
- Forêt humide dégradée
- Savane arborée
- Marais
- Mosaïque de cultures
- Plan d'eau
- Eucalyptus
- Marais dégradé
- Savane marécageuse

Les plans d'eau occupent aussi une place parmi les éléments de l'occupation du sol. Ils influencent également sur le comportement hydrologique d'un bassin versant et on doit prendre en compte la présence de surfaces d'eaux libres telles que les lacs qui jouent un rôle important du fait de leur capacité de stockage temporaire d'un certain volume d'eau. Ce stockage temporaire a ainsi pour effet de laminier les crues, c'est-à-dire de réduire le débit de pointe de la crue. On soulignera encore que la surface du cours d'eau constitue aussi un plan d'eau et que le canal d'une rivière permet aussi de laminier une crue.

A ces formations naturelles, il convient d'ajouter les cultures dont la plus importante est le riz. D'autres cultures comme le système de culture sur couverture végétale ou SCV communément appelé Agriculture de conservation sont localement effectuées sur Tanety.

NOTES : notre zone d'étude subit quelques contraintes à savoir les feux de brousse et l'érosion en lavaka. Ce dernier qui engendre le problème d'ensablement de rizières. En outre, le problème de la lutte contre les feux de brousse est un des gros points qui ne peut être résolu que si l'on peut proposer d'autres alternatives à l'alimentation des animaux et si l'on peut trouver une utilisation plus rémunératrice des surfaces concernées.

A ces deux phénomènes donc que F. BONNIER dans son rapport (2005), a déjà avancé la pratique de l'Agroécologie sur les bassins de Bevava pour résoudre ces problèmes.

D'après quelques visites organisées par le BV Lac (Visite de L. SEGUY), on a pu également soutirer certains renseignements à partir de la pratique culturale en semis direct. Les techniques de semis direct sur couverture végétale proposent des solutions aux problèmes écologiques majeurs que nos sociétés affrontent actuellement. Elles permettent de lutter contre l'érosion des sols, aussi et surtout de réduire également la consommation d'eau nécessaire à la production agricole...

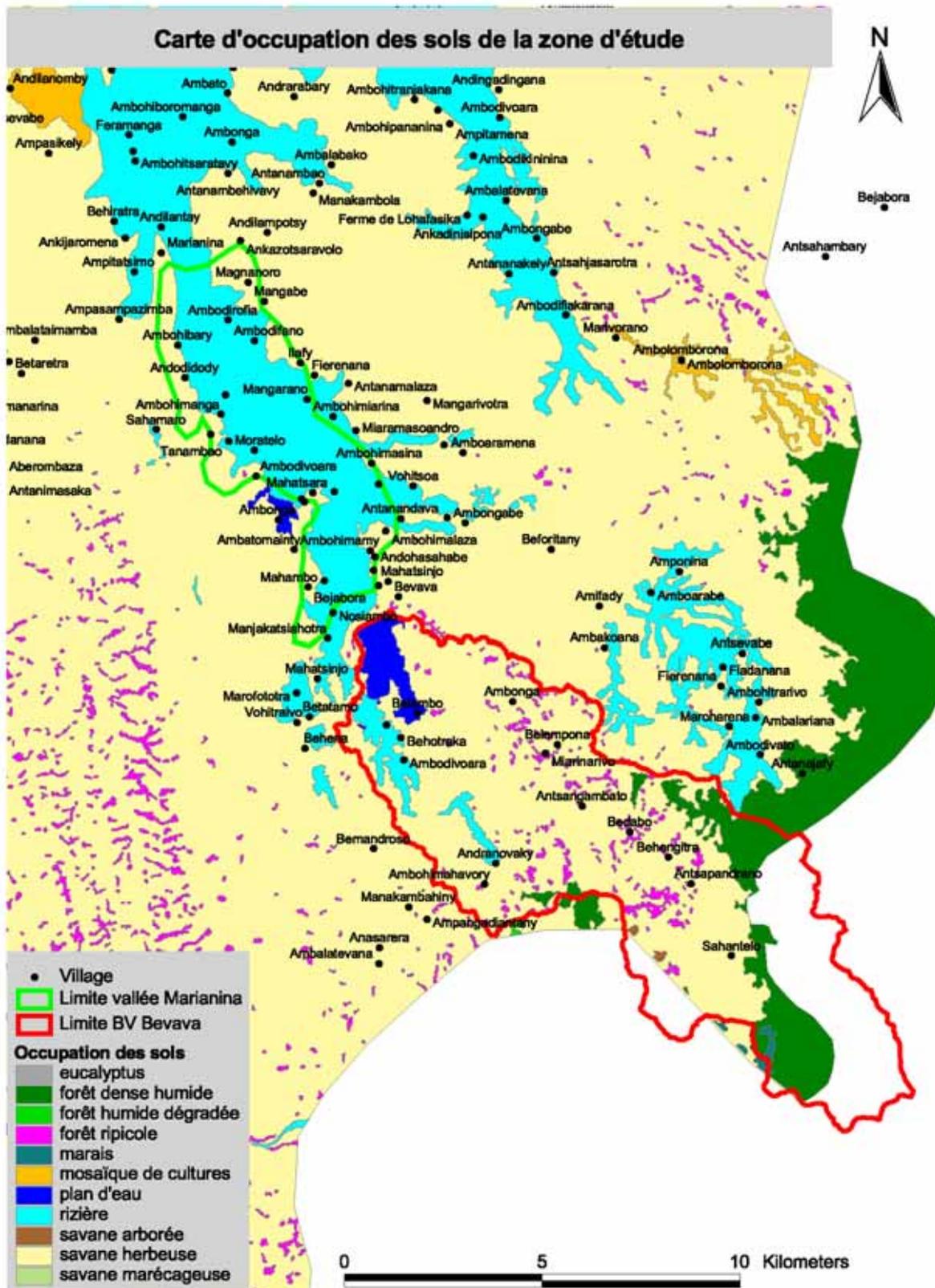
Pour l'installation des plantes de couverture:

Le Brachiaria permet d'avoir une bonne couverture parfaite du sol. L'espèce ruzizensis résiste au feu, au pâturage et au piétinement intensif;

Setaria et Panicum: peuvent produire de bon fourrage;

Niébé: permet d'avoir une biomasse importante et une accumulation d'eau en saison sèche.

Sur les sols et les matériaux d'altération de grande épaisseur, la végétation assure surtout une protection contre l'érosion.



Interprétation :

Si on fait une vision d'ensemble de cette carte d'occupation de sol, on voit que dans la limite de la vallée Marianina, elle est presque couverte de rizières par rapport à celle du bassin versant de Bevava. Cela est expliqué par l'existence des bas-fonds qui sont inférieurs à ceux de la vallée Marianina. En outre, à l'amont du bassin versant de Bevava, il y a présence des différentes forêts (qui sont des forêts primaires) alors qu'on ne voit pas dans la vallée marianina. Le bassin de Bevava a subi également, dans les années 60 des boisements (Eucalyptus principalement) qui sont les forêts ripicoles (Julie, 2005).

1.4. Hydrographie

Pluviosité, rivières, barrages sont les composantes principales de l'hydrographie. La pluviosité de notre zone d'étude sera analysée dans le long de cet étude. Cependant, vu que les différentes rivières qui s'écoulent dans le bassin versant du Lac Alaotra sont déjà citées précédemment, c'est la Sasomangana seulement que nous allons caractériser. De plus, elle fait l'objet de toute notre étude qui va suivre.

1.4.1. SASOMANGANA

La vallée de la Sasomangana est située à environ 150km au NORD-EST d'Antananarivo, dans la partie Sud-Est de la cuvette Alaotra (à proximité d'Ambatondrazaka). C'est un petit affluent du Maningory en amont du Lac Alaotra. Le bassin au niveau de la Marianina en sortant vers la route nationale (RN44) est entièrement situé dans la zone des gneiss et migmatites, avec altération superficielle en argiles latéritiques. Au début, les ressources en eau locales étant insuffisantes et le projet (ORSTOM) a fait appel aux apports complémentaires du haut Ivondro. Depuis quelques années, l'alimentation en eau (et en sédiments) est conditionnée par les deux bassins versants contigus à celui de Bevava : la Lohafasika et l'Harave.

La Sasomangana passe au village d'Amboasary situé à 2,6km du lac Bevava. Elle a une longueur totale de 22km (Julie, 2005)



Figure 4 : station pluviométrique à Amboasary

Et une partie de la rivière Sasomangana

1.4.2. BEVAVA

Le bassin versant de Bevava est composé de 3 sous bassins :

- Sasomangana
- Behotraka
- Belambo

Ce bassin versant fournit en eau le barrage de Bevava surtout pour l'alimentation en eau des rizières de la vallée Marianina et du PC15. Il a une taille moyenne de 76km² avec un périmètre de 54km. La surface du Lac de retenue de Bevava est à peu près de 2km².

Le fonctionnement de ce bassin versant et du Lac de retenue a un impact direct sur les terres en aval, à savoir la diminution progressive de la quantité de ressource en eau à cause de l'apport de sédiments dans le Lac.

D'après Razafilahy, pour la variation du plan d'eau, il faut toujours avoir une réserve de 2,5 millions m³ et une cote (NGM) de 820 afin de soutenir l'irrigation de 3500ha de rizières dans la vallée Marianina et le PC15.

Le remplissage de la retenue est lié principalement aux précipitations et à différentes caractéristiques à savoir la rivière Sasomangana.



Figure 5 : Lac Bevava

1.5. Contexte climatique

On définit le climat comme : « la série des états de l'atmosphère au dessus d'un lieu, dans leur succession habituelle ». L'Ile de Madagascar est exposé dans la zone des alizés (recevant des fortes précipitations, plus de 2.000mm) et est soumise à des averses de type cyclonique (à savoir les cyclones tropicaux FAME, YVAN et JOKWE que nous avons constatés ces trois mois passés).

Les précipitations moyennes annuelles sont comprises, entre 1200 et 1500mm.

Dans les deux années précédentes, la région du Lac Alaotra connaît des températures en moyenne annuelle un peu élevé (aux environs de 22°C)-source : station agricole à Ambohitsilaozana.

C'est bien évident du fait du fait que cette température est soumise par l'influence de notre altitude (entre 750 et 770m). Autrement dit, la zone du Lac appartient au flanc oriental des hautes terres de Madagascar.

Auparavant, les conditions climatiques de notre région ont répondu aux besoins de paysans en matière de respect du calendrier cultural .Mais depuis quelques années, le déficit pluviométrique, a entraîné l'insuffisance en eau. A cela s'ajoute l'augmentation de température .De fortes variations thermiques sont enregistrées au cours d'une année.

Tableau 1 : **Pluviométrie (mm) _T° max et T° min en °C (année2006)**

	JANV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
PLUIE	98,3	86,6	109,9	4,1	4,8	7,7	3,1	14,9	1,4	0,1	60,2	60,8
Nombre de jours	18	16	14	3	5	10	3	12	5	1	10	9
T°max	28,2	28,4	28,3	28,1	26,7	25,1		23,9	24,9	27,3	29,1	28,6
T°min	18,4	19	18,7	17,7	15,4	13,9		12,9	13,1	14,8	17,5	19,2
T°moyenne	23,3	23,7	23,5	22,9	21,05	19,5		18,4	19	21,05	23,3	23,9

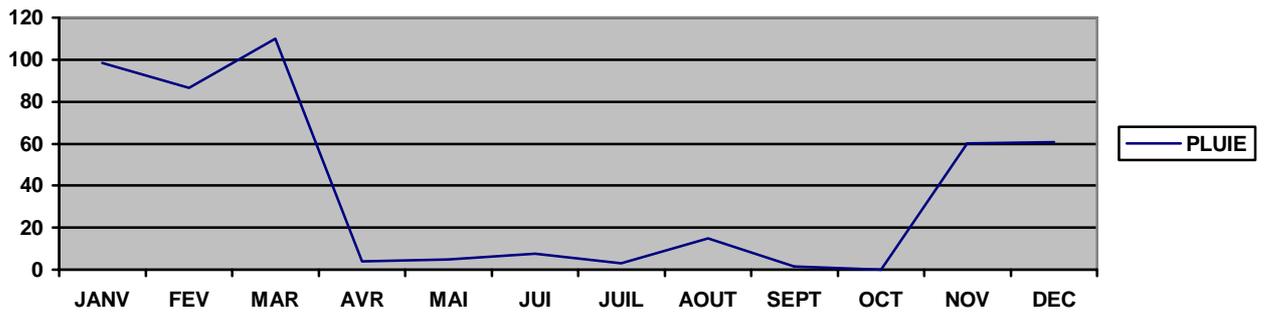


Figure a : Représentation graphique de la pluviométrie (2006)

Tableau 2 : Pluviométrie (mm)-T° max et T° min en °C (année2007)

	JANV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	SEPT	OCT	NOV	DEC
PLUIE	545,0	507,8	154,7	50,8	8,1	6,3	14,0	10,9	12,1	11,9	111,3
Nombre de jours	26	22	8	9	7	7	10	7	7	3	11
T°max	28,3	27,8	27,4	26,4	26,0	23,3	22,9	23,5	26,2	29,5	30,0
T°min	20,0	19,9	18,4	17,1	16,4	12,6	13,8	14,4	15,1	13,4	18,2
T°moyenne	24,15	23,85	22,9	21,75	21,2	17,95	18,35	18,95	20,65	21,45	24,1

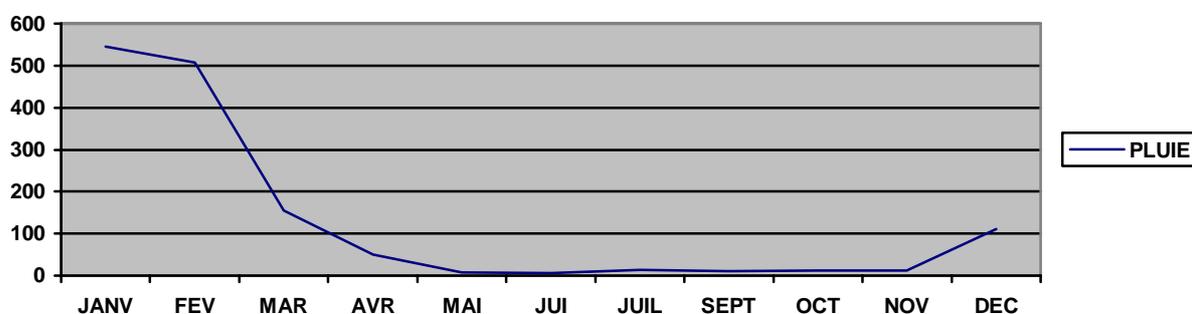


Figure b : représentation graphique de lapluie (2007)

Source : Direction regionale de la météorologie-Antananarivo

* Interprétation

Dans le tableau1, C'est au mois de mars qu'il y avait beaucoup de précipitations. La température maximale était au mois de novembre, alors que la température minimale était au mois d'août .Dans le tableau 2, l'abondance de pluie était au mois de janvier (Cf : Fig ; b), et la température élevée est le mois de décembre, la température minimale était au mois de juin. De plus, elle arrive en avance par rapport à l'année précédente Ainsi, on observe une élévation de pluies (un grand décalage par rapport au mois de mars du tableau1) dans le mois de janvier dans le tableau 2.C'est donc, une variation mensuelle de pluie ou même annuelle.

1.6. Suivi des précipitations depuis l'an 2000

L'hydrologie est fonction du temps et de l'espace. Par convention en date du 18 juin 1979, l'ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer) a été chargé par les sociétés SOGREA-H-SOMEAH d'un certain nombre de prestation hydrologique, en vue de l'étude de faisabilité de l'aménagement des vallées de la Sasomangana et de la Ranofotsy dans la zone Sud de la cuvette Alaotra. A nos jours, c'est le BRL (Bas Rhône Languedoc) Ambatondrazaka, un des organismes intégrés dans le projet, qui est en charge pour le suivi de précipitations du Lac Alaotra.

Ces précipitations sont évidemment les facteurs essentiels des régimes hydrologiques puisqu'elles constituent la matière première des débits de cours d'eau. Le processus de mesure de pluie est déjà mentionné dans le rapport précédent.

Nous rendons compte ici l'historique des différentes stations pluviométriques sous forme de tableau plus leur localisation (Cf. : annexe 1)

TABLEAUX 3 : **SITES ET MATERIELS HYDROLOGIQUES** :

Zone	Station	Equipement	Date d'installation
Vallée Sud Est du Lac	Sahatelo	1 Pv et 1 Pg	Nov. 1999
	Antsevabe	1 Pv et 1 Pg	Nov. 1999
	Betatamo	1 Pv et 1 Pg	Déc.1999
	Bevava	1 Pv et 1 Pg	1989
	Ampitatsimo	1 Pv et 1 Pg	1989
	Miadampaonina	1 Pv et 1 Pg	Déc.1999
	Ambongabe	1 Pv et 1 Pg	Janv.2000
Rive Ouest du Lac	Amparihimaina	1 Pv	2004
	Ampanobe	1 Pv	2003
	Ambondrona	1 Pv	2003

Pv : pluviomètre

Pg : pluviographe

Voici quelques notes sur l'installation des nouvelles stations pluviométriques :

2003-2004 : Station Ampananganana (non fonctionnelle l'année 2004-2005 et jusqu'à l'heure actuelle)

2005-2006: Cimel à Ambohimiarina

2006-2007: Stations: Sahamaloto

_Mahadina

_Ampanefy (Randrianarivelo Martin)

_Imerimandroso (Razanadimby Théophile)

_Antsahamamy (Rabemanantsoa Edmond)

Ces cinq stations sont équipées d'un pluviomètre chacun.

