

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

INTRODUCTION

Chapitre I : PRESENTATION DU CADRE DU STAGE ET RAPPELS THEORIQUES DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

I.1 - LE CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT (CNRE)

I.2- RAPPELS THEORIQUES GESTIONS DES RESSOURCES EN EAUX

I.3- PROBLEMES DE GESTIONS DES RESSOURCES EN EAUX

Chapitre II : CONTEXTE GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

II.1- Contexte géographique du Lac ANDRAIKIBA

II.2- Morphologie de la de ZONE D'ETUDE

II.3- Géologie du Lac

II.4- Contexte climatique

Chapitre III : ACQUISITION ET INTERPRETATION DES DONNEES

III.1 - PRESENTATION DES MATERIELS UTILISES

III.2- Technique d'acquisition des données

III.2.1- Données Topographiques

III.3- Calculs, traitements et interprétations des données

III.4- Discussion et recommandations

CONCLUSION GENERALE

ANNEXES

GLOSSAIRE

Bassin versant : le bassin versant qui peut être considéré comme un "système" est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire.

Débit : volume d'eau qui s'écoule par unité de temps dans un cours d'eau.

vapotranspiration : c'est la quantité d'eau produite par les plantes et par la surface du sol qu'elles couvrent.

Hauteur d'eau

Cote du niveau d'eau à un instant donné et en un point donné ; la hauteur d'eau est mesurée à partir d'une référence verticale, positivement vers le haut.

Temps GPS

Echelle de temps continue basée sur le temps universel coordonné (Coordinated Universal Time, UTC) dont l'origine est le 6 janvier 1980.

Bathymétrie

Une technique qui consiste principalement à représenter topographiquement le relief des fonds des milieux fluviaux, lacustre, etc....

Bilan hydrique ou bilan hydrologique

Simple opérations comptables qui visent tous les deux à établir le budget entre les entrées et les sorties en eau d'une unité hydrologique définie pendant une période de temps donné.

Drainé/ Drainage

Phénomène naturel et structuré de collecte et transport jusqu'à un exutoire des eaux d'un hydrosystème, plus particulièrement des eaux de surface dans un bassin hydrographique.

Lac

Masse d'eau accumulée de manière naturelle dans des dépressions de terrain à l'intérieur des continents.

Précipitations

Du point de vue hydrologique les précipitations sont les apports d'eau parvenant au sol sous forme liquide (pluie ou rosée) ou solide (neige ou grêle) en provenance directe ou indirecte de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. Elles constituent l'unique alimentation de la partie terrestre du cycle de l'eau.



LISTE DES FIGURES

Figure n° 1: Schéma du cycle hydrologique	7
Figure n° 2: Cadre institutionnel de la GIRE	12
Figure n° 3: Evolution des abonnés	16
Figure n° 4: Evolution des ventes	17
Figure n° 5: Carte de localisation régionale du lac d'Andraikiba	19
Figure n° 6: Représentation de la région du Vakinankaratra	21
Figure n° 7: Représentation du lac ANDRAIKIBA.....	22
Figure n° 8: Carte d'occupation du sol sur le bassin versant d'Andraikiba.....	24
Figure n° 9: Carte représentant la géologie du lac Andraikiba	26
Figure n° 10: Graphe montrant la pluviométrie du lac Andraikiba.....	30
Figure n° 11: Organigramme du processus de travail de levé topographique	36
Figure n° 12: Schéma du théodolite	37
Figure n° 13: Schéma montrant la mire de nivellement.....	38
Figure n° 14: Schéma représentatif du décamètre.....	38
Figure n° 15: Schéma d'un Global Positionning Système (GPS)	39
Figure n° 16: Photo d'un escodeur manuelle M430.....	40
Figure n° 17: Températures maximales et minimales pour les années 2011 à 2012.	44
Figure n° 18: Contours du lac ANDRAIKIBA à l'aide du ARCGIS.....	52
Figure n° 19: Pluie mensuel pour l'année 2013	64
Figure n° 20: Courbe bathimétrique du lac ANDRAIKIBA de type mamellon.	66
Figure n° 21: Schéma du LAC ANDRAIKIBA en 3D	67
Figure n° 22: Profondeur du Lac à l'aide de logiciel Surfer 11	68
Figure n° 23: Schéma montrant le profil topographique suivant AB.....	69
Figure n° 24: Schéma montrant le profil topographique suivant CD.....	70
Figure n° 25: Schéma montrant la relation surface-hauteur.....	72
Figure n° 26: Schéma montrant le calcul de volume du lac.....	73
Figure n° 27: Schéma montrant la relation entre V et hauteur H.....	74
Figure n° 28: Schéma montrant la Courbe de capacité	76

Figure A. 1: Organigramme du CNRE..... I
Figure A. 2: Graphe montrant l'évolution de l'évapotranspiration en 2009 II
Figure A. 3: Graphe montrant l'évolution de l'évapotranspiration en 2013 III
Figure A. 4: Courbe bathymetrie autour du lac a l'aide d'un logiciel arcGIS 10.2IV

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1: Representant le personnel du CNRE	6
Tableau n° 2: Consommation en eau des lavoirs et bornes fontaines	15
Tableau n° 3: Evolution des abonnés de la JIRAMA.....	16
Tableau n° 4: Evolution des ventes (m ³ /An)	17
Tableau n° 5: Caracteristiques topographiques du lac d'Andraikiba.....	22
Tableau n° 6: Caractéristique du sol sur le Bassin Versant du lac d'andraikiba.....	23
Tableau n° 7: Occupation du sol sur le BV	23
Tableau n° 8: Données pluviométrique du Bassin Versant du lac d'Andraikiba.....	30
Tableau n° 9: Nombre de population dans le fokontany Andraikiba	31
Tableau n° 10: Densité de la population d'Antsirabe en 2014.....	33
Tableau n° 11: Résultat d'une ETP annuel en millimètre (mm) année 2013.....	43
Tableau n° 12: Pluie annuelle pendant 5Ans depuis 2009-2013 pluie mensuelle (mm).....	43
Tableau n° 13: Température maximal(Tmax), Température minimal(Tmin) pendant 2ans....	43
Tableau n° 14: Représentation des données topographique autour du lac.....	45
Tableau n° 15: Représentation des données bathymétriques autour du Lac	53
Tableau n° 16: Récapitulatif de calcul de surface	71
Tableau n° 17: Récapitulatif de calcul de Volume et Hauteur	73
Tableau n° 18: Récapitulatif de calcul de Volume.....	75
Tableau n° 19: Valeur de l'évapotranspiration annuelle (mm).....	I
Tableau n° 20: Valeur de l'évapotranspiration annuelle en2009 (mm)	II
Tableau n° 21: Valeur de l'évapotranspiration annuelle en 2013 (mm)	II

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

AEP : Adduction d'Eau Potable

SIG : Système d'Informatique Géographique

T : Température

P : Précipitation

FTM : Foiben-Taotsarintanin'iMadagasikara

ANDEA : Autorité Nationale De l'Eau et de l'Assainissement

DIR : Direction Interrégional

BD : Base de données

BV : Bassin Versant

ESPA : Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo

ETP : Evapotranspiration

FKT : Fokontany

JIRAMA : JIro sy RAno MAlagasy

MNT : Modèle Numérique du Terrain

NGM : Nivellement Général de Madagascar

SIG : Système d'Information Géographique

GIRE :Gestion Integree des Ressource en Eau

INTRODUCTION

Dans le cadre de la vision Madagascar Naturellement, pour la mise en œuvre de la protection de site naturel, la Commune Urbaine d'Antsirabe a mis en place une stratégie de gestion pour mettre en œuvre son Plan Communal de Développement. La protection du bassin versant du Lac d'Andraikiba fait partie du programme de la Commune Urbaine d'Antsirabe suivi par le ministère de l'eau et le Centre National de Recherche sur l'Environnement (CNRE).

Le Lac d'Andraikiba assure une majeure partie de l'alimentation en eau de la Commune Urbaine d'Antsirabe I avec une réserve en eau d'environ 2,8 millions de mètres cubes et un débit de 500 m³/h pour assurer la consommation en eau de la Ville. Actuellement, le problème est que l'alimentation en eau de la ville n'arrive plus à satisfaire les besoins de la population.

Pour notre étude, le but est d'analyser l'état hydrique du lac d'Andraikiba en tant que source en eau de la ville d'Antsirabe et afin d'en apporter des mesures de conservation et de protection. C'est donc selon de nouveaux paradigmes qu'il faudra apprendre à mieux gérer l'utilisation des ressources en eau. Une partie de l'étude abordera la gestion de l'eau de manière plus intégrée au lieu de le faire par secteurs d'activité puis on parlera de gestion durable des ressources en eau, c'est-à-dire qui concilie à la fois les besoins de l'homme et ceux de la nature. L'autre partie abordera le thème sur le fait d'abandonner progressivement les modèles de gestion centralisée pour aller vers une participation accrue des collectivités.