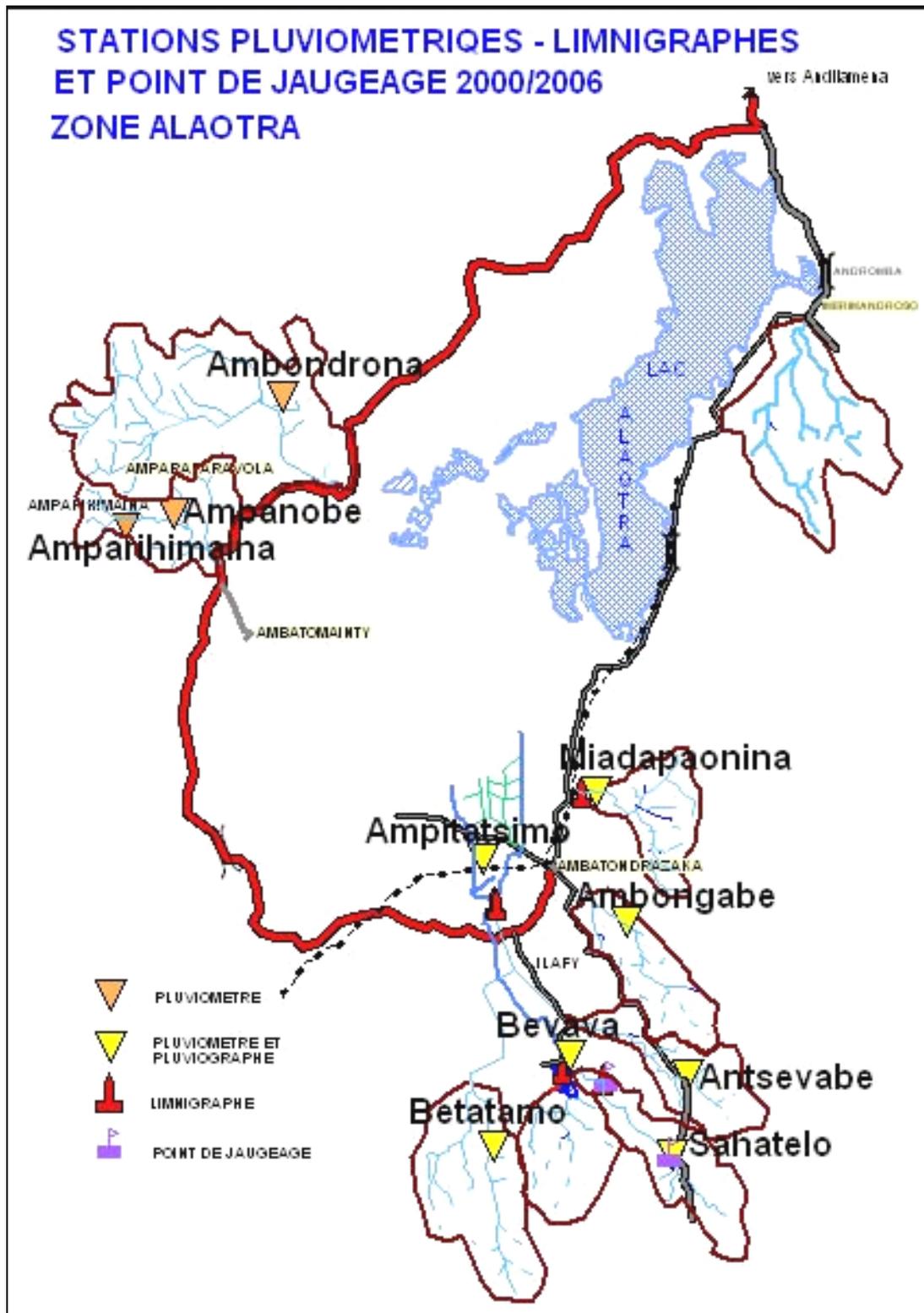
Un autre type d'appareil de mesure de pluie est le limnigraphe. On le trouve à Amboasary, à Bevava et à Ambohiboromanga

Nous allons maintenant entamer la notion de la pluviométrie suivie de l'hydrométrie.

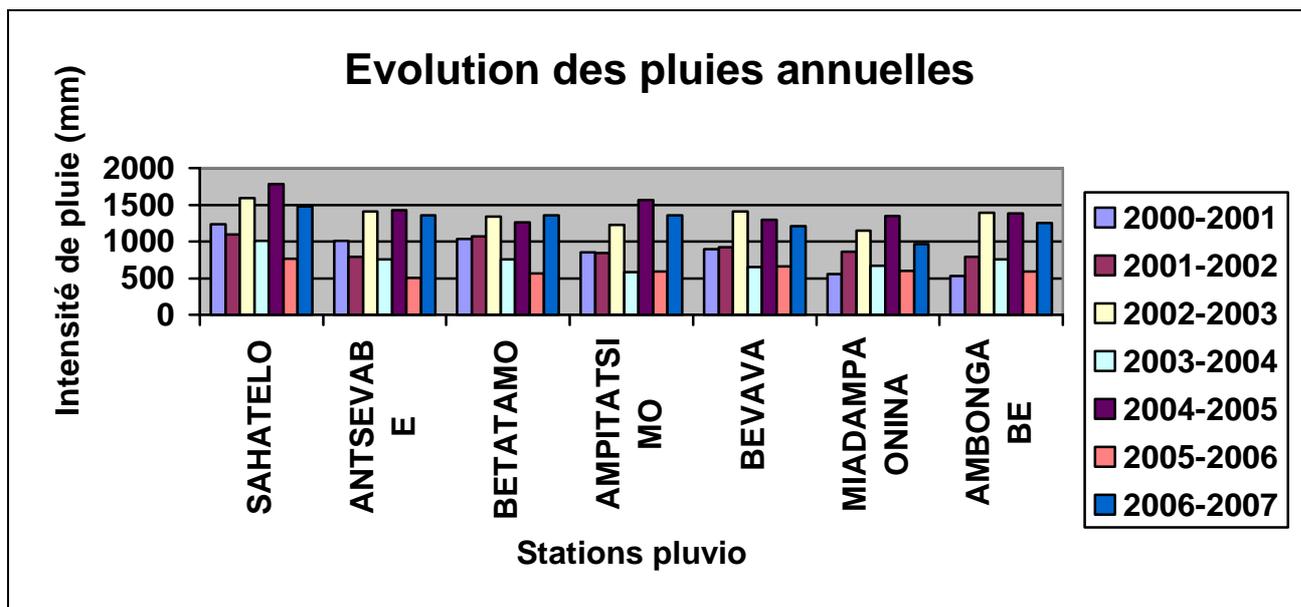
1.6.1. Pluviométrie :

Voici une carte montrant la localisation de quelques stations pluviométriques de l'année 2000 à 2006.

Source : (- Bases de données au BRL)



Le présent document nous renseigne sur les informations pluviométriques observées dans la zone du projet depuis l'origine.



Cette représentation d'évolution des pluies ne concerne que les stations pluviométriques qui disposent de données depuis l'année 2000 jusqu'à l'année 2007. Ainsi, depuis 2000, c'est la campagne 2004-2005 qui a possédé d'intensité maximale de pluie (14399.4mm)

. TABLEAUX 4 : **Totaux décennaires par saison de pluie après synthèse de document**

TOTAUX DECENNAIRES PAR SAISON DE PLUIES							
DU 2000-2007		Totaux décennaires (octobre à mars)				Pluie (mm)	
STATIONS	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007
SAHATELO	1238,8	1096	1589	1006,5	1782,5	767,4	1479
ANTSEVABE	1012,5	788,5	1412	755	1423	508,1	1353
BETATAMO	1030,6	1066	1343	754,5	1265	568	1358,9
AMPITATSIMO	855,5	841,5	1223	585,5	1561,5	589,4	1357,1
BEVAVA	891,7	926	1406,5	650,7	1297,1	662,6	1212,2
MIADAMPAONINA	552,9	863,5	1147,5	665,5	1347,5	604	969,4
AMBONGABE	529,1	790,2	1387,7	758	1386,4	587,7	1255,4
AMPANOBE				782,4	1312,4	616,2	1494,1
AMPARIHIMAINA					1353,7	770,5	1601,9
AMBONDRONA				638,8	1670,3	641,2	1342,8
SAHAMALOTO							1169,1
MAHADINA							852,1
AMPANEFY							1063,3
IMERIMANDROSO							820,7
ANTSAHAMAMY							1317,7
Total:	6110,3	6371,7	9508,7	6596,9	14399,4	5747,1	18646,7
		Totaux :		67380,8			

*** Interprétation :**

En terme de cumul annuel, les valeurs sont aussi très différentes d'une campagne à l'autre. On constate un déficit pluviométrique dans la campagne 2005-2006, même s'il y a changement de station qui possède la plus forte précipitation (Amparihimaina : 770.5mm) au lieu de Sahatelo qui est toujours le premier qui occasionne beaucoup de pluie depuis l'origine. En outre, on constate aussi que c'est la campagne 2006-2007 qui occasionne beaucoup de précipitation. (18646.7mm)

Les cases vides indiquent qu'il n'y avait pas encore de stations pluviométriques qu'après.

En somme ; c'est une vision globale de variabilité interannuelle de pluie sur toutes les stations pluviométriques.

Voici un tableau récapitulatif des pluies décadaires au Bevava (2000-2007) après synthèse de document

ANNEE	Avril- Septembre	Octobre- Mars	TOTAL
2000-2001	2.5	891.7	894.2
2001-2002	211.6	926	1137.6
2002-2003	39	1406.5	1445.5
2003-2004	25.6	650.7	676.3
2004-2005	28.7	1297.1	1325.8
2005-2006	9	662.6	671.6
2006-2007	57.4	1212.2	1269.6

Interprétation : Les campagnes 2000-2001 et 2001-2002 présentent des pluies moyennes (la moyenne est de 1017 mm pour ces sept campagnes). Depuis, la campagne 2002-2003 la pluviométrie est déficitaire une année sur deux. Dans la campagne 2005-2006, les pluies ont été les plus faibles et leur arrivée est tardive.

Notes: Les données en décade depuis les différentes campagnes sont dans l'annexe 2

1.6.2. HYDROMETRIE

Ici, nous ne pouvons pas voir toutes les méthodes de mesures, mais c'est la méthode de mesures aux moulinets hydrométriques qui nous intéressent (méthode déjà utilisée par le technicien responsable de ce travail). Les mesures au moyen de ce moulinet sont caractérisées par des hélices tournantes d'un axe et qui varient suivant leur diamètre et par leur pas.

Par exemple : les hélices 125mm et 100mm pour le plus courant ; on peut descendre jusqu'à 50mm et 25mm dans le cas des micro moulinets.

Le pas d'une hélice est la distance parcourue par le moulinet déplacé en eau calme.

Le jaugeage est la mesure des débits. Ce qui nous intéresse dans ce paragraphe sont les jaugeages effectués au moyen des moulinets hydrométriques. Voici quelques valeurs de débits obtenus de la rivière Sasomangana après dépouillement.

TABLEAU 5 : Quelques débits de la rivière SASOMANGANA (à Amboasary)

DATE	Débits (m3/s)
01/03/05	2.92
12/07/06	0.460
28/08/06	0.304
05/10/06	0.192
05/12/06	0.276
15/12/06	0.360
06/01/07	0.680
16/01/07	1.68
13/02/07	1.26
11/04/07	1.17
17/01/08	0.700

Source : Après dépouillement des mesures faites sur le terrain

Le débit de la rivière est proportionnel à la saison de pluie. On observe une variation relative de débits à chaque année.

Note: nous avons un inventaire simplifié de jaugeages effectués dans la rivière Maningory- Station d'Andromba. Date des années 80, plus quelques débits moyens journaliers dans l'annexe 3.

Le barrage BEVAVA

Le barrage de Bevava a été nommé auparavant barrage d'Antanifotsy. Il est construit en 1959 afin de créer une réserve en eau suffisante pour soutenir l'activité rizicole, aussi en raison de la puissance des phénomènes d'érosion constatés dans les bassins de rivières alimentant le barrage

Le barrage de retenue de Bevava renferme en moyenne une quantité d'eau de 15.000.000 de mètres cubes, les volumes minimal et maximal sont respectivement 5 millions (2001-2002 et 2005-2006) et 25 millions de mètres cubes (2002-2003 et 2004-2005).

Les courbes représentatives de la variation du volume d'eau dans le barrage sont dans l'annexe 4.

Voici un tableau qui montre l'ouverture et la fermeture du barrage :

Tableau 6 : gestion du barrage de Bevava (mois d'avril)

Année	Cote du plan d'eau (Avril)		Pluviométrie Avril		Fermeture du barrage (date)	Volume lâché (m3)	Hauteur d'eau
	1er	30	mm	Jours			
2001	815220	812760	25,6	6	30	4723600	2,46
2002	812230	809900	15	6	27	3380000	2,33
2003	819500	818280	9,7	4	30	3555000	1,22
2004	814480	812800	25	4	26	3108000	1,68
2005	819920	818600	19,5	4	28	3833000	1,26
2006	812000	809060	3,9	3	25	3988000	2,94
2007	820120	819730	45	2	30	1200500	0,39
2008	819460						

* Interprétation :

Le 30 avril correspond à la fin de l'irrigation. Nous constatons aussi qu'à partir de l'année 2000, on remarque une diminution relative de la cote du plan d'eau et ça s'est répétée chaque biennuel (2002, 2004, 2006). Pendant ce temps, les utilisateurs de l'eau du barrage pratiquent une technique appelée « digue fusible ». Ils devinent la rivière de la Lohafasika vers le barrage (Mois de mai au mois de novembre). Cela se fait par contrainte de l'insuffisance de l'eau pour l'irrigation. Par contre, l'année 2007 a marqué un point fort au niveau de la cote du plan d'eau (retenue normale : 820000). Il atteint le niveau 820120.

1.7. Contexte géologique

La connaissance de la géologie d'un bassin versant s'avère importante pour cerner l'influence des caractéristiques physiographiques. L'étude géologique d'un bassin versant dans le cadre d'un projet hydrologique a surtout pour objet de déterminer la perméabilité (mouvement de l'eau dans les roches) du substratum. Celle-ci intervient sur la vitesse de montée des crues, sur leur volume et sur le soutien apporté aux débits d'étiage par les nappes souterraines. Un bassin à substratum perméable retient l'eau plus aisément, et en période de sécheresse, un débit de base sera ainsi assuré plus longtemps.

Madagascar est constitué d'une part par un substratum cristallin formé par des roches métamorphiques et magmatiques ; d'autre part par des couvertures sédimentaires sur la bordure orientale de l'île. Ce socle cristallin occupe le 2/3 de la superficie de l'île (400.000 km²). C'est dans cette partie de l'île que notre zone d'étude se localise.

Le socle cristallin est d'âge Précambrien (compris entre 3 et 2 milliards d'années). La série de l'Alaotra (y compris Didy) fait partie du système Andriamena-Manampotsy, d'âge Archéen, qui est un système dépressionnaire d'origine tectonique s'étendant parallèlement à la côte Est de Madagascar, entre Moramanga et Andilamena ; Il s'agit d'un effondrement limité par un ensemble complexe de failles avec comblement lent sous l'effet d'une érosion très active.

Du point de vue géologique, la région est constituée d'un socle ancien de schistes cristallins. Autrement dit, la série d'Alaotra est un ensemble bien circonscrit et individualisé d'environ 350.000 hectares, reposant sur un substratum géologique cristallin fortement métamorphisé (gneiss à amphibole et pyroxène) ; plus intercalation de roches basiques comme le gabbro ; Un grand massif de charnockyte se situe à Manakambahiny Est. Les roches ultrabasiques sont fréquentes dans cette série (exemple : massif d'Ankitsika et d'Anony au Nord-Est du lac Alaotra).

On trouve également des formations récentes à savoir les alluvions lacustres modernes (limons et vases tourbeuses noirâtres) qui occupent les fonds marécageux de la cuvette de Didy et de la cuvette de Lac Alaotra.

1.8. Etude hydrologique de la zone d'étude

1.8.1. Bilan hydrologique: Bassin versant de Bevava

Sur un bassin versant, il est possible d'établir un bilan des entrées et sorties, et des échanges entre les différents compartiments hydrologiques. La réalisation du bilan consiste à équilibrer les entrées et les sorties dans le bassin à considérer en tenant compte des variations de stock des différents compartiments du bassin hydrologique.

L'équation générale établissant ce bilan peut s'exprimer comme suit:

$P - E - T - R = \Delta S$ où P = Précipitations

E = Evaporation, T = Transpiration

R = Ruissellement

ΔS = Variation de stock dans le bassin versant

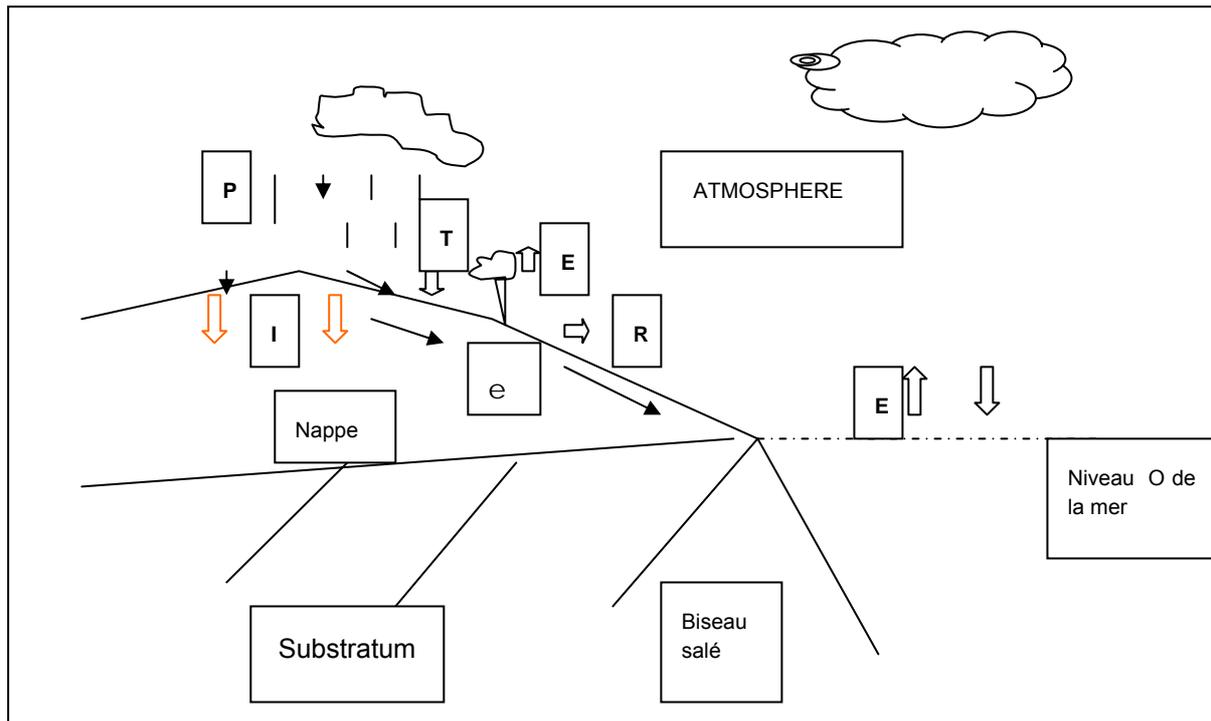
Entrées : apports des rivières du bassin versant à savoir le débit (principal) apporté par la rivière Sasomangana plus la précipitation.

Sorties : évaporation, infiltration dans le fond du Lac et au niveau de la digue plus les prises d'eau ou faites en amont du canal principal d'irrigation.

Etant donné l'insuffisance de données à notre disposition, on n'a pas pu appliquer cette formule.

1.8.2. Cycle de l'eau et les eaux souterraines

Dans le cycle hydrologique, l'eau s'évapore de la surface des océans pour entrer dans l'atmosphère, puis se condense et retombe sur terre sous forme de pluie. Une partie s'évapore et retourne dans l'atmosphère. Une autre partie s'écoule vers les cours d'eau superficiels, les fleuves et les lacs et retourne à la mer. Une troisième s'infiltré dans le sol, et devient soit de l'humidité que les plantes absorbent et libèrent dans l'atmosphère par évapotranspiration soit des eaux souterraines qui s'écoulent et alimentent les sources, les rivières ou se déversent dans les mers. En plus, le cycle de l'eau est un mouvement sans fin de l'eau entre le ciel et la terre.



P : précipitation – I : Infiltration – T : Transpiration – E : évaporation – R : ruissellement – e : écoulement

Biseau salé : zone d'intersection d'eau douce et d'eau de mer.

Le ruissellement correspond à la fraction de la pluie qui ne s'infiltré pas et qui n'est pas reprise par l'évapotranspiration.

***Remarque:**

L'évaporation est un phénomène physique qui intervient à la surface des lacs, de cours d'eau, mais aussi sur le sol).

La transpiration est un phénomène biologique qui est le fait de la couverture végétale.

Dans le cycle de l'eau' il est intéressant de connaître, les débits qui transitent, le pourcentage d'eau qui va s'infiltrer...pour tous les projets qui vont utiliser l'eau et également pour prévoir les risques de pénurie, d'inondation.

Le cycle de l'eau concoure ainsi au renouvellement quantitatif et qualitatif de l'eau souterraine.

Les eaux souterraines dans le cycle de l'eau :

Elles ne sont que la résultante temporaire du séjour dans le sol d'eau en perpétuel déplacement dans l'environnement. Autrement dit, l'alimentation de l'eau souterraine provient de l'infiltration à la surface du sol d'une fraction de l'eau provenant des précipitations, mais seule une partie des précipitations s'infiltrera. Cette étape souterraine des eaux de la planète fait partie intégrante d'un cycle en continuelle activité. De ce fait, l'étude des eaux souterraines nécessite la compréhension de la dynamique globale des eaux dans l'atmosphère et à la surface du globe.

A l'échelle du cycle hydrologique, les eaux souterraines ne représentent qu'une faible partie de toutes les eaux. Si l'on exclut cependant les eaux marines et océaniques, elles représentent alors une fraction importante des eaux douces continentales. En ne considérant par ailleurs que les eaux douces immédiatement disponibles, c'est-à-dire en excluant les calottes polaires et glaciers, les eaux souterraines constituent la quasi-totalité des réserves disponibles (Voir tableau 7). Cette répartition n'est cependant pas homogène à l'échelle du monde.

TABLEAU 7 : Répartition des eaux du globe (ordre de grandeur des volumes estimés)

Compartiment	Volume (1000km ³)	Importance relative (%)	Vitesse de Circulation	Temps de séjour (Année)	Renouvellement (1000km ³ /an)
Océans et eaux salées	1 400 000	97.3	m/s	1000-10 000	350(évaporation)
Glaciers et calottes	30 000	2.1	m/an	100-1000	Evapo. et fonte
Eaux souterraines	5000 (<1km) 3 000 (>1km)	0.35 0.21	m/an	100-1000 >10 000	12 (écoulement)
Lacs et plans d'eau	150	0.01	m/s	10-100	Inclus aux rivières
Humidité du sol	70	0.005	m/mois	0.1-1	70 (évaporation) 12 (infiltration)
Atmosphère	13	0.001	m/s	0.01-0.1	420 (précipitation)
Rivières	1.2	0.0001	m/s	0.01-0.1	40 (écoulements)

2. GENERALITES SUR L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE :

2.1. Caractéristiques des aquifères et nappes selon leur typologie

Dès l'antiquité, les circulations de l'eau sur la planète ont captivé l'attention de nombreux philosophes scientifiques. Ainsi, Aristote (384-322 avant Jésus-Christ ; Grèce) tente d'expliquer la circulation de l'eau souterraine par un système spongieux complexe d'où l'eau est déchargée à travers certaines ouvertures sous forme de source. Il considère que la vapeur d'eau émanant de l'intérieur de la terre se condense et contribue pour la plus grande part aux débits de ces sources. Lamarck (Jean baptiste de Monet, 1744-1829, France) est le premier à utiliser le terme hydrogéologique pour traiter des relations entre l'eau et les divers processus géologiques, comme par exemple les phénomènes d'érosion hydrique.

Les eaux qui s'infiltrent en surface dans les roches descendent vers la profondeur où elles finissent par remplir tous les pores ou les fissures de la roche, constituant ainsi une nappe ou aquifère.

Mais d'abord, qu'est ce qu'une nappe ? Margat et Castany, dans le dictionnaire français d'hydrogéologie définissent une nappe d'eau souterraine comme « l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique ».

Une autre définition de la nappe, c'est une accumulation d'eau dans les pores d'un terrain perméable.

Etymologiquement, le mot aquifère vient du latin « aqua » qui veut dire: eau et « ferre » porter. Un aquifère est donc une couche ou formation géologique qui peut porter de l'eau souterraine.

Scientifiquement, c'est un corps de roche perméable (massif ou couche) comportant une zone saturée suffisamment conductrice d'eau souterraine pour permettre l'écoulement d'une nappe souterraine et le captage de quantité d'eau appréciable.

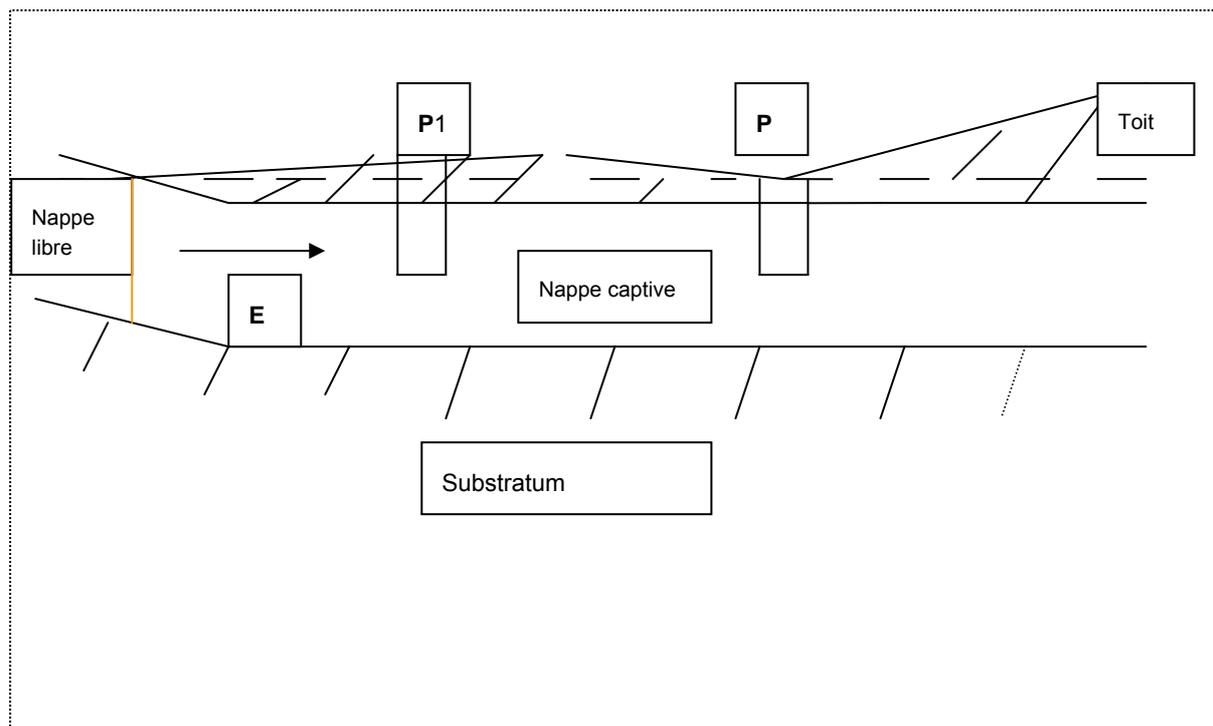
Un aquifère peut comporter aussi une zone non saturée qui constitue la zone d'infiltration

Caractéristiques des aquifères et nappes selon leur typologie

- Typologie des nappes

On distingue deux types de nappes :

- Nappe libre : souvent appelée nappe phréatique (phréatique veut dire qu'on peut exploiter par l'intermédiaire de puits), qui est en contact directe avec l'atmosphère.
- Nappe captive : elle se trouve entre deux formations de faible perméabilité qui constitue au dessus le toit et en dessous le substratum. La nappe est soumise d'une compression du poids de toit. On peut avoir aussi en amont de nappe captive de nappe phréatique libre.



E : écoulement – P : puits

Dans la nappe libre, le sens de l'écoulement est en modèle < L > et celui de la nappe captive en < U > malgré l'action de la précipitation pour prendre le niveau statique.

Généralement, les nappes captives sont des nappes profondes alors que les nappes libres sont des nappes superficielles.

A ces deux types de nappes s'ajoute encore la nappe semi-captive

Les nappes peuvent avoir plusieurs modes d'alimentation :

- par infiltration directe de la pluie lorsque l'aquifère est à l'affleurement,
- par drainage d'un cours d'eau de surface
- par déversement d'une nappe sus-jacente
- par drainance à travers des terrains semi-perméables lorsque deux nappes ne sont pas en équilibre.

En fonction de la géologie, les nappes alluviales sont plus perméables.

Dans notre zone d'étude, la nappe est alimentée principalement par la précipitation, suivi de l'eau d'irrigation ainsi que le drainage des cours d'eau. Ce dernier phénomène tient un rôle important avec la nappe. Quand le cours d'eau a un débit supérieur à celui de la nappe, il va recharger celle-ci et inversement.

TABLEAU 8: Caractéristiques des aquifères selon leur typologie :

Typologie d'aquifère	Aquifère libre	Aquifère semi-captif	Aquifère captif
Eponte supérieure	Perméable	Peu perméable	Imperméable
Recharge verticale	Libre (totale)	Partielle (drainance)	Impossible (nulle)
Typologie des nappes	Nappe libre	Nappe semi-captive	Nappe captive
Fluctuation de la surface	Libre	Aucune	Aucune
Hn versus Zn	$H_n = Z_n$	$H_n > Z_n$	$H_n > Z_n$
Echange verticale	Libre	Limité	Aucun

Hn: niveau statique

Zn: niveau piézométrique

2.2. Grands systèmes aquifères à Madagascar

Un grand système aquifère est donc un ensemble ayant des fonctions globales vis-à-vis du stockage et de l'écoulement de l'eau souterraine.

Liées aux différents résultats de l'altération, nous pouvons avoir différents aquifères:

- Les aquifères de socle
- Les aquifères libres
- Les aquifères des grands bassins sédimentaires
- Les aquifères particuliers (Karst et milieux volcaniques)

Toute fois, notre grande Ile recèle d'autre nappe aquifère qui n'attend qu'à être découverte et exploitée.

Parmi ces différents aquifères cités; notre région d'étude (Bassin versant du Lac Alaotra et surtout son sous bassin de la Sasomangana) est classée dans les aquifères de socle malgré son contexte géologique que nous avons vu précédemment. Les formations géologiques de socle sont caractérisées de plus par leur très faible porosité et par leur nature compacte (faible perméabilité).

2.2.1. Les aquifères de socle :

Les formations géologiques de socle sont largement représentées et sont exploitées de façon importante depuis une vingtaine d'années.

Ces roches cristallines sont caractérisées par leur nature compacte, leur très faible porosité et perméabilité.

Toutefois, des zones perméables ont pu se former à la faveur de processus d'altération physico-chimique et des phénomènes d'origines ont permis à ces roches d'acquérir une perméabilité favorisant la construction d'aquifères.

Selon le mode d'altération ou de fissuration, c'est-à-dire le processus de transformation en aquifères, nous pouvons classer les roches en provinces géologiques.

2.2.2. Provinces géologiques

On distingue schématiquement trois types de formations dotées de caractéristiques propres :

Les granites les gneiss et les migmatites, les schistes et les roches vertes, les grès quartziques.

Les granites sont des roches compactes de faible élasticité, fréquemment fracturées. Ils présentent un réseau de fissures et de fractures ouvertes ou fermées en fonction de l'orientation. Cette fracturation permet à la roche d'acquérir une porosité secondaire qui est la porosité de fissure et d'altération, donnant à la roche, des caractéristiques d'aquifères.

Quant au gneiss et aux migmatites, ils ont aussi cette même vulnérabilité face aux actions de la température et de l'eau et présentent les même caractéristiques en s'altérant.

Les schistes se déforment plus facilement que les granites ne recèlent pas toujours un réseau de fracturations aussi développé, mais peuvent présenter une fracturation liée à la schistosité.

Les grès quartziques sont généralement très consolidés et peuvent avoir subi une fracturation importante.

On distingue selon le cas, trois types de réservoirs:

Réservoir d'altérites formé d'arènes sablo argileuses provenant de l'altération des roches mères.

Réservoir de fissure se situant juste au dessus de la roche saine c'est-à-dire la zone partiellement altérée, où nous pouvons observer les fissures et les diaclases.

Le réseau de failles et de fractures majeures qui peut être le système de circulation d'eau souterraine.

Ces différents réservoirs peuvent constituer un aquifère unique dont la fonction de stockage est assurée par les altérites et la fonction conductrice par la zone fissurée ou fracturée. Le niveau statique se situe généralement dans les altérites.

Analysons seulement le réservoir d'altérites. Ce dernier est formé d'arènes sablo-argileuses provenant de l'altération des roches mères (schistes cristallins). Autrement dit, ces roches mères ont donné naissance sur les plateaux à un sol latéritique très épais (plus de 30m d'épaisseur par endroits. Miétton ; 2005).

2.2.3. Les huit zones hydrogéologiques à Madagascar

Madagascar abrite huit zones hydrogéologiques:

- Hauts plateaux
- Partie Sud des hauts plateaux
- Bassin sédimentaire de l'extrême Sud
- Bassin sédimentaire de Toliary
- Bassin sédimentaire de Morondava
- Bassin sédimentaire de Mahajanga
- Bassin sédimentaire d'Antsiranana
- Bassin sédimentaire de la cote Est

Notre bassin versant est inclus dans celle des hauts plateaux.

2.2.4. Les caractéristiques hydrogéologiques

Son contexte géomorphologique permet une exploitation gravitaire. Les eaux sont peu minéralisées mais exposées à la pollution. L'abondance des ressources en eau de surface ou souterraine explique que leur étude n'a pas été menée en détail. La déforestation va entraîner une augmentation du ruissellement et diminuer la réalimentation des nappes. Cette zone comporte 4 nappes dont:

- Les nappes d'alluvions ont une profondeur faible et d'épaisseur environ 10m. Le niveau statique est de 1 à 5m. L'eau est peu minéralisée et contient une forte teneur en Fer. Le débit spécifique $Q/S = 3$ à 6 l/s/m.
- Les nappes d'arènes ont une profondeur faible et d'épaisseur d'eau de quelques mètres. Le niveau statique est de 5 à 15m. L'eau est peu minéralisée et le débit spécifique $Q/S = 0,4$ l/s/m.
- Les nappes de fissure dans le socle sont alimentées par les nappes d'arènes. Le niveau statique est de 5 à 15m. Le débit spécifique est de $Q/S = 0,8$ à $1,4$ l/s/m.
- Les nappes des terrains volcaniques du Quaternaire ont les mêmes caractéristiques que les nappes de fissure.

Note: les nappes d'arènes sont caractéristiques de notre zone d'étude et nous permet donc de maîtriser l'apport de l'hydrogéologie qui est notre sujet.

Cependant, malgré sa richesse relative et son dynamisme, attestés par la forte pression migratoire, la plaine du Lac Alaotra apparaît comme une région menacée par l'érosion. Le paysage est en outre marqué par les lavakas (Incision topographique spectaculaire (par la forme et la taille) qui s'ouvre dans les flancs des tanety). A ce propos, ces nappes d'arènes y jouent également un rôle important malgré sa faible profondeur d'une part et d'autre part suivant l'instabilité de l'épais manteau d'altérites. A ce fait, il arrive parfois que l'eau s'infiltré dans le sous sol (cycle de l'eau) et que tout un versant de roches meubles imbibées d'eau se mette brusquement à glisser. Ce déplacement de terrain en coulant le long de la pente signifie **la solifluxion**; Il peut être provoqué par diverses manières:

+ l'action de la pesanteur (y compris la présence de l'eau souterraine) déterminant la rupture d'un contact imparfait entre deux couches de natures différentes,

+ les venues aquifères à la limite des deux formations ou par un tremblement de terre. Le phénomène peut être brusque et spectaculaire ou lent et presque invisible, mais le résultat est le même: érosion du sol.

La solifluxion mériterait une longue étude car si toute les pentes quoi que très faible et sous tous les climats, elle a une importance encore insoupçonnée à cause de son action lente et confondue avec celle de ruissellement (sur une pente, les gouttes d'eau se groupent en filets et coulent suivant le sens de la pente déterminant un courant).

Ces sols latéritiques, partie supérieure des nappes d'arènes sont menacés en état de disparition. De plus, on voit que ces sols sont actuellement marqués par des lavakas.

Remarque : les lavakas ne sont plus alimentés en eau de ruissellement dans son grand axe lorsqu'ils ont atteint la ligne de crête, soit une certaine maturité (Julie. E).

3. L'eau souterraine et les rizières à mauvaise maîtrise d'eau

3.1. RMME

Comme nous avons vu précédemment, l'eau souterraine constitue la quasi-totalité des réserves disponibles. En effet, l'étude que nous entreprenons ici a pour objet d'étudier les possibilités de compenser le déficit des eaux de surface par des eaux souterraines sur des rizières particulièrement mal irriguées ; vu que les ressources en eau sont dans tous les cas insuffisantes.

RMME

Au début, les RMME (Rizières à Mauvaise Maîtrise d'Eau) sont appelées rizières irriguées mais de façon irrégulière (rizières qui reçoivent de l'eau trop tard).

D'après la définition d'un technicien du BRL, c'est par opposition d'une rizière à bonne maîtrise d'eau, c'est-à-dire avec des possibilités de contrôle d'entrée et de sortie d'eau (Irrigation et drainage) durant le cycle cultural.