Il s'agit là de changements très profonds, discutés largement à l'échelle internationale et qui semblent maintenant faire consensus, du moins en termes théoriques. Comment appliquer ces nouvelles approches à la gestion par bassin, de manière concrète et à la portée de ceux qui, dans le quotidien, ont à prendre des décisions, tel est le propos de ce manuel. Il faut d'emblée rappeler qu'il n'existe pas d'approche unique qui puisse convenir à tous les cas de figure. Bien au contraire, c'est dans la diversité des expériences et dans leur partage, en premier lieu à l'échelle du bassin mais aussi plus largement, que des solutions pourront émerger.

Pour ce faire, nous allons suivre le plan suivant : Premièrement, nous allons définir les problèmes de la Commune Urbaine d'Antsirabe et un aperçu théorique de la méthode d'études hydrologiques.

La seconde partie de notre travail sera consacrée à l'étude hydrologique et topographique du bassin versant d'Andraikiba, et pour étudier l'état du profondeur du lac en utilisant la bathymétrie pour la modélisation Topographie.

Enfin, la troisième partie se concentre sur l'application de notre méthodologie et la modélisation de la topographie pour le cas d'Andraikiba. Et pour compléter notre étude, nous allons ajouter quelques discussions et recommandations.

OBJECTIFS

Comme il s'agit d'une étude hydrologique du lac ANDRAIKIBA, l'objectif global de notre travail est de proposer une nouvelle technique d'interprétation des données topographiques et des données hydrauliques en se focalisant sur la commune Antsirabe 1. Cette technique est basée sur l'étude de bathymétrie autour du Lac pour connaître la profondeur, de plus pour faire le calcul du contour et enfin de faire gérer l'eau à l'aide d'une GIRE.

Les objectifs spécifiques consistent à proposer une meilleure exploitation des bases de données, proposer une technique de donnée topographique plus fiable et des calculs de contour adaptés en temps réel, localiser et faire connaître la hauteur, la surface et la profondeur exploitable dans la zone d'étude, et aussi de mieux comprendre le fonctionnement hydrologique sur le Lac.

Chapitre I : PRESENTATION DU CADRE DU STAGE ET RAPPELS THEORIQUES DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

Cette partie va nous présenter quelques informations sur le lieu de stage et nous exposer les rappels théoriques.

I.1 - LE CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT (CNRE)

Le Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE) a été créé en 1988, dans le cadre de la mise œuvre de la Stratégie Nationale de conservation de la nature au service du développement par Décret N° 88-183 de la 03/05/88 portant création et organisation du CNRE. Il était placé sous la tutelle technique du Ministre chargé de la Recherche Scientifique et Technologique et sous la tutelle financière du Ministre chargé des Finances. Ce Centre est un établissement public à caractère scientifique, technique et économique doté de la personnalité juridique jouissant de l'autonomie de gestion administrative et financière. Deux modifications ont été apportées depuis, Décret N° 92- 472 du 22/08/92 et Décret 93- 747 du 02/11/93 modifiant certaines dispositions du Décret 88- 183 du 03/05/88, pour une meilleure adaptation des activités du Centre aux contextes de certaines époques de l'évolution du pays.

I.1.1 - Missions

En tant qu'Organisme rattaché auprès du Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche Scientifique, le CNRE doit :

- être un support efficace aux activités de formation et de recherche des universités publiques et privées de Madagascar ;
- être en phase avec les grands objectifs du pays en matière de recherche à travers ses orientations prioritaires : élaborer, évaluer et effectuer tous programmes nationaux et internationaux de recherche dans le domaine de l'environnement ;
- promouvoir la valorisation et l'application des résultats de recherche sur l'environnement pour un développement écologiquement durable. Tout cela doit pertinemment renforcer les engagements et les défis inscrits dans la politique sectorielle du Ministère chargé de la Recherche
- développer des recherches axées sur le développement reconnues par la communauté scientifique.

- développer des activités contractuelles, nécessaires au financement des laboratoires, qui soulignent la pertinence et l'utilité des recherches appliquées menées.

Le CNRE possède une large expérience en matière d'Etude d'Impact Environnemental en particulier pour les projets d'aménagement industriel et de développement rural (exploitation minière, forestière) et pour le secteur des Transports.