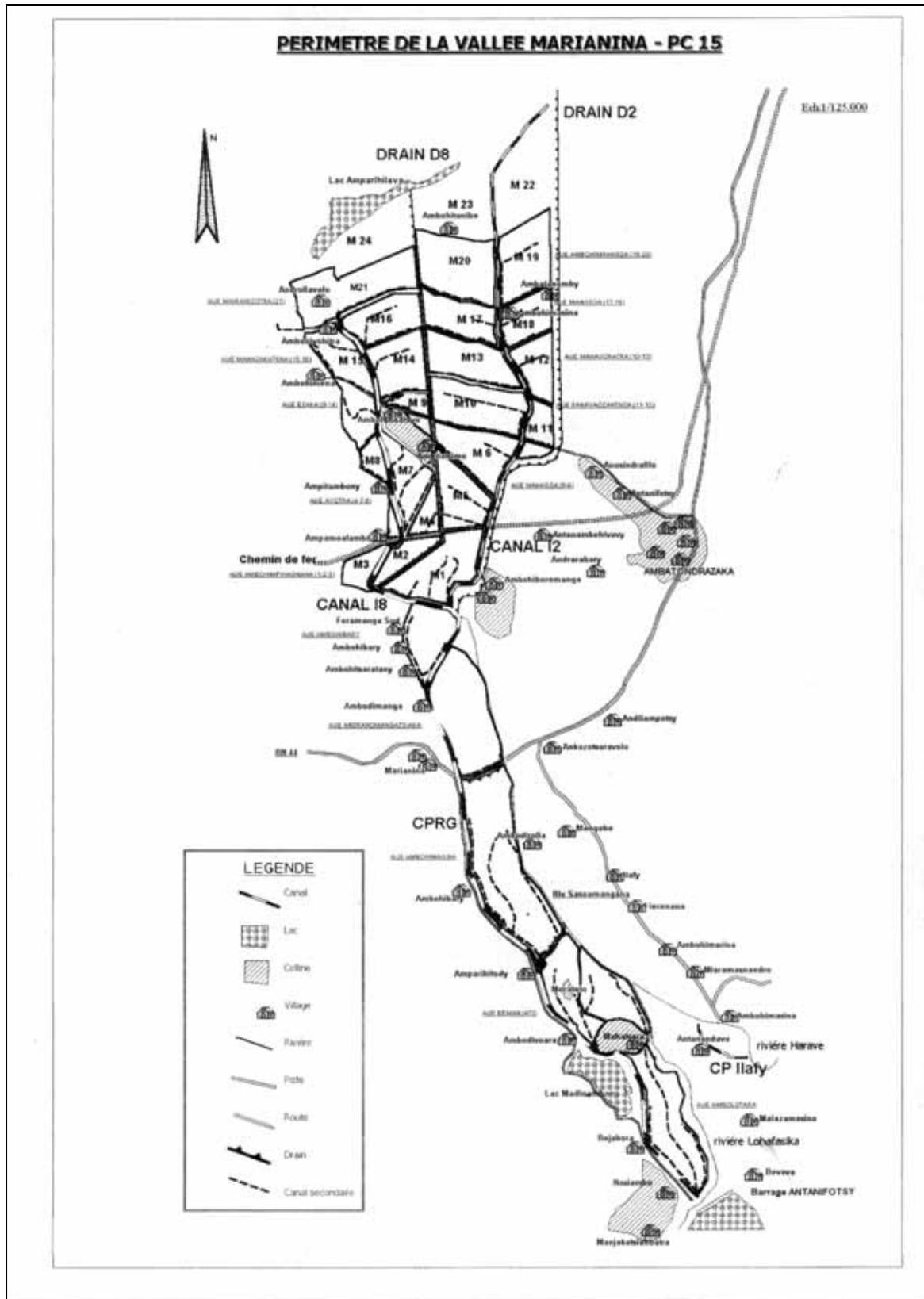
D'après Hubert C., ce sont des rizières de bas fond ou bas de pente, pour la plupart planées et entourées de diguettes, et où les conditions topographiques ou de sols ne permettent que la culture du riz en saison

Actuellement, on définit ces RMME en RIA ou Rizières, à Irrigation Aléatoire.

Cependant, sur les 33.000ha des rizières réhabilitées ou aménagées sous l'égide de la SOMALAC, il ne reste plus aujourd'hui que 10.000ha bénéficiait d'une bonne maîtrise d'eau. Les zones autrefois (du temps de la SOMALAC) dotés de très bons réseaux de maîtrise d'eau mais qui au fil du temps, c'est-à-dire après le désengagement de l'Etat, se sont détériorés par manque d'entretiens sur les aménagements, et sont devenus des RMME. Pour les RMME, la situation devient « catastrophique » (Devèze, 2006).

Le SD-Mad du Lac Alaotra est actuellement en phase de détermination de la superficie totale occupée par ces RIA dans la rive droite de la vallée Marianina après une discussion avec R. Eddy.

3.2. Apport en eau d'irrigation de la vallée du Sud-est du Lac Alaotra



Les deux digues principales (rive GAUCHE et rive DROITE), achevées au milieu des années 90, ont chacune ses propres apports en eau d'irrigation. Pour la rive gauche, l'alimentation en eau provient des débits régularisés du barrage de Bevava, des débits non régularisés des deux affluents (Les deux rivières Lohafasika, bassin versant ayant une superficie de 51km² et Harave, 47km² de bassin versant) de la rivière Sasomangana et plus les apports de la pluie. Alors que pour la rive droite, malgré le détournement des 2/3 des moyens financiers en 1991 (événements politiques nationaux) et que le coût des carburants pour faire marcher les pompes est très élevé, la réalisation des canaux avec l'alimentation par l'Harave n'est pas achevée. En effet, cette zone se contente seulement de l'arrivée de la pluie.

Les études, en particulier celles conduites dans le cadre du schéma directeur pour l'aménagement du Lac Alaotra (juin- juillet 97), ont montré l'impossibilité d'irriguer un périmètre de 7300ha avec les seuls apports du bassin versant de la Sasomangana. De plus que le barrage de Bevava ne stocke que 20.000.000 de m³ soit l'équivalent de 3.8m³/s pendant deux mois.

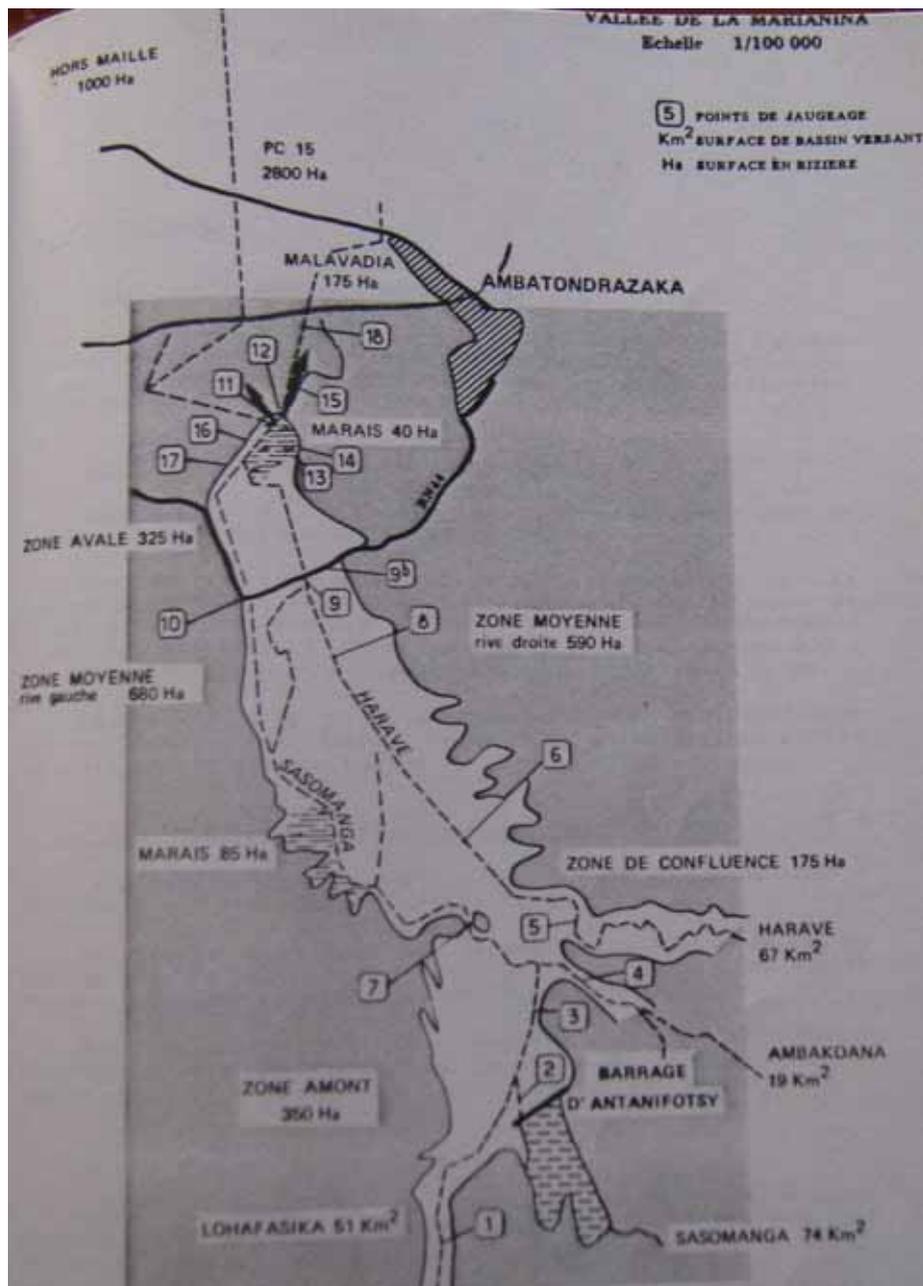


Figure 5 : Représentation de la rive droite et la rive gauche
 (Source : Génie rural Ambatondrazaka et pour le périmètre vallée
 Marianina_PC15 : Rapport de Fang-juillet 2007)

3.3. Inventaire des points d'eau

L'eau est un élément essentiel pour l'agriculture. ET comme toute gestion requiert l'évaluation des ressources et emplois, il est primordial de faire l'inventaire de ces ressources en eau.

Cette étude d'inventaire de point d'eau va nous renseigner pour compléter les études hydrogéologiques dans le but d'étudier les possibilités de l'amélioration de l'alimentation en eau de la rive droite de la vallée Marianina, et afin de localiser la profondeur de la nappe pour que l'ouvrage de captage soit caractérisé.

Les sources et les bornes fontaines ne sont pas encore incluses dans ces points d'eau. On a seulement inventorié les puits (puits: un moyen de captage de l'eau souterraine. Il s'agit d'une excavation à génératrice verticale dont les dimensions latérales sont très inférieures aux dimensions verticales).

22 puits se sont inventoriés dont l'itinéraire va de Bevava, longeant la zone de la rive gauche en passant de Mahatsara, puis vers la rive droite de Fierenana jusqu'à Antanandava ; malgré la courte durée de notre visite sur terrain qui s'est déroulé le 17 -18 avril dernier. Cette étude est également appuyée par un GPS (Global Position System).

Tableau 10: localisation de puits

Id point GPS	Latitude Sud	Longitude Est	Altitude (m)	Village	Type de puits*	Profondeur totale (m)	Niveau dynamique* (mètres ; par rapport au terrain naturel)	Dia-mètre (m)	Notes
52	- 17,92550024	48,41495088	809	Ambohibary	semi-moderne	5 à 6	0,35	1	non couvert
53	- 17,92486439	48,41964902	806	Mahatsara	semi-moderne	6,5	1,5	0,6	
54	- 17,92529672	48,4211498	814	Mahatsara	traditionnel	6	3,2	0,9	
55	- 17,92459373	48,41878736	817	Mahatsara	traditionnel	7	4,5	1	
56	- 17,92423625	48,41708123	816	Mahatsara		11	2,6	1,2	
57	- 17,92416248	48,41678107	812	Mahatsara	moderne	11	2,3	1	
58	- 17,92439056	48,41675031	808	Mahatsara	semi-moderne	9	1	1	
59	- 17,92251972	48,42081293	832	Mahatsara	semi-moderne	5	1,95	0,85	
60	- 17,90178708	48,42026124	829	Antsapanimahazo	moderne	5	2,1	0,9	
62	- 17,89721735	48,41701149	769	Fierenana	moderne	7	1,5	0,8	près d'une rizière
63	- 17,89658125	48,41748205	777	Fierenana	semi-moderne	5	2,1	0,9	
64	- 17,89624857	48,41788363	781	Fierenana	semi-moderne	12	5,1	1	en haut du village
65	- 17,90566312	48,42416913	807	Ambohimiarina	traditionnel	4	2,55	0,8	près d'une rizière
66	- 17,90568206	48,42303841	800	Ambohimiarina	moderne	18	11,8	1,1	en haut du village
67	- 17,90604592	48,42353739	793	Ambohimiarina	moderne	7	2,05	0,95	
69	-	48,43690376	808	Ambohimasina	traditionnel	6	3,5	0,6	

	17,91477517								
70	- 17,91072914	48,42906031	810	Miaramasoandro	traditionnel	9	3	2	
71	- 17,90988576	48,42819186	811	Miaramasoandro	traditionnel	5	1,5	2	
72	- 17,90763957	48,42942467	804	Ambohimahavelona	traditionnel	17	11,5	1	en haut du village
73	- 17,90831063	48,42892678	815	Ambohimahavelona	semi- moderne	7	4,6	1,2	
74	- 17,90809521	48,42866611	804	Ambohimahavelona	traditionnel	11	10	1	

Source : Hoby et Julie (17 et 18 avril 2008)

*Niveau dynamique: mesure après puisage des fokonolona

* **moderne** : si l'ouvrage est constitué de 3 éléments complémentaires: cuvelage (ouvrage de soutènement), captage (la partie du puits qui pénètre dans la nappe), l'équipement de surface ; **semi-moderne** : si l'un des constituants manque ; **traditionnel** : profondeur inférieure à 10 mètres et pas de brique

* **Notes**: les puits qui ont les profondeurs les plus faibles (inférieures ou égales à 5m) sont directement influencés par les eaux de surface avoisinantes, à savoir les dépôts lacustres, les eaux de canaux ou de drains.

L'observation de ces puits devra encore se poursuivre (de préférence pendant l'étiage) afin de mieux définir le fonctionnement respectif des aquifères observés.

3.4. Quelques rendements sur la production de paddy:

Tableau 10: Quelques rendements de paddy (région d'Alaotra Mangoro)

		Riz irrigué	Riz pluvial
	Superficie (ha)	66,832	2,158
2001/02	Rentabilité (t/ha)	2,95	1,63
	Rendement total (t)	196,842	3,512
	Superficie (ha)	66,32	2,533
2002/03	Rentabilité (t/ha)	2,69	1,81
	Rendement total (t)	178,46	4,577
	Superficie (ha)	80,169	2,8
2003/04	Rentabilité (t/ha)	3,18	2,02
	Rendement total (t)	255,023	5,656
	Superficie (ha)	84,272	4,427
2004/05	Rentabilité (t/ha)	3,37	2,56
	Rendement total (t)	283,659	11,344
	Superficie (ha)	78,51	4,995
2005/06	Rentabilité (t/ha)	3,9	2,6
	Rendement total (t)	306,115	12,988
	Superficie (ha)		
2006/07	Rentabilité (t/ha)	101,656	3,501
	Rendement total (t)	3,83	1,2
	Production (T):	389,079	4,202

Source : D.R.D.R, Région Alaotra-Mangoro

D'après quelques enquêtes au niveau de certains techniciens qui pratiquent des cultures en RMME dans la Vallée Marianina, leur production de riz en semis direct annuel est sensiblement égale à 3 à 5t/ha.

Pour les parcelles labourées (celles des paysans), le rendement annuel ne varie que de 2t/ha.

Ainsi, si on fait un petit calcul:

Sur les 590ha de la rive Droite de l'Harave, on pourrait produire: 1770t de paddy ($3t \times 590$) et donc sur les 1130 ha de la rive droite de la Vallée marianina, on aura: 3390t.

Si on fait une comparaison entre les riz pluviaux et les riz irrigués, on constate une large différence de rendement; Celui des riz pluviaux sont faibles, alors que comme nous le savons, les RMME couvrent des superficies considérables (près de 70.000ha) et ont avec les techniques de culture actuelle des rendements très aléatoires.

Après discussion avec les techniciens et quelques paysans de la vallée Marianina (Ambohimiarina et Miaramasoandro), il s'avère que beaucoup des parcelles proposées ne reçoivent d'eau que très aléatoirement, quelques jours seulement par an.

* La principale raison invoquée, pour expliquer les faibles rendements obtenus est le manque d'eau d'irrigation.

3.5. Reconnaissance à entreprendre

La non possession de maintes études hydrogéologiques antérieures nécessite sa réalisation pour l'identification des ressources souterraines. Certains périmètres rizicoles (Andranobe, Sahamaloto, PC15, PC23) ont déjà été identifiés en 1984. C' est pourquoi, grâce à l'hydrogéologie nous vous informons ici une étude sur l'amélioration de l'alimentation en eau dans la rive droite de la Vallée Marianina aussi la rive en commençant par l'analyse de la nature du sol aussi et surtout le sous sol plus déjà des informations données par ces puits inventoriés.

Alors, pour la réalisation du travail, le terrain choisi doit être prospecté géologiquement par une technique appelée Sondage. Cette opération doit être effectuée le plus tôt possible et elle doit être exécutée par un géologue (son rôle important : description des formations recoupées ainsi que les carottes). La technique de perforation le plus simple, aussi que nous sommes dans des terrains alluvionnaires, s'agit d'une tarière manuelle.

Ce sondage à la tarière permet d'obtenir un log de forage (comme échelle stratigraphique) afin de pouvoir localiser l'aquifère idéal pour le captage.

Après les travaux de sondage, une autre étude doit être aussi effectuée qui est l'essai de pompage ou forage de test. Cet essai de pompage doit être également pratiqué pour connaître le débit de l'eau qu'on a à capter et s'il est capable de couvrir le besoin en eau de la culture en temps opportun.

En outre, ces forages de test seront réalisés si les résultats des sondages de reconnaissance autorisent un espoir raisonnable de capter un aquifère dont une éventuelle exploitation nécessite de mieux préciser sa potentialité et son fonctionnement.

Si on voudrait réaliser ce sondage à la tarière, le cout de ce dernier (Annexe 5) est obtenu auprès du **brgm** à Antananarivo par suite d'une discussion et demande avec le responsable de la société: Monsieur Luc Guyot (Docteur en Sciences de la Terre- Hydrogéologue).

Pour les pompes, ils sont désormais d'un coût beaucoup plus accessible et d'après Mietton (rapport 2006), les entreprises de l'Inde ont présenté leur matériel à Madagascar et qui sont très performante.