I.1.2 – Domaines d'intervention

Les activités du CNRE sont organisées en programmes de recherches regroupés dans les domaines de :

- ✓ écologie
- ✓ agronomie
- ✓ chimie
- ✓ pollutions
- ✓ biochimie
- ✓ économie et droit de l'environnement
- ✓ santé
- ✓ nutrition
- ✓ sciences marines
- ✓ hydrologie
- ✓ système information Géographique

I.1.3 – Programmes prioritaires

Les activités du Centre visent principalement :

- l'amélioration du cadre de vie de la population
- la valorisation et la gestion des ressources naturelles
- la connaissance et la gestion durable des milieux, en particulier les systèmes aquatiques
- l'appui aux programmes de développement régional intégré
- les études économiques, sociales et culturelles de la gestion de l'environnement
- la mise en place de systèmes d'informations pour la gestion et le suivi de l'environnement.

I.1.4 – Organigramme (Voir ANNEXE1)

I.1.5 – Personnel

Les tableaux ci-dessous décrivent le personnel du CNRE au 1er janvier 2011.

L'effectif global est le suivant:

- 44 chercheurs dont 03 au grade de Docteur d'Etat et 13 au grade de Docteur
- 09 doctorants
- 11 personnels d'appui

auxquels s'ajoute une quinzaine de stagiaires par année.

La création d'une véritable pépinière d'équipes animées par de jeunes chercheurs contribue à pérenniser l'excellence de la recherche menée au CNRE. Leur collaboration avec des chercheurs confirmés est, de part et d'autre, un facteur d'émulation et d'innovation.

Tableau n° 1: Représentant le personnel du CNRE

EFFECTIF	
Service administratif et financier :	
Fonctionnaire paye par le Budget général de l'état.	09
Fonctionnaire paye par l'établissement	27
TOTAL	36
Recherche :	
Fonctionnaire paye par le Budget général de l'état.	41
Fonctionnaire paye par l'établissement	04
TOTAL	45
GRAND TOTAL	81