4. LES DIFFERENTS INTERVENANTS AU LAC ALAOTRA DEPUIS LA COLONISATION ACTUEL :

Plusieurs projets se sont installés et succédés dans la zone du lac Alaotra pour préserver les potentialités de production et surtout l'aménagement de bassin versant de la zone Sud-Est du Lac étant donné qu'elle est à forte vocation agricole.

1965: C'était le SCET- Coop. (Société Central pour l'Equipement du territoire- Coopération Tananarive) qui a été chargé de l'étude des périmètres PC15 et Vallée de la Sasomangana;

Fin année 70 plus les années 80: par convention en date du 18 juin 1979, l'ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique d' Outre Mer) a été chargé par les sociétés SOGREAH-SOMEAH d'un certain nombre de prestation hydrologique, en vue de l'étude de faisabilité de l'aménagement des vallées de la Sasomangana et du Bevava;

Le 31 décembre 1987, un appel d'offre de l'aménagement des vallées du Sud-Est du lac Alaotra a été lancé par Henri POMMERET, vice Président agissant au nom et par le compte du Groupement d'Etudes et de réalisations des Sociétés d'Aménagements Régional (GERSAR). Par la suite, Chabaud Claude est élu comme Chef de projet de la compagnie nationale d'aménagement comme représentant du GERSAR à Madagascar.

En 1988, après une étude d'aménagement dans la Vallée du Sud-Est du Lac Alaotra, l'agronome, GERSAR (M.BURESI) a travaillé dans le bassin de la Sasomangana ayant pour travail de proposer un aménagement agronomique

1990: il s'agissait d'un projet nommé «Imamba-Ivakaka» qui créait les ZGC (Zone de Gestion Concerté) et mettait en place des plans d'aménagements ; et aussi le GERSAR - BRL qui a aménagé la Vallée Marianina.

2003 (mois d'avril) jusqu'à l'heure actuelle : le projet BV Lac, financé par l'AFD (Agence Française de Développement) et par la République de Madagascar qui reprend ceux de l'ancien, projet (Imamba-Ivakaka). C'est un projet de mise en valeur et de protection de Basin Versant au Lac Alaotra.

En effet, nous avons pu constater que l'étude de la Vallée du Sud-Est du Lac Alaotra a été débutée d'ici il y a 43 ans. Depuis, chaque société ou projet ont chacun déjà fait des études sur l'amélioration d'un bassin versant et surtout pour la production agricole, et ont donc proposé de certains aménagements (Aménagements hydraulique et agricole...)

Quand on parle du barrage de Bevava, après sa construction, il a été visité par différents experts à savoir JENSEN, A. ; Membre du comité Français des grands barrages (année 80), et FANG, (2007). Ces expertises au barrage de Bevava ont été réalisées pour prendre en compte une analyse des propositions de réparation existantes (JENSEN), et de vérifier l'opportunité et le dimensionnement éventuel d'un déversoir de sécurité supplémentaire sur le barrage (FANG).

Ce dernier était à nouveau de retour le 27 février au 7 mars 2008 pour faire une évaluation de la situation hydrologique après le passage de cyclones (FAME – fin janvier 2008 et IVAN – mi février 2008) malgré les dégâts causés par ces deux cyclones.

Au fil du temps, certains ont été réalisés mais d'autre ne le sont pas. Toujours est-il que «conscientiser» la population locale sur l'utilité de l'aménagement de Bassin versant facilite son adhésion aux travaux de conservation et de protection de sol.

II

INTERPRETATION ET RECOMMANDATIONS

Comme nous l'avons vu précédemment que les ressources en eau de ce périmètre (Rive droite) ne proviennent que des prises au fil de l'eau sur l'Harave plus les précipitations. En outre, d'après les descentes sur terrain (avril 2008), on a repéré un site de barrage dans le bassin versant de l'Harave. Historiquement, le problème déclaré est l'ensablement des parcelles du lit de l'Harave. Cette érosion régressive a abouti au creusement de la rivière et à la destruction du pont barrage situé au village d'Ambohimasina dont les coordonnées sont : synthèse

Latitude: -17.9280589

Longitude: 48.44189543

Altitude: 820

D'après les études de l'entreprise SOMALAC, l'absence des données topographiques, la capacité et le coût de cet ouvrage ne peuvent être estimés. Ainsi, tous les périmètres en rive droite de l'Harave ne sont plus irrigués.

Cette amélioration (nouvel ouvrage de captage d'eau souterraine) des ressources en eau pour l'irrigation que nous venions de vous proposer devrait être discutée auprès du projet et par les usagers concernés si on ferait sa réalisation. On doit d'autre part réaliser que la recherche nécessaire pour mettre en évidence cette proposition nécessite, à un certain stade, certains équipements coûteux. Voilà pourquoi, on vous a informé dans l'annexe 5 le tarif de matériel nécessaire.

RECOMMANDATIONS :

- Vu que le bassin versant de Bevava, ainsi que toute la région du Lac Alaotra dispose d'énormes données hydrologiques, il conviendra donc de valoriser au maximum ces données avec un travail régulier pour l'analyse critique, la mise en forme et la sauvegarde des données. La multiplication des personnels pour la récupération de ces données serait également un atout.
- Dans le secteur agriculture, la méthodologie d'utilisation de l'eau pour compenser la culture en RIA consisterait en l'utilisation des eaux souterraines grâce au système de pompage des eaux souterraines.
- On rappelle pour l'observation des puits qu'il devrait se poursuivre (en période d'étiage) pour mieux définir le fonctionnement respectif des aquifères observés.
- Les différents travaux d'expertises paraient très utiles afin de définir les mesures appropriées aux nouveaux travaux d'aménagement. Comme disait Hubert C. (2007), qu'il n'est pas possible de concevoir de nouveaux aménagements car le problème essentiel est l'insuffisance criante des ressources en eau (Hubert C., 2007). C'est ce qui nous pousse donc à établir une étude hydrogéologique au niveau de certaine partie du bassin versant du sud-est du Lac Alaotra aussi et surtout au niveau des RMME.
- Il faut protéger de mieux le bassin versant de Bevava, ainsi que son sous bassin la vallée Marianina afin de préserver la quantité d'eau infiltrée pour augmenter la recharge de la nappe d'eau souterraine qui alimente en étiage le réseau hydrographique du bassin versant

CONCLUSION

La région du Lac est l'une des régions à Madagascar qui a le plus bénéficié des différentes études et interventions conduites ou proposées par les services administratifs et techniques qui se sont succédés pour les grands travaux d'aménagement hydroagricole.

Elle est également la région qui dispose le plus grand nombre de stations hydrométriques, le réseau hydro-pluviométrique géré par le projet BV-Lac est le seul réseau de mesure disponible.. Depuis 1976, l'hydrologie des cours d'eau qui alimentent les irrigations sur le pourtour du Lac Alaotra est connue par les mesures effectuées par l'ORSTOM.

Cependant, l'hydrogéologie du Lac Alaotra est très peu connue. Seules quelques hypothèses basées sur des informations très partielles peuvent être actuellement émises.

La nature des sols (plus le sous sol) et les végétations mériteraient encore d'une large étude afin de proposer une telle culture adéquate surtout pour restaurer et protéger les sols dégradés.

L'irrigation est souvent vue comme la résolution la plus évidente pour augmenter et sécuriser la production agricole. Cette étude hydrogéologique nous avons permis de valoriser l'utilisation du semis direct et d'envisager une amélioration (nouvelle ouvrage de captage d'eau souterraine) sur la contrainte majeure de la rive droite de la Vallée Marianina qui s'agit de l'insuffisance des ressources en eau limitant les superficies de rizières et la baisse de production culturale. De tels résultats conduisent à penser que le projet d'intensification de la riziculture dans la Vallée de la Sasomangana par amélioration des ressources en eau et rénovation des réseaux d'irrigation et d'assainissement est un «bon projet» et c'est normal.

Inutile de stabiliser un lavaka si on laisse créer un autre, inutile de réaliser un boisement de protection si on laisse parcourir par un feu. De plus, le problème de Bassin Versant est l'affaire de «tous» et non pas d'un seul département, aussi que l'ensemble constitue un tout.L'analyse à propos des différentes campagnes de protection de Bassin Versant devra être poursuivie.

BIBLIOGRAPHIE:

- CHABALIER, P.; mars 1997, Atlas cartes et de photographies.
- PETER, D. et PRUDHOMME, P.; Hydraulique villageoise
- RAUNET, M (Responsable scientifique), juin 1989; Bilan hydrique et minéral d'un bas fond sur les hautes terres de Madagascar
- NAMBENA, Simon ; novembre 2004 ; Identification des zones sensibles à l'érosion dans le corridor Zahamena-Mantadia
- HUSSON, O. – BOUTHER, R. – RAKOTONDRAMANANA- SEGUY, L.; fascicule de semis direct sur couverture végétale permanente
- BANTON, O. et BANGOY, M. 1997, Multiscience environnementale des eaux souterraines dans l'Hydrogéologie
- Société GERSAR; décembre 1993, Manuel de gestion et d'entretien du périmètre rizicole de la plaine d'Ambatondrazaka
- REMENIERAS, G. (Chef de service, conseiller scientifique à la Direction des Etudes et Recherches); 1976; l'Hydrologie de l'ingénieur; 2ème édition Eyrolles
- HERMANN (Editeurs des sciences et des arts); 1999; Alimentation en eau des populations menacées; Tome1
- DOSSEUR, H., mars 1981; Elaboration des données hydrologiques pour le modèle de simulation Didy
- DOSSEUR, H.; juin 1983; Etude de simulation de l'aménagement de la Vallée de la Sasomangana en liaison avec la cuvette Didy
- (SOGREAH-SOMEAH); Etude hydrologique des périmètres d'Andranobe, de Sahamaloto, PC 23 et PC15
- FERRY, L. et MERCY, M, 1986; Etudes hydrologiques de la région du Lac Alaotra- Fascicule N 1 et 4
- FERRY, L.; mars 1987; Etudes hydrologiques de la région du Lac Alaotra (Rivière Maningory, station : Andromba)
- GUYOT, L; Reconnaissance hydrogéologique pour l'alimentation en eau d'une plaine littorale en milieu semi-aride: Sud-Ouest de Madagascar; thèse Doctorat
- RANDRIANARISOA, H; Etude de la minéralisation des nappes littorales de Morondava; DEA; Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo
- RANDRIANASOLO, A; Etude préliminaire de la vulnérabilité à la contamination de la nappe du bassin versant de la rivière Morondava, DEA, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo
- RAZAFINDRAKOTO, D; 2002; Evaluation de l'efficacité des méthodes de lutte anti-érosive dans le bassin versant de Ranofotsy, Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur, Université d'Antananarivo
- FANG. Juillet 2007, 27 février au 7 mars 2008 ; Rapport de mission « Hydrologie – hydraulique » auprès du projet BV-Lac –CIRAD – AFD.

- MIETTON, M; 2004, 2005,2006; Rapport de fin de mission à Ambatondrazaka auprès du projet BVLac-CIRAD-AFD
- ERISMANN, J; 2005 ; Structure et fonctionnement du Bassin Versant de Bevava; Mémoire de Master 1 de Géographie; Interface Nature-Société sous la direction de Michel MIETTON, Professeur Lyon 3J. Moulin
- BONNIER, F; 2005; Le Bassin Versant de Bevava- Evolution du paysage, modalités de gestion passée et future de la réserve forestière ; Mémoire de Master 1 de géographie, sous la direction de M. Mietton également.
- GERSAR-BRL, SOCOTEC Madagascar, E.E.D.R. "MAMOKATRA», Etude pour l'aménagement des vallées du Sud-Est du Lac Alaotra / avant projet sommaire et faisabilité / protection des Bassins Versants et le 20 octobre 1988: Rapport d'avancement
- Entreprise Socialiste: SOMALAC; décembre 1985; étude de l'amélioration de l'alimentation en eau du périmètre PC15 et de la Vallée Marianina
- Entreprise SOMALAC et le groupement GERSAR-BRL; Appel d'offre international pour l'étude pour l'aménagement es vallées du Sud-est du Lac Alaotra (Offre technique)
- Entreprise Socialiste SOMALAc; Volume 1,2; Etude d'améliorations hydrauliques sur le périmètre Nord-Lac Alaotra. Rapport sur les réseaux d'irrigation de l'Anony, D'Andranobe, et de Morafeno. Le chenal de l'Anony et le barrage de Madiokotra
- SOMEAH- Antananarivo/ SOGREAH- Grenoble, octobre 1980; étude de factibilité des vallées de la Sasomangana et de la Ranofotsy dans le Sud de la cuvette du Lac Alaotra- Rapport intérimaire
- GERSAR-BRL/ SOCOTEC Madagascar; janvier 1990; Etude des vallées du sud- Est du Lac / Vallée de la Sasomangana- avant projet détaillé
- SCET-Coopération Antananarivo; 1965; Etude des périmètres PC15 et de la vallée Sasomangana
- CHARPENTIER, H.; octobre 2007; Rapport de fin de mission auprès du projet BV Lac Alaotra

ANNEXE1 :

STATIONS PLUVIOMETRIQUES ET LES POINTS GPS

N°	STATION	LONGITUDES	LATITUDES	ALTITUDES (NGM)	SUPERFICIES BV (km²)	RIVIERES
1	SAHATELO	48,555833	18,144444	958	76,0	SASOMANGANA
2	ANTSEVABE	48,539722	18,013611	894	65,4	HARAVE
3	BETATAMO	48,432222	18,051944	858	51,4	LOHAFASIKA I
4	BEVAVA	48,466111	17,956111	822	76,0	BARRAGE Bevava
5	AMBOASARY	48,520556	18,058889	850	76,0	SASOMANGANA
6	AMBOHIMIARINA	48,494444	18,038889	809		TERROIR
7	MIADAMPAONINA	48,593056	17,895000	1200	64,1	MANAMONTANA
8	AMBONGABE	48,497778	17,990556	857	24,1	LOHAFASIKA II
9	AMPITATSIMO	48,510000	17,930556	776		zone PC15
10	AMBOHIBOROMANGA	48,436111	17,886111	770	416,7	HARAVE
11	AMPANEFY	48,221944	17,871667	900	129,2	SAHAMENA
12	AMPARIHIMAINA	48,204722	17,700556	970	47,6	IMAMBA
13	AMPANOBE	48,281944	17,712778	872	47,6	IMAMBA
14	AMBONDRONA	48,358333	17,556111	787	168,0	IVAKAKA
15	ANDRANOBE	48,484444	17,712778	930	365	SAHAMALOTO
16	MAHADINA	48,509722	17,470556	950	1450,0	ANONY
17	IMERIMANDROSO	48,680000	17,473333	896	220,21	LOVOKA
18	ANTSAHAMAMY	48,623611	17,670556	864	220,21	LOVOKA
19	ANDROMBA	48,688889	17,427778	749	6855	MANINGORY

ANNEXE2 :

Récapitulation décadaire des pluies depuis 2000-2007

PLUVIOMETRIE BASSINS VERSANT VALLEE MARIANINA - PC15
CAMPAGNE 2000-2001

Date	SAHATELO						ANTSEVABE					
	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	1.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 déc.	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 déc.	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.6	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

5.2

0.0

Date	BETATAMO						AMPITATSIMO					
	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 déc.	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 déc.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2.5

0.0

Date	BEVAVA						MIADAMPAONINA					
	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 déc.	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 déc.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2.5 0.0

Date	AMBONGABE					
	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 déc.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 déc.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0

PLUVIOMETRIE BASSINS VERSANT VALLEE MARIANINA - PC15

**CAMPAGNE
2000-2001**

Date	SAHATELO											
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	0,0	7,5	29,0	133,5	15,0	11,0	1,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
2 déc.	4,0	87,4	33,0	288,0	23,0	43,5	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
3 déc.	3,3	4,2	114,5	387,5	2,5	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	7,3	99,1	176,5	809,0	40,5	54,5	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0

1238,8

Date	ANTSEVABE											
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	0,0	1,0	82,0	63,5	26,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 déc.	3,5	117,0	9,4	264,0	1,5	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 déc.	1,5	0,0	95,1	309,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	5,0	118,0	186,5	636,5	35,0	31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

1012,5

Date	BETATAMO											
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	0,0	0,0	22,5	43,0	83,5	33,0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 déc.	0,5	34,0	44,0	188,5	7,5	10,5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 déc.	2,5	11,0	72,0	365,6	0,5	87,0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	3,0	45,0	138,5	597,1	91,5	130,5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1030,6

Date	AMPITATSIMO											
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	0,0	0,0	32,0	12,5	37,5	2,5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 déc.	2,0	11,5	1,0	180,5	27,9	31,0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 déc.	7,0	2,5	122,0	381,6	0,0	4,0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	9,0	14,0	155,0	574,6	65,4	37,5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

855,5

Date	BEVAVA											
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.	0,0	0,0	29,5	46,6	80,4	28,0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 déc.	0,0	55,1	14,0	157,9	2,5	2,0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 déc.	2,5	2,5	89,0	279,0	2,4	75,8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Total	2,5	57,6	132,5	483,5	85,3	105,8	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-------	-----	------	-------	-------	------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

891,7

Date	MIADAMPAONINA											
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.					106,2	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 déc.				32,9	6,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 déc.				353,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	0,0	0,0	386,2	114,2	52,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

552,9

Date	AMBONGABE											
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
1 déc.					129,6	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 déc.				37,6	6,2	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 déc.				298,2	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,0	0,0	0,0	335,8	144,8	48,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

529,1

PLUVIOMETRIE BASSINS VERSANT VALLEE MARIANINA - PC15

**CAMPAGNE2001-
2002**

Date	SAHATELO						ANTSEVABE					
	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT
1 déc.	18,2	167,5	10,5	2,0	26,0	13,5	16,5	117,0	6,5	1,0	10,5	1,0
2 déc.	7,9	12,5	19,0	10,0	36,0	60,0	13,0	17,5	13,5	2,0	16,0	68,8
3 déc.	0,0	8,5	10,5	16,5	23,5	0,0	0,0	2,0	3,0	7,0	12,5	0,0
Total	26,1	188,5	40,0	28,5	85,5	73,5	29,5	136,5	23,0	10,0	39,0	69,8

442,1

307,8

Date	BETATAMO						AMPITATSIMO					
	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT
1 déc.	23,0	118,2	7,0	1,0	2,0	0,0	61,0	25,0	6,5	0,0	3,5	0,0
2 déc.	6,0	9,3	2,5	1,0	2,5	20,0	5,0	104,0	2,0	1,5	0,5	0,0
3 déc.	0,0	0,0	0,5	10,5	1,0	0,0	1,0	0,0	0,5	6,0	0,0	0,0
Total	29,0	127,5	10,0	12,5	5,5	20,0	67,0	129,0	9,0	7,5	4,0	0,0