I.2- RAPPELS THEORIQUES GESTIONS DES RESSOURCES EN EAUX

I.2.1- ETUDES HYDRIQUES selon THORNTHWAITE

- Schéma générale du cycle hydrologique

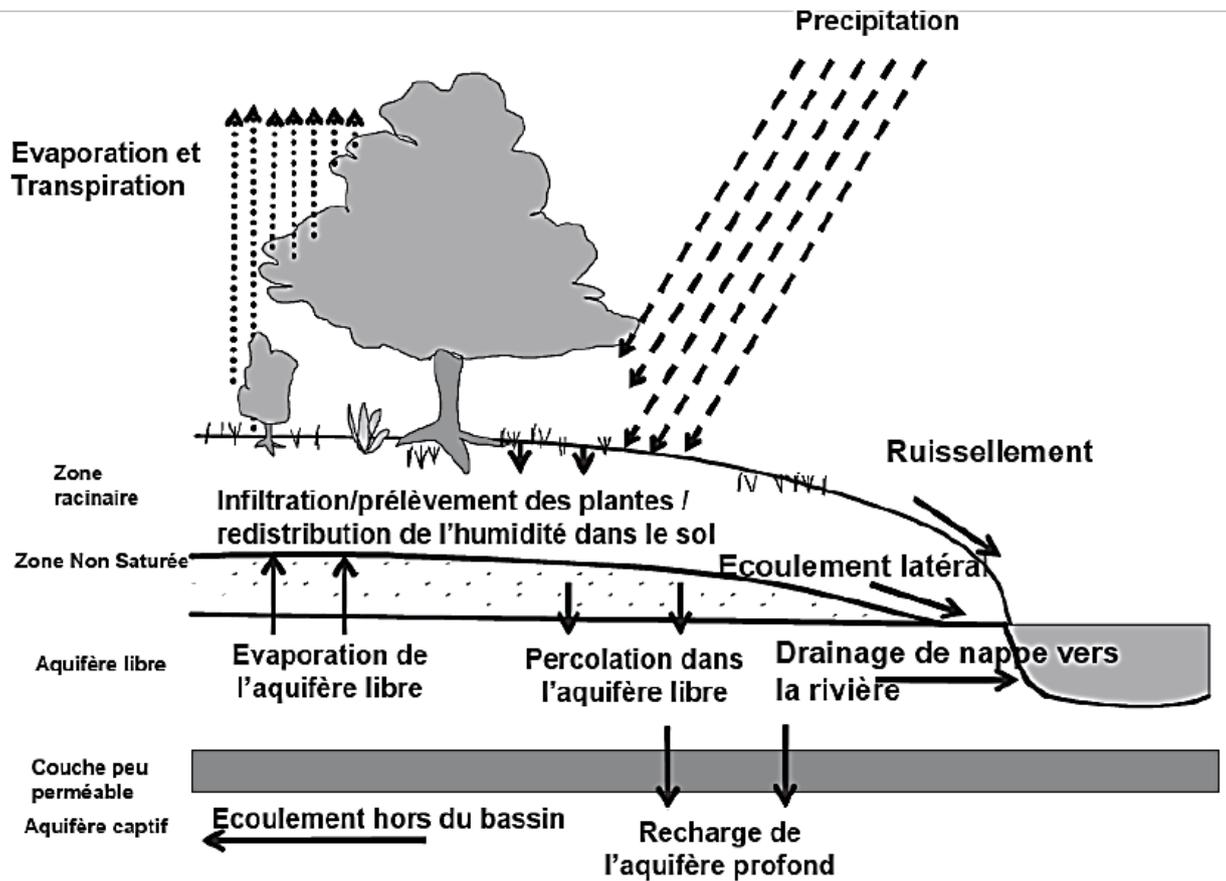


Figure n° 1: Schéma du cycle hydrologique

- Le soleil et l'atmosphère

Le soleil et l'atmosphère qui sont le moteur de l'évaporation et de l'évapotranspiration du cycle de l'eau.

- Evaporation

L'eau atmosphérique devrait ressembler à de l'eau distillée, mais elle contient des gaz dissous (diazote, dioxygène et CO₂), des dérivés de l'azote (provenant des réactions produites par des décharges électriques dans l'atmosphère, (principalement des oxydes d'azote NO_x) et des polluants divers gazeux, provenant de foyers de combustions industrielles ou domestiques, minéraux, pouvant être naturels (poussières du sol), artificiels (feu de brousse), et organiques dans la région du Vakinankaratra.

▪ **Précipitation**

La pluie annuelle dans le district d'Antsirabe I est 1330,6 mm de mois Novembre à Mars ; saison d'été. Une partie de l'eau de pluie s'écoule à la surface du sol et forme des ruisseaux, qui alimentent directement le lac de cratère. Par conséquent, la végétation responsable de la précipitation, joue un rôle primordial dans le coté traitement. Elle assure le rôle d'un filtre. Elle participe également à la purification de l'eau, en absorbant par leurs racines les substances nutritives contenues dans le sol et dissoutes dans l'eau.

▪ **Bilan hydrologique**

Un modèle original basé sur le principe de THORNTHWAITE a été utilisé pour un bilan hydrologique. Cette méthode tient compte de l'évapotranspiration que subit la nappe souterraine lorsque les réserves du sol sont épuisées pendant la saison sèche. Il tient également en compte d'autres paramètres.

Les principaux paramètres utilisés dans le calcul de ce bilan sont ainsi définis :

- ✓ ETR : Evapotranspiration réelle qui est la quantité d'eau perdue par une végétation en condition réelle, c'est-à-dire en condition physiologique et approvisionnement en eau variable,
- ✓ La reconstitution de l'humidité de la zone d'échange,
- ✓ L'infiltration qui traverse la zone de transfert pour atteindre la nappe,
- ✓ Le ruissellement de surface qui est la partie de la pluie qui s'écoule gravitairement à la surface du sol suivant la pente du terrain naturel.

▪ **Evapotranspiration**

L'évaporation est la partie de la pluie qui revient directement dans l'atmosphère. L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau perdue par une végétation en phase de croissance recouvrant totalement un sol assurant une alimentation hydrique optimale. L'ETP dépend surtout du climat et peut être considéré comme une grandeur climatique déterminée par l'énergie de radiation disponible pour la vaporisation de l'eau et la vitesse de transfert de la vapeur de la surface évaporant dans l'atmosphère.

Il y a diverses formules qui permettent d'estimer l'ETP

▪ **Expression du bilan**

L'équation du bilan hydrologique est donnée par la formule :

$$P = ETR + R + I \quad (1)$$

Avec :

P : pluviométrie de la période considérée

ETR : évapotranspiration réelle

R : ruissellement

I : infiltration

I.2.2- Méthode de calcul et résultat

▪ **Déficit cumulé**

Le premier déficit cumulé est égal au $P - ETP$ négatif et le second déficit cumulé est égal au déficit précédant plus $P - ETP$ du mois considéré et ainsi de suite jusqu'au dernier mois déficitaire.