204,5

216,5

Date	BEVAVA						MIADAMPAONINA					
	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT
1 déc.	24,0	104,0	7,0	1,0	2,0	0,0	38,5	104,0	3,5	0,0	0,5	0,5
2 déc.	4,5	25,0	2,5	1,5	2,0	29,6	1,5	20,0	5,0	0,5	1,0	8,5
3 déc.	0,0	2,5	0,5	5,0	0,5	0,0	0,0	11,0	1,0	5,5	0,0	0,0
Total	28,5	131,5	10,0	7,5	4,5	29,6	40,0	135,0	9,5	6,0	1,5	9,0

211,6

201,0

Date	AMBONGABE

	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT
1 déc.	45,0	87,5	1,5	0,0	0,5	0,0
2 déc.	5,0	9,0	2,0	0,5	5,0	20,0
3 déc.	0,0	2,5	0,5	8,5	4,5	0,0
Total	50,0	99,0	4,0	9,0	10,0	20,0

192,0

PLUVIOMETRIE BASSINS VERSANT VALLEE MARIANINA - PC15

**CAMPAGNE
2001-2002**

Date	SAHATELO						ANTSEVABE					
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS
1 déc.	0,0	3,0	6,6	172,5	309,7	28,0	0,0	0,0	49,5	75,0	160,0	60,0
2 déc.	1,5	0,0	46,5	30,0	140,5	37,0	0,5	0,0	58,5	25,0	107,5	8,0
3 déc.	46,0	0,0	211,5	6,0	57,5	0,0	18,5	0,0	153,5	25,0	47,5	0,0
Total	47,5	3,0	264,6	208,5	507,7	65,0	19,0	0,0	261,5	125,0	315,0	68,0

1096,3 788,5

Date	BETATAMO						AMPITATSIMO					
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS
1 déc.	0,0	0,0	34,5	99,0	160,0	29,5	0,0	0,0	12,5	82,0	112,5	11,5
2 déc.	0,0	0,0	31,5	14,0	263,0	21,5	0,0	0,0	36,5	23,0	188,0	21,5
3 déc.	41,0	0,0	276,0	43,0	36,5	16,5	0,0	0,0	258,0	57,0	39,0	0,0
Total	41,0	0,0	342,0	156,0	459,5	67,5	0,0	0,0	307,0	162,0	339,5	33,0

1066,0 841,5

Date	BEVAVA						MIADAMPAONINA					
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS
1 déc.	0,0	0,0	29,0	93,5	176,3	31,6	0,0	0,0	42,5	84,0	64,5	12,5
2	0,0	0,0	24,5	29,4	124,8	24,4	0,0	0,0	38,4	28,0	244,6	1,0

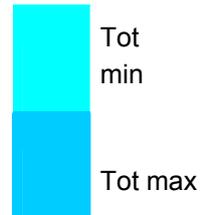
déc.												
3 déc.	0,0	0,0	272,5	75,7	40,8	3,5	58,5	0,0	189,0	48,5	43,0	9,0
Total	0,0	0,0	326,0	198,6	341,9	59,5	58,5	0,0	269,9	160,5	352,1	22,5

926,0

863,5

Date	AMBONGABE					
	OCT	NOV	DÉC	JANV	FÉVR	MARS
1 déc.	0,0	0,0	14,8	88,5	84,8	22,6
2 déc.	0,0	0,0	43,2	62,5	116,4	42,5
3 déc.	0,0	0,0	171,5	38,0	91,9	13,5
Total	0,0	0,0	229,5	189,0	293,1	78,6

790,2



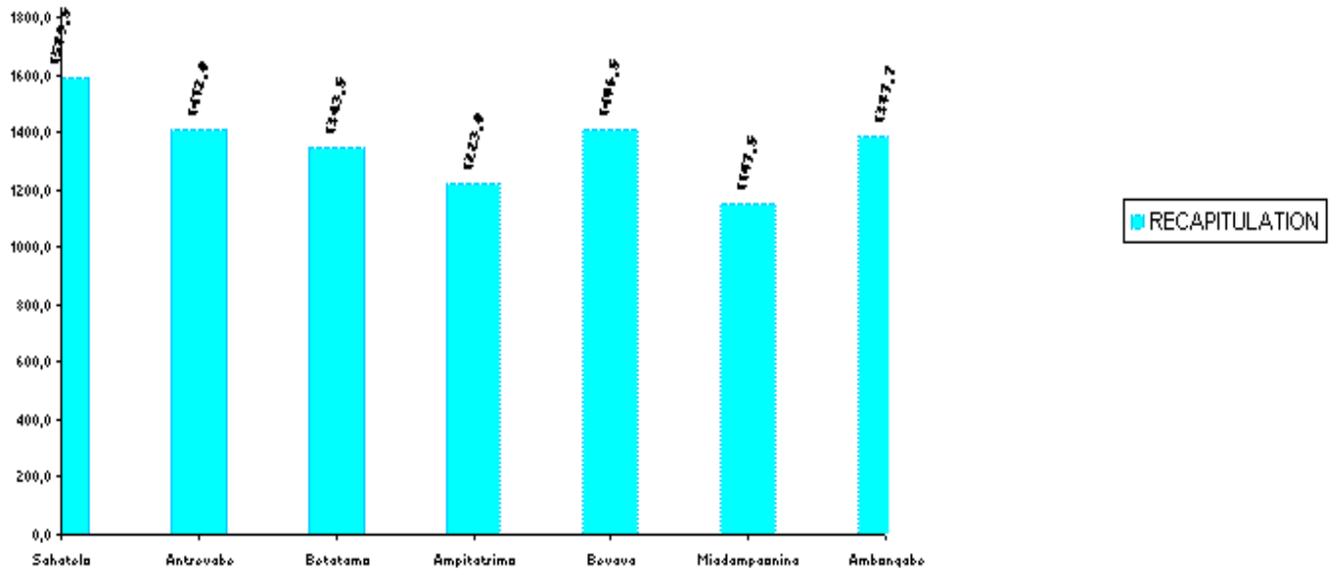
2002-2003

RECAPITULATION DES PRECIPITATIONS DECADAIRES

	OCTOBRE				NOVEMBRE				DÉCEMBRE			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	1	5	10,5	16,5	1	9,5	95,5	106	89	221,5	189	499,5
Antsevabe	1,5	1,5	2	4,5	7,5	7,5	39,5	58	60	230,5	185,5	476
Betatamo	0	0,5	0,5	1	0	2	97,5	99,5	110	197	102,5	409,5
Ampitatsimo	0	0	2,5	2,5	0	6,5	14	20,5	35	142	193	370
Bevava	0	0	0	0	0	0	59,5	59,5	138	208	108	454
Miadampaonina	1	0	2,5	3,5	6	0	33,5	39,5	15,5	159	182	356,5
Ambongabe	0	0	0,3	0,3	0	2	9	11	81	211	246	538
	JANVIER				FÉVRIER				MARS			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	71	156	191	418	44	107,5	187,5	339	106	90	14,5	210,5
Antsevabe	76	147,5	213	436,5	26,5	163	52,5	242	98,5	82	14,5	195
Betatamo	100,5	192,5	233	526	18,5	180	92,5	291	8	0	8,5	16,5
Ampitatsimo	88	194	191	473	39,5	114,5	65,5	219,5	44	90,5	3	137,5
Bevava	93,5	279	166,5	539	18,5	131	54	203,5	27	111,5	12	150,5
Miadampaonina	30	128,5	142,5	301	14,5	155	96	265,5	54,5	126	1	181,5
Ambongabe	68,5	244	181	493,5	27,5	133	63,9	224,4	48	69,5	3	120,5

	TOTAUX
Sahatelo	1589,5
Antsevabe	1412
Betatamo	1343,5
Ampitatsimo	1223
Bevava	1406,5
Miadampaonina	1147,5
Ambongabe	1387,7

RECAPITULATION



2003-2004

RECAPITULATION DES PRECIPITATIONS DECADEAIRES

	AVRIL				MAI				JUIN			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	6	41,5	0	47,5	23	8	8	39	0	10,5	29,5	40
Antsevabe	5	35	1	41	10	1,5	2,5	14	0	11	16	27
Betatamo	5,5	30,5	0	36	0	1	0	1	0	0	0	0
Ampitatsimo	1	35	0,5	36,5	0	1	0	1	0	0,5	0	0,5
Bevava	0,3	0	0	20,4	0,2	0	0	0,2	0	0,8	3,3	4,1
Miadampaonina	13	15	0,5	28,5	11,5	5	0	16,5	0	0	0	0
Ambongabe	2	11,5	0	13,5	4,5	0,5	1	6	0	2	3,5	5,5
Ampananganana	23,5	18	0	41,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampanobe	12	33	5	50	41	6,5	0	47,5	0	0	9,5	9,5
Ambondrona	11,6	10	1,5	23,1	12	0	0	12	0	10	2,8	12,8
	JUILLET				AOÛT				SEPTEMBRE			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	0	8	13,5	21,5	13,5	5,5	1,5	20,5	0	6	0	6
Antsevabe	0	2,5	7	9,5	2,5	4	0,5	7	0	2,5	0	2,5
Betatamo	1,5	1	2,5	5	0,5	0,5	1	2	0	0,5	0	0,5
Ampitatsimo	2	1	2,5	5,5	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0
Bevava	0	0	0,6	0,6	0,3	0	0	0,3	0,5	1	0	1,5
Miadampaonina	0	0	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0	0,5
Ambongabe	1	0,5	3	4,5	0	1	1	2	0	0,5	0	0,5
Ampananganana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampanobe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambondrona	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0

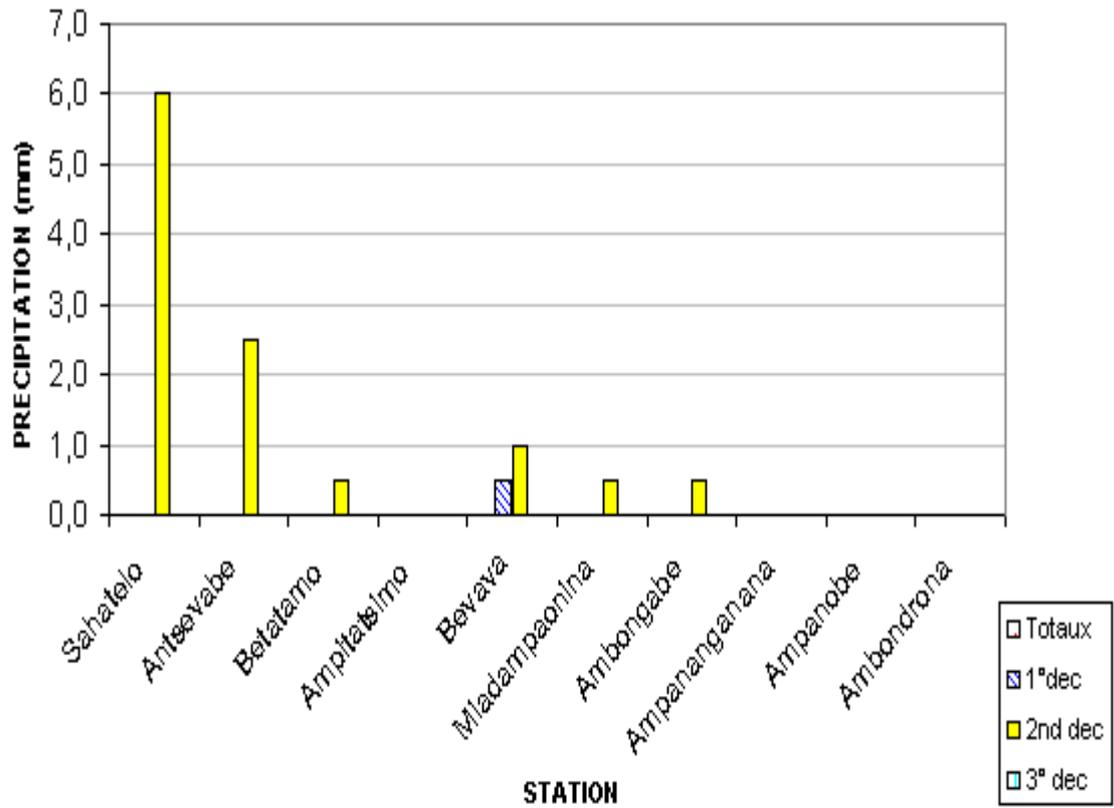
	TOTAUX
Sahatelo	168,5
Antsevabe	98,5
Betatamo	44
Ampitatsimo	45
Bevava	25,6
Miadampaonina	46,5
Ambongabe	31,5
Ampananganana	41,5
Ampanobe	107
Ambondrona	57,9

2003_2004

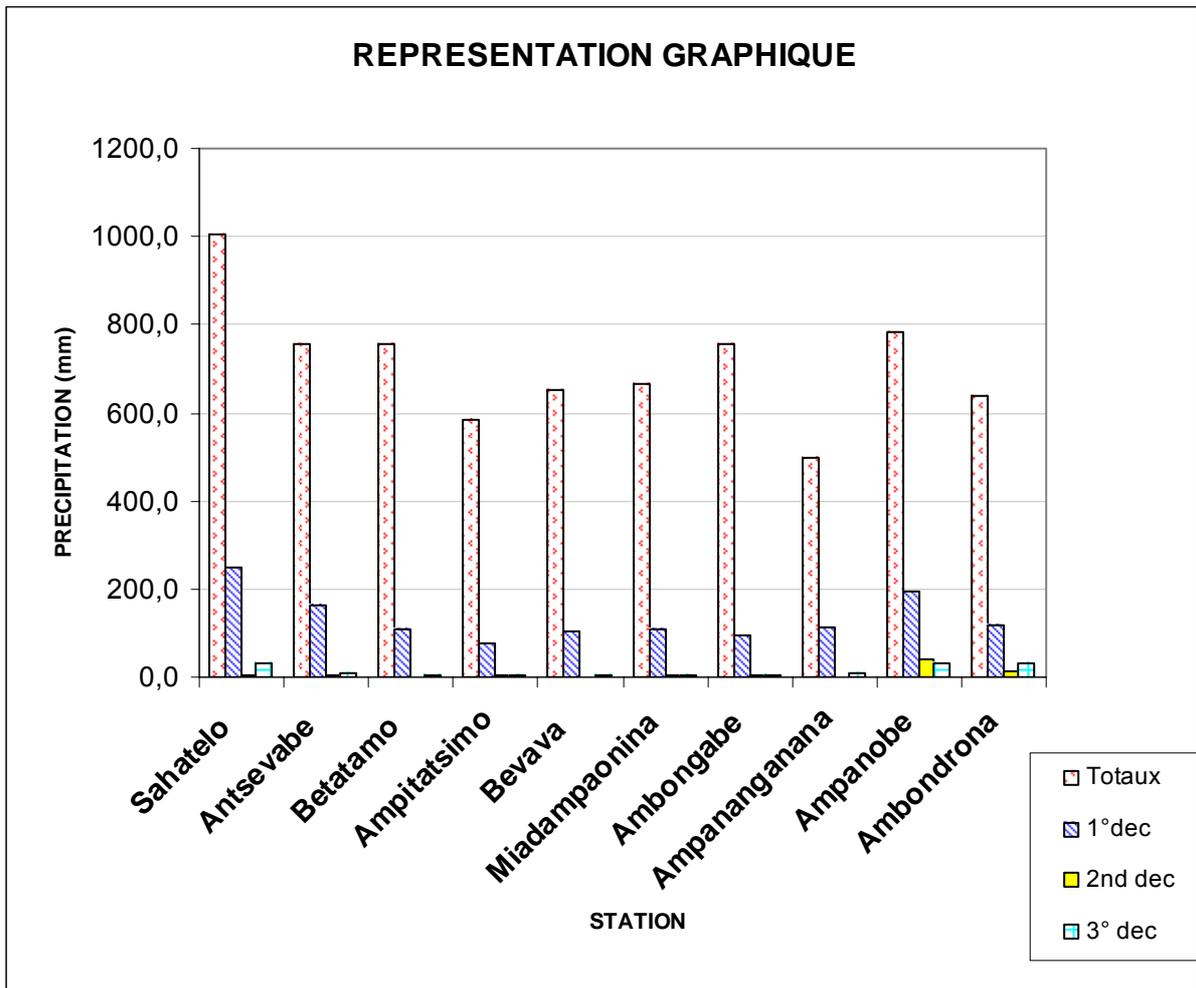
RECAPITULATION DES PRECIPITATIONS DECADEAIRES

	OCTOBRE				NOVEMBRE				DÉCEMBRE			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	0	14	1,5	15,5	12	0,5	64	76,5	42	45	95,5	182,5
Antsevabe	0	21	0	21	11,5	0	67,5	79	12,5	30	82,5	125
Betatamo	0	6,5	0	6,5	33,5	0	80	113,5	27	65	83,5	175,5
Ampitatsimo	0	0	0	0	2,5	0	40,5	43	24	64,5	79,5	168
Bevava	0	0	0	0	16	0	99	115	16,5	32,5	59	108
Miadampaonina	0	0	0	0	0	0	71	71	21,5	99,5	50	171
Ambongabe	0	4,5	0	4,5	8,5	0	76	84,5	23,5	36	76	135,5
Ampananganana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61,3	61,3
Ampanobe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145,5	145,5
Ambondrona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123,5	123,5
	JANVIER				FÉVRIER				MARS			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	76,5	22	181,5	280	74	24	72,5	170,5	249	3	29,5	281,5
Antsevabe	89,5	17,5	161,5	268,5	44	9,5	30,5	84	165	2,5	10	177,5
Betatamo	89	2	123,5	214,5	64	18	49,5	131,5	108	1,5	3,5	113
Ampitatsimo	63,5	29,5	111,5	204,5	58,5	3,5	21,5	83,5	77,5	3	6	86,5
Bevava	116,5	7	120,9	244,4	35,3	2	35,5	72,8	105,5	1,6	3,4	110,5
Miadampaonina	78	25,5	108	211,5	42	13,5	38,5	94	107,5	5	5,5	118
Ambongabe	75	22,5	195	292,5	53,5	5,5	78	137	93,5	4	6,5	104
Ampananganana	64,6	58,5	106,4	229,5	31	9	41,8	81,8	114,5	0	9,5	124
Ampanobe	40,9	0	131,9	172,8	96	25	74	195	196,6	39,8	32,7	269,1
Ambondrona	54,6	57,1	123,7	235,4	57,9	16	41,6	115,5	117,8	15	31,6	164,4

REPRESENTATION GRAPHIQUE



REPRESENTATION GRAPHIQUE



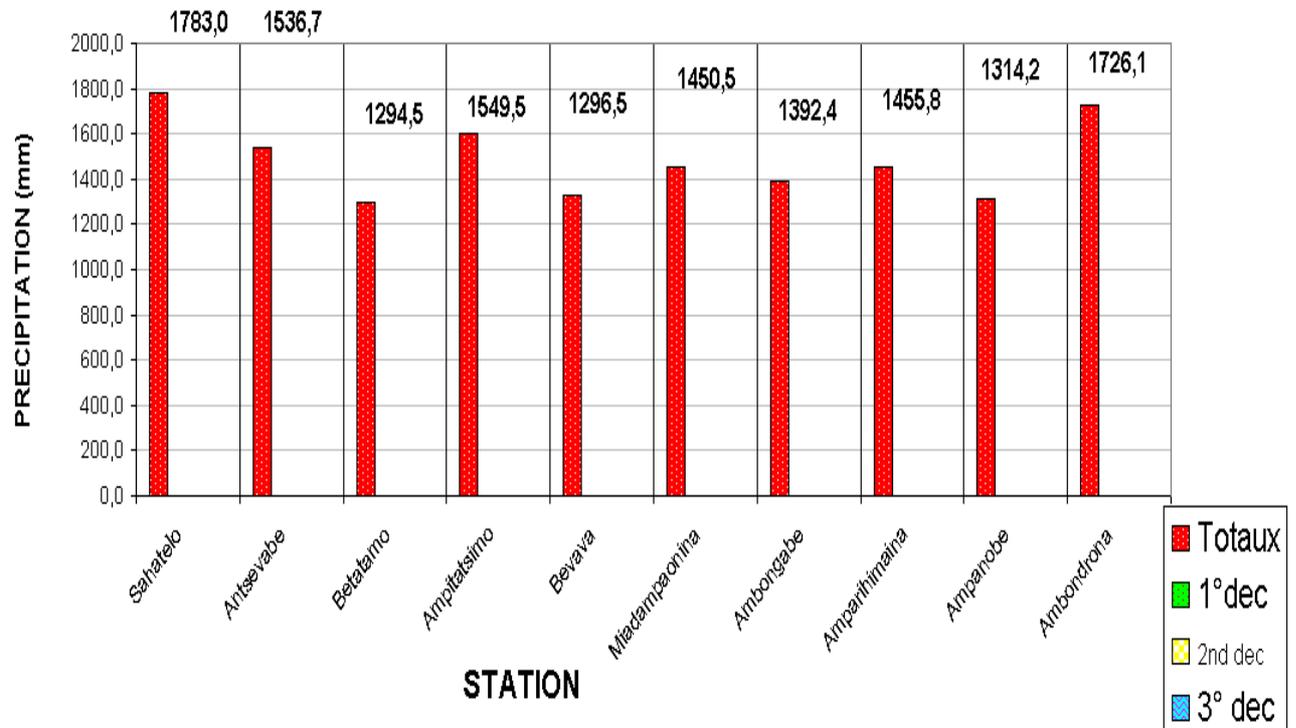
2004-2005

RECAPITULATION DES PRECIPITATIONS DECAIRES

	AVRIL				MAI				JUN			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	30	1	9,5	40,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Antsevabe	3	0	0	3	6	14	2,5	22,5	8,5	4	4,5	17
Betatamo	0	0	7	7	4	6	3,5	13,5	2	0	0	2
Ampitatsimo	2	0	0	2	0	37,5	0	37,5	0	0	0	0
Bevava	2	0	0	20,9	3,3	3,7	0	7	0,4	0	0,4	0,8
Miadampaonina	0	0	35,5	35,5	21	0,5	0	21,5	3,5	0	1	4,5
Ambongabe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amparihimaina	7,2	0	26,8	34	4,1	8,8	5	17,9	0	0	0	0
Ampanobe	1,8	0	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambondrona	0	0	6	6	0	1,3	0	1,3	15	0	0	15
	JUILLET				AOÛT				SEPTEMBRE			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	0	0	8	8	19,5	5	0,5	25	0	0	0	0
Antsevabe	11	32,5	7	50,5	20,7	0	0	20,7	0	0	0	0
Betatamo	0,5	5,5	0,5	6,5	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0
Ampitatsimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bevava	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miadampaonina	0,5	35,5	0	36	2,5	0,5	2,5	5,5	0	0	0	0
Ambongabe	1	1	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Amparihimaina	10,3	27,1	2	39,4	8,8	0	2	10,8	4	0	1,1	5,1
Ampanobe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambondrona	0	33,5	0	33,5	0	0	0	0	0	0	0	0

	TOTAUX
Sahatelo	1783
Antsevabe	1536,7
Betatamo	1294,5
Ampitatsimo	1601
Bevava	1325,8
Miadampaonina	1450,5
Ambongabe	1392,4
Amparihimaina	1455,8
Ampanobe	1314,2
Ambondrona	1726,1

REPRESENTATION GRAPHIQUE

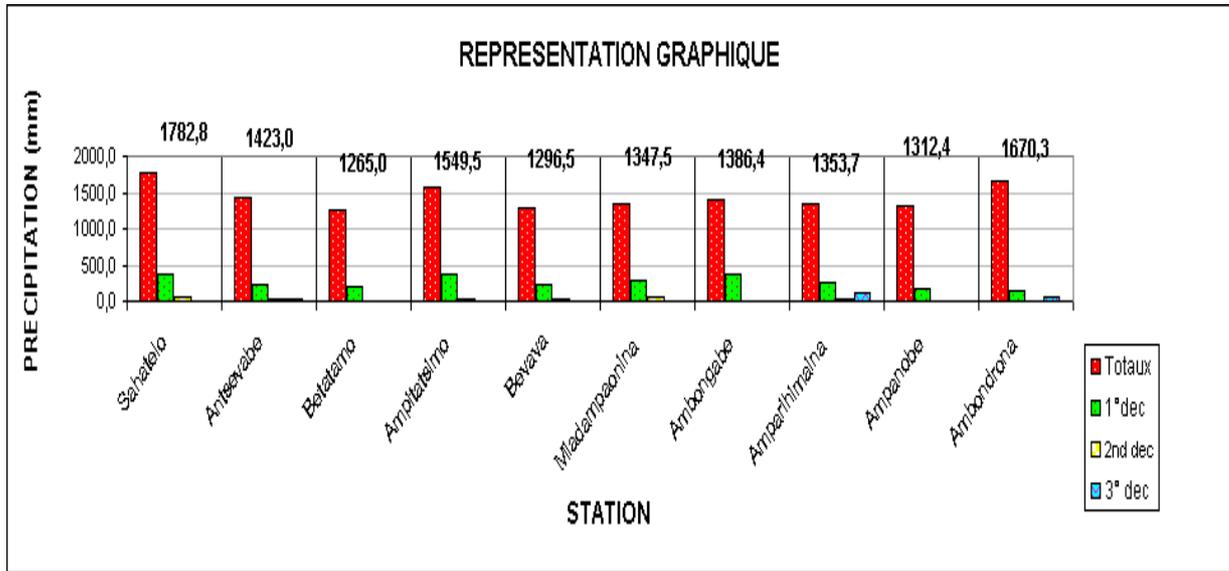


2004- 2005

RECAPITULATION DES PRECIPITATIONS DECAIRES

	OCTOBRE				NOVEMBRE				DÉCEMBRE			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	0	0	0	0	4	8	6	18	9,5	307,1	385,9	702,5
Antsevabe	0	1,5	0	1,5	1,5	3,5	7	12	2	299	300	601
Betatamo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270	175	445
Ampitatsimo	0	0	0	0	0	12	5,5	17,5	0	262	267,5	529,5
Bevava	0	0	0	0	0	7	0	7	0	252,3	250,5	502,8
Miadampaonina	0	0	0	0	0	0	6,5	6,5	0	197,5	250	447,5
Ambongabe	0	0	0	0	0	1,6	1,9	3,5	0	294,6	206,7	501,3
Amparihimaina	0	0	0	0	0	0	4,5	4,5	4,9	67,4	358,4	430,7
Ampanobe	0	0	0	0	0	0	51	51	34,3	199,1	302,5	535,9
Ambondrona	0	0	1,5	1,5	2,5	0	9	11,5	3	168,3	319,3	490,6
	JANVIER				FÉVRIER				MARS			
	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois	1er Décade	2nd Décade	3em Décade	TOTAL du mois
Sahatelo	95	8,3	69,5	172,8	156,5	99,5	199	455	363	59	12,5	434,5
Antsevabe	105,5	1,5	66	173	138	57,5	150	345,5	239	16,5	34,5	290
Betatamo	61	2	103	166	136,5	79	235	450,5	203,5	0	0	203,5
Ampitatsimo	65,5	1,5	38,5	105,5	142,5	73,5	261,5	477,5	382,5	37	12	431,5
Bevava	54	0	112,5	166,5	204,7	75,8	105,2	385,7	220	14,5	0,6	235,1
Miadampaonina	92	2,5	61	155,5	112,5	55	217,5	385	298,5	44,5	10	353
Ambongabe	52	0	101,7	153,7	173,6	27,5	148,8	349,9	360	13	5	378
Amparihimaina	100,9	7,8	28,5	137,2	203,3	63,5	126,8	393,6	243	40,7	104	387,7
Ampanobe	96,5	11	10,4	117,9	200,5	77	145	422,5	167,2	12,1	5,8	185,1
Ambondrona	99,3	0	47,8	147,1	332,7	130,6	357,8	821,1	142,5	9,5	46,5	198,5

	TOTAUX
Sahatelo	1782.8
Antsevabe	1423.0
Betatamo	1265.0
Ampitatsimo	1549.5
Bevava	1296.5
Miadampaonina	1347.5
Ambongabe	1386.4
Amparihimaina	1353.7
Ampanobe	1312.4
Ambondrona	1670.3

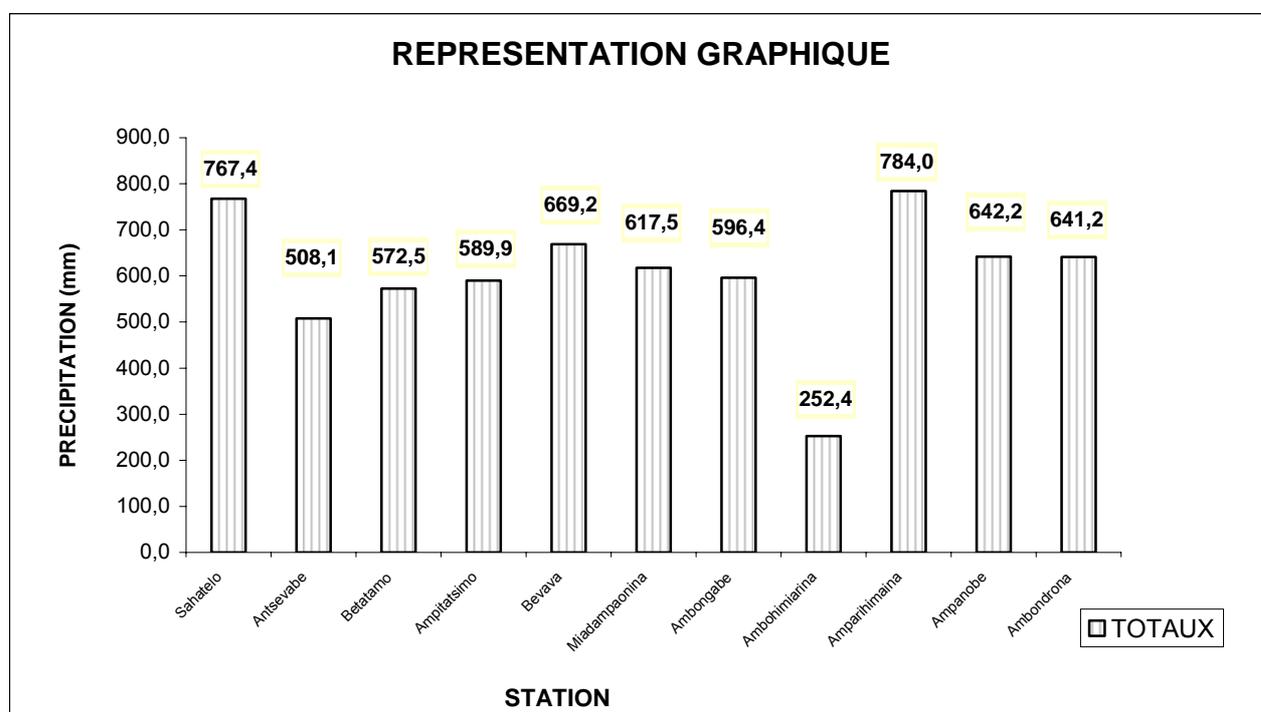


2005 - 2006

RECAPITULATION DES PRECIPITATIONS DECAIRES

STATION	AVRIL				MAI				JUIN			
	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois
Sahatelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antsevabe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betatamo	0	4	0,5	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampitatsimo	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Bevava	0	0	0	3,9	0	0	0	0	2,4	0,3	0	2,7
Miadampaonina	0,5	0	13	13,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambongabe	0	8,7	0	8,7	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambohimiarina	0	0	2,4	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Amparihimaina	2,5	6,5	0	9	0	0	0	0	3	0	1,5	4,5
Ampanobe	19	7	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambondrona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STATION	JUILLET				AOÛT				SEPTEMBRE			
	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois
Sahatelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antsevabe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betatamo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampitatsimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bevava	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miadampaonina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambongabe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambohimiarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amparihimaina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampanobe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambondrona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TOTAUX	OCT - MARS
767,4	767,4
508,1	508,1
572,5	568,0
589,9	589,4
669,2	662,6
617,5	604,0
596,4	587,7
252,4	250,0
784,0	770,5
642,2	616,2
641,2	641,2



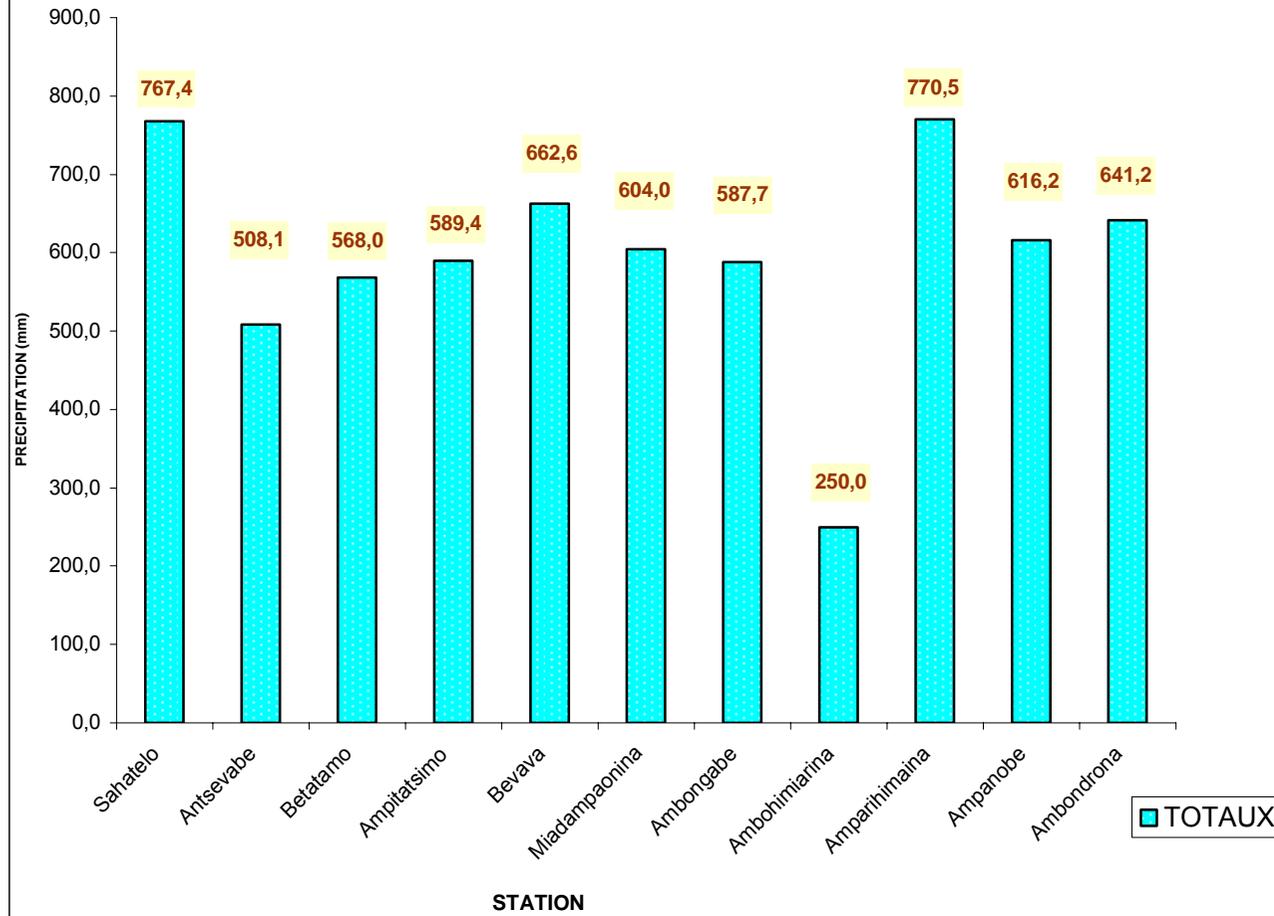
2005 - 2006

RECAPITULATION DES PRECIPITATIONS DECAIRES

STATION	OCTOBRE				NOVEMBRE				DÉCEMBRE			
	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois
Sahatelo	0	0	0	0	0	8	22	30	0	89	141	230
Antsevabe	0	0	0	0	0	1,5	15,5	17	0	33,5	101	134,5
Betatamo	0	0	0	0	0	0	7,5	7,5	0	101,5	113,5	215
Ampitatsimo	0	0	0	0	0	0	13,5	13,5	1	14,5	228,5	244
Bevava	0	0	0	0	0,3	0,6	42,8	43,7	6,5	160,5	123	290
Miadampaonina	0	0	0	0	0	4	52,5	56,5	0	60	122,5	182,5
Ambongabe	0	0	0,5	0,5	0	14	87	101	0,5	96,5	93	190
Ambohimiarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amparihimaina	0	0	0	0	0	6,6	12,8	19,4	8,1	203,8	180	391,9
Ampanobe	0	0	0	0	0	12,8	16,6	29,4	0	144	160,5	304,5
Ambondrona	0	0	0	0	0	58	25,6	83,6	0	50	277,1	327,1
STATION	JANVIER				FÉVRIER				MARS			
	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois	1er Deca	2nd Deca	3em Deca	TOTAL du mois
Sahatelo	32,5	28	187,5	248	26	70	36	132	88,9	38,5	0	127,4
Antsevabe	16	21,5	117	154,5	64,5	39	17	120,5	16,6	19,6	45,4	81,6
Betatamo	9	53	116,5	178,5	36	64	11	111	12,5	26,5	17	56
Ampitatsimo	11,5	27	83,5	122	58,5	43	12,5	114	71,4	1	23,5	95,9
Bevava	9,5	41,5	100,5	151,5	36,3	86,9	18,9	142,1	7,2	18,9	9,2	35,3
Miadampaonina	4,5	18	137	159,5	36,5	52	19,5	108	51,5	39	7	97,5
Ambongabe	10,5	25,5	91,5	127,5	21,5	47	11,5	80	33,5	40,4	14,8	88,7
Ambohimiarina	0	0	88,4	88,4	35,2	62	21,6	118,8	10	31,8	1	42,8
Amparihimaina	8,5	7,2	148	163,7	29,7	33	70,6	133,3	37,8	14,1	10,3	62,2
Ampanobe	28,5	0	80,8	109,3	49	37	52	138	20	15	0	35
Ambondrona	6,3	11,3	44,4	62	39,3	49,5	37,1	125,9	29,3	13,3	0	42,6

	TOTAUX
Sahatelo	767,4
Antsevabe	508,1
Betatamo	568
Ampitatsimo	589,4
Bevava	662,6
Miadampaonina	604
Ambongabe	587,7
Ambohimiarina	250
Amparihimaina	770,5
Ampanobe	616,2
Ambondrona	641,2

PRECIPITATIONS MENSUELLES



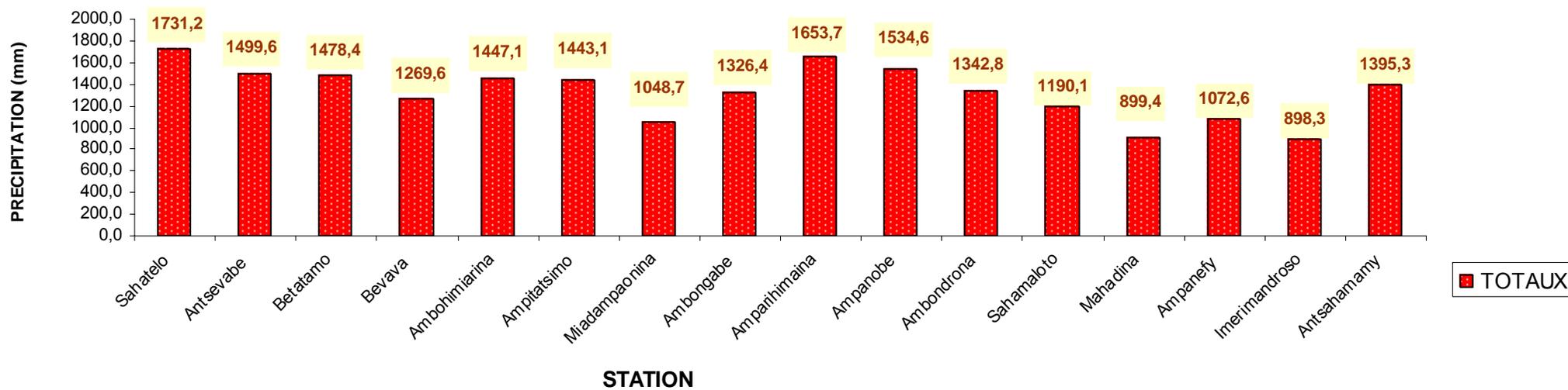
2006 - 2007

RECAPITULATION DES PRECIPITATIONS DECADEAIRES

STATION	AVRIL				MAI				JUIN			
	1er Decade	2nd Decade	3em Decade	TOTAL du mois	1er Decade	2nd Decade	3em Decade	TOTAL du mois	1er Decade	2nd Decade	3em Decade	TOTAL du mois
Sahatelo	94	11,1	0	105,1	4,5	11,5	20	36	7,5	9,5	20	37
Antsevabe	66,5	9	0	75,5	0	4	4,5	8,5	2	0	5,5	7,5
Betatamo	66	0	0	66	0	0	21	21	0	2	3,5	5,5
Bevava	45	0	0	45	0	12,1	0,3	12,4	0	0	0	0
Ambohimiarina	54,2	0	0	55	0,6	0	0	0,6	0	0	0	0
Ampitatsimo	57	8	0	65	0	6	9,5	15,5	0	1	0	1
Miadampaonina	58,4	4,5	0	62,9	8,5	0	0,9	9,4	0	0	0	0
Ambongabe	49	0	0	49	0,2	0	1,8	2	0	0	3	3
Amparihimaina	21,8	5,9	0,3	28	1,3	4,9	1,8	8	3,3	1,3	0	4,6
Ampanobe	16,8	0	0	16,8	0	3	20,7	23,7	0	0	0	0
Ambondrona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sahamaloto	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
Mahadina	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampanefy	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imerimandroso	18	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
Antsahamamy	18	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
STATION	JUILLET				AOÛT				SEPTEMBRE			
	1er Decade	2nd Decade	3em Decade	TOTAL du mois	1er Decade	2nd Decade	3em Decade	TOTAL du mois	1er Decade	2nd Decade	3em Decade	TOTAL du mois
Sahatelo	2,5	12	28	42,5	5,5	2,5	3	11	4	0	16	20
Antsevabe	0	2	28	30	5	0,5	1	6,5	9	9,6	0	18,6
Betatamo	0	1	10	11	0	0	16	16	0	0	0	0
Bevava	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambohimiarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampitatsimo	3,5	0	1	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Miadampaonina	7	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambongabe	0	0	11,5	11,5	0	0	0	0	0	5,5	0	5,5
Amparihimaina	0	0	0	0	0	0	1,3	1,3	1,3	7,8	0,8	9,9
Ampanobe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambondrona	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sahamaloto	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Mahadina	0	0	0	0	0	0	3	4,3	0	0	0	43
Ampanefy	0	0	0	9,3	0	3	4,3	0	0	0	43	0
Imerimandroso	0	0	9,3	9,3	3	4,3	0	7,3	0	43	0	43
Antsahamamy	0	0	9,3	9,3	3	4,3	0	7,3	0	43	0	43

STATION	OCT - MARS	TOTAUX
Sahatelo	1479,6	1731,2
Antsevabe	1353	1499,6
Betatamo	1358,9	1478,4
Bevava	1212,2	1269,6
Ambohimirina	1391,5	1447,1
Ampitatsimo	1357,1	1443,1
Miadampaonina	969,4	1048,7
Ambongabe	1255,4	1326,4
Amparihimaina	1601,9	1653,7
Ampanobe	1494,1	1534,6
Ambondrona	1342,8	1342,8
Sahamaloto	1169,1	1190,1
Mahadina	852,1	899,4
Ampanefy	1063,3	1072,6
Imerimandroso	820,7	898,3
Antsahamamy	1317,7	1395,3

PLUVIOMETRIE 2006-2007

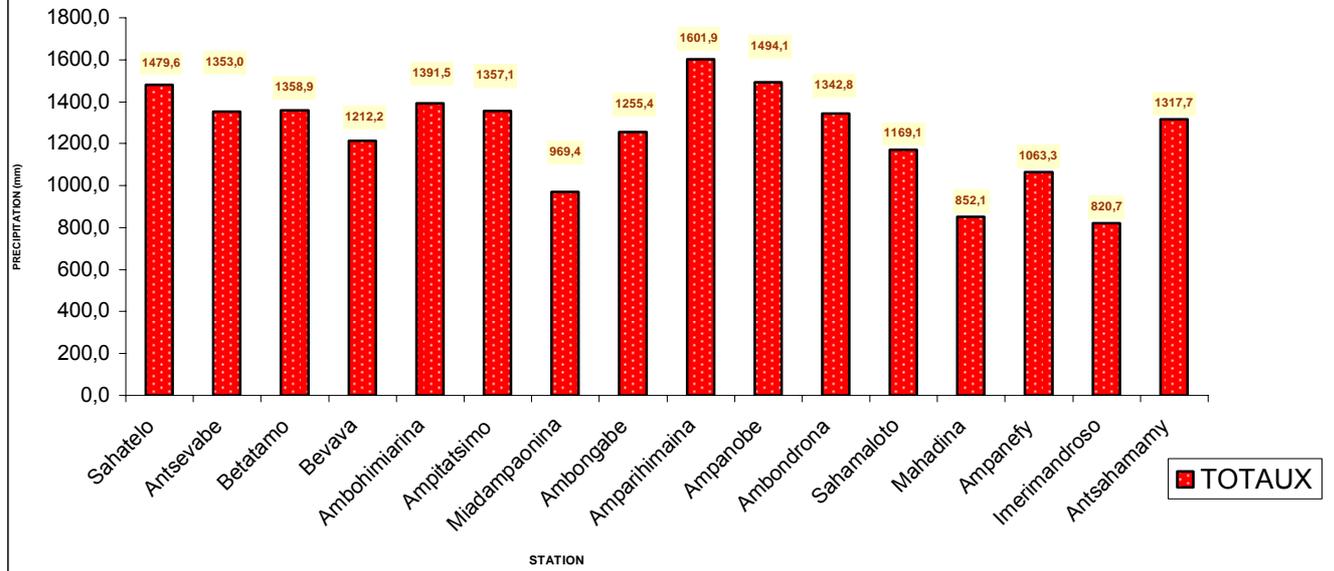


2006-2007 RECAPITULATION DECADEAIRE

STATION	OCTOBRE				NOVEMBRE				DÉCEMBRE			
	1 ^{er} Deca	2 nd Deca	3 ^{em} Deca	TOTAL du mois	1 ^{er} Deca	2 nd Deca	3 ^{em} Deca	TOTAL du mois	1 ^{er} Deca	2 nd Deca	3 ^{em} Deca	TOTAL du mois
Sahatelo	6,5	1,5	1,0	9,0	0,0	27,5	105,5	133,0	66,5	3,0	78,8	148,3
Antsevabe	2,0	0,5	0,0	2,5	0,0	21,0	88,5	109,5	101,5	1,5	48,5	151,5
Betatamo	0,0	0,0	10,0	10,0	0,0	29,0	165,0	194,0	9,0	2,0	42,0	53,0
Bevava	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	175,5	195,0	23,0	1,5	41,0	65,5
Ambohimiarina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	17,0	109,2	126,8	15,2	0,6	45,4	61,2
Ampitatsimo	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	68,0	73,1	150,1	26,0	0,5	75,0	101,5
Miadampaonina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	75,0	81,0	53,8	0,5	31,0	85,3
Ambongabe	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	27,5	118,5	147,0	34,0	0,0	45,0	79,0
Amparihimaina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5	44,1	82,6	41,0	0,0	86,6	127,6
Ampanobe	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	59,8	134,7	209,6	51,3	0,0	103,8	155,1
Ambondrona	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0	167,8	210,8	0,0	10,5	101,0	111,5
Sahamaloto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,1	134,4	186,5	18,4	0,0	87,4	105,8
Mahadina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ampanefy	0,0	194,5	64,5	0,0	0,0	52,1	0,0	0,0	0,0	52,1	134,4	186,5
Imerimandroso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	1,0	68,6	74,6
Antsahamamy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	4,8	49,7	67,5

STATION	JANVIER				FÉVRIER				MARS			
	1 ^{er} Deca	2 nd Deca	3 ^{em} Deca	TOTAL du mois	1 ^{er} Deca	2 nd Deca	3 ^{em} Deca	TOTAL du mois	1 ^{er} Deca	2 nd Deca	3 ^{em} Deca	TOTAL du mois
Sahatelo	128,3	241,0	136,5	505,8	201,5	101,0	56,5	359,0	7,0	294,5	23,0	324,5
Antsevabe	102,0	241,0	159,5	502,5	133,0	55,5	99,0	287,5	12,5	271,5	15,5	299,5
Betatamo	101,0	204,6	164,1	469,7	167,5	209,6	72,1	449,2	0,0	183,0	0,0	183,0
Bevava	109,5	157,5	157,5	424,5	104,9	112,3	86,5	303,7	0,3	216,8	6,4	223,5
Ambohimiarina	174,0	232,6	168,0	574,6	200,8	68,2	96,2	365,2	22,9	239,6	1,2	263,7
Ampitatsimo	182,0	146,0	162,0	490,0	173,5	88,5	162,0	424,0	1,5	177,0	13,0	191,5
Miadampaonina	118,3	111,3	64,1	293,7	170,4	46,0	123,8	340,2	0,0	165,2	4,0	169,2
Ambongabe	162,5	174,0	151,0	487,5	127,4	51,2	109,8	288,4	0,0	237,0	16,5	253,5
Amparihimaina	152,3	152,9	324,9	630,1	237,4	164,9	64,6	466,9	57,8	231,8	5,1	294,7
Ampanobe	134,2	113,1	320,1	567,4	173,3	66,0	49,6	288,9	39,0	224,1	10,0	273,1
Ambondrona	176,4	101,3	218,0	495,7	124,4	115,6	32,0	272,0	0,0	203,5	49,3	252,8
Sahamaloto	146,8	146,6	193,2	486,6	60,8	153,8	21,9	236,5	0,0	139,0	14,7	153,7
Mahadina	71,3	114,5	167,0	352,8	96,4	122,6	21,3	240,3	0,0	194,5	64,5	259,0
Ampanefy	146,8	146,6	193,2	486,6	60,8	153,8	21,9	236,5	0,0	139,0	14,7	153,7
Imerimandroso	49,7	111,5	149,4	310,6	75,6	81,1	45,0	201,7	9,0	221,0	3,8	233,8
Antsahamamy	64,1	222,1	160,1	446,3	324,8	179,0	0,0	503,8	6,0	291,5	2,6	300,1

PRECIPITATIONS MENSUELLES

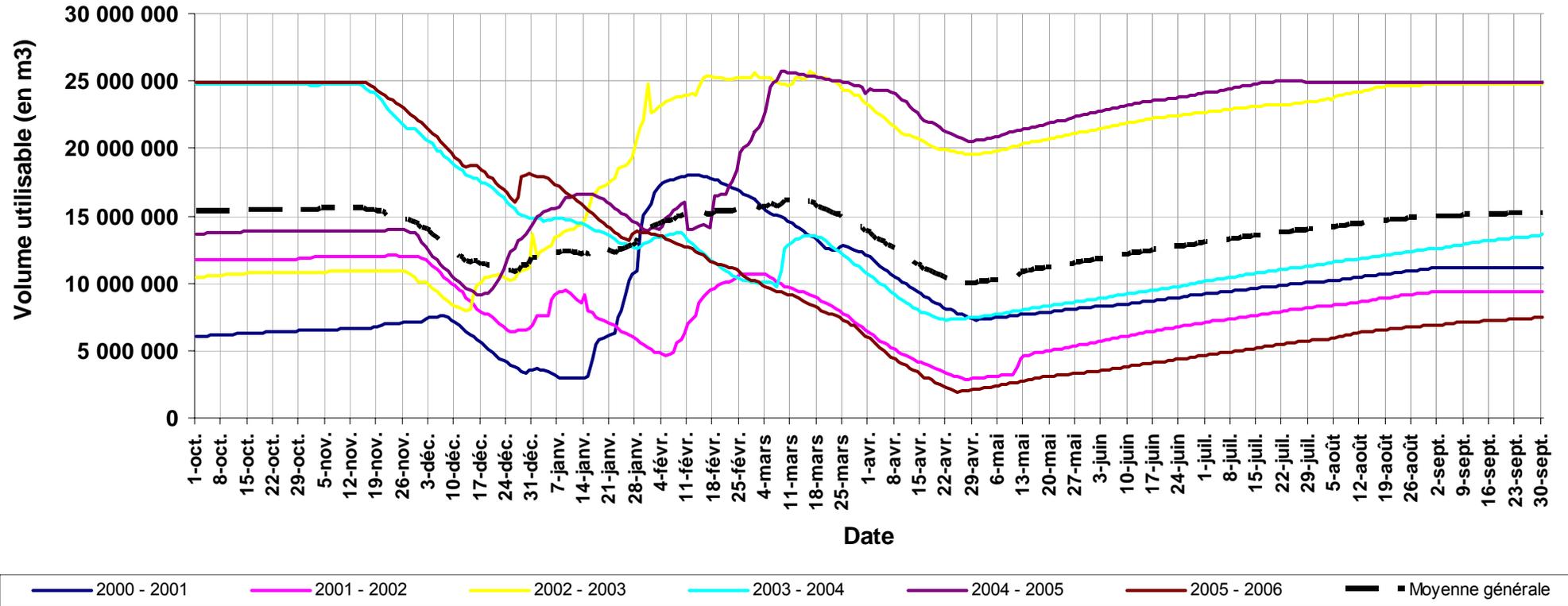


ANNEXE 3:

INVENTAIRE SIMPLIFIEE DE JAUGEAGES: RIV MANINGORY-STATION ANDROMBA (annee80°)				
N°	DATE	Q (m3/s)		
21	24/01/1980	50		
22	28/02/1981	0,663		
23	05/04/1981	32		
24	09/09/1981	7,23		
25	20/11/1981	1,35		
26	07/01/1982	37,3		
27	26/02/1982	258		
28	03/03/1982	235		
29	08/05/1982	201		
30	10/07/1982	69,8		
31	17/08/1982	36,9		
32	15/09/1982	27,4		
33	27/11/1982	27,4		
34	18/01/1983	26,7		
35	04/03/1983	118		
36	20/04/1983	87,5		
37	11/06/1983	51,9		
38	10/08/1983	34,4		
39	22/10/1983	19,1		
40	18/01/1984	238		
41	21/02/1984	272		
42	14/03/1984	310		
43	21/03/1984	286		

44	30/04/1984		315		
45	05/06/1984		203		
46	26/06/1984		141		
47	28/07/1984		101		
48	26/08/1984		68,8		
49	10/10/1984		39,1		
50	27/11/1984		41,7		
51	05/12/1984		45,1		
52	05/01/1985		49,3		
53	05/02/1985		54,3		
54	15/03/1985		200		
55	02/08/1985		49		
56	07/08/1985		46		
57	25/09/1985		25,4		
58	30/09/1985		21,6		
59	11/11/1985		12,9		
60	21/11/1985		5,96		
61	09/12/1985		9,5		
62	23/01/1986		112		
63	09/02/1986		114		
64	14/04/1986		200		
65	03/05/1986		153		
66	01/06/1986		122		
67	08/07/1986		62,4		

VARIATION DU VOLUME D'EAU UTILISABLE DANS LA RETENUE DE BEVAVA DE 2000 AU 2006



ANNEXE 5 :

Facture PROFORMA :

DESIGNATION	UNITES	ESPECE D'UNITES (Ariary)	MONTANT (Ariary)
Tarière	3jours	25.000	75.000
Technicien (3)	3 jours	75.000	225.000

TOTAL: **300.000Ar**

Arrêté la présente proforma à la somme de Ariary trois cent mille.