Si $(P - ETP) > 0$: il n'y a pas de déficit

▪ **Stock**

✓ Si $(P - ETP) > 0$ le stock est pris égal à 100mm

✓ Si $(P - ETP) < 0$, le stock est obtenu en fonction du déficit cumulé.

Lorsque $(P - ETP)$ redevient positif après une série négative, on ramène le stock à 100 mm, en faisant la somme du $(P - ETP)$ du mois et le stock précédent.

▪ **Variation du stock DS**

DS = Stock du mois – Stock précédent

▪ **Evapotranspiration réelle ETR**

✓ Si $DS \geq 0$ et $(P - ETP) > 0$ alors $ETR = ETP$

✓ Si $DS < 0$ et $(P - ETP) < 0$ alors $ETR = P + DS$

▪ **Surplus (Excédent)**

✓ Si $(P - ETP) > 0$ alors on a un excédent

✓ Si $(P - ETP) < 0$, il n'y a pas de surplus

Après une série de $(P - ETP) < 0$, le surplus va d'abord ramener le stock à 100 mm et on a $(P - ETP) +$ dernier stock. Ensuite, si $(P - ETP)$ est suffisant et apporte une valeur supérieure à 100mm, le complément de 100mm est égal au surplus.

▪ **Formule de THORNTHWAITE:**

$$ETP(\text{mm}) = 16 \times \left(10 \times \frac{t}{I}\right)^a \quad (2)$$

Avec

t : température moyenne mesurée sous abri au cours de la période considérée

I : indice thermique annuel

$$I = \sum_1^{12} \left(\frac{t_i}{5}\right)^{1,514} \quad (3)$$

et

$$a = 6.75 * 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.49 \quad (4)$$

1.2.3- GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU

L'approche de la GIRE, formulée pour la première fois lors de la Conférence Internationale sur l'Eau et le Développement à Dublin en 1992 (cf. Principes de Dublin) exige, sur le plan de la politique de l'action et de la gouvernance, de nouvelles coopérations et des adaptations institutionnelles.

La gestion intégrée des ressources en eau est un programme adopté dans le monde entier comme solution aux problèmes liés à cette ressource. La GIRE tient compte des intérêts de protection et d'exploitation, de toutes les contraintes existantes, ainsi que des principaux aspects politiques, juridiques, administratifs, économiques, environnementaux, sociaux et culturels.

▪ **GESTION DES RESSOURCES EN EAU**

La gestion des ressources en eau a les mêmes objectifs que la GIRE, mais sur une dimension plus restreinte. Elle se résume à mettre en place des projets pour exploiter au mieux cette ressource, ceci à travers la réalisation d'infrastructures de gestion de l'eau.

▪ **ORGANISME DE GESTION DE L'EAU**

Le secteur de l'eau et de l'assainissement se révèle difficile à cerner. L'eau et son usage constituent en effet l'affaire de tous. Afin de gérer la ressource en eau l'Etat a déjà promulgué le

code de l'eau, mais plus de dix ans après, la mise en place du nouveau cadre institutionnel s'avère loin d'être achevée.

Les deux principaux organismes au rôle prépondérant dans le développement du secteur ne sont pas encore opérationnels ; il s'agit, d'une part, de l'ANDEA et d'autre part de l'organisme de régulation (SOREA).

L'ANDEA a pour rôle de :

- Gérer de façon intégrée les ressources en eau.
- Gérer les conflits d'utilisation des ressources en eau, approbation des demandes d'exploitation, fixation des redevances,
- Mettre en place les schémas et plan directeurs de l'eau
- Gérer le Fonds National des Ressources en Eau, plan hydraulique national
- Réaliser l'hydraulique Nationale

La SOREA se charge de la régulation du secteur, la qualité du service des opérateurs privés, principes de tarification, approbation du tarif avec le maître d'ouvrage en matière d'alimentation en eau potable. Mise en place en 2004, l'ANDEA (Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement) avait pour objectif la gestion intégrée des ressources en eau. Mais cependant la politique de structure de gestion intégrée des ressources en eau n'a pas été mise en œuvre. A cause de cette quasi-absence, il existe un flou en ce qui concerne la gestion des conflits d'usage des eaux, la police des eaux, l'approbation de toute demande d'exploitation des ressources en eau et la fixation des redevances à payer.

Le Ministère chargé de l'eau programme et finance, à travers ses ressources propres internes et externes, la réhabilitation ou la construction des infrastructures d'eau reconnue prioritaires et non-financées par d'autres programmes et ce pour l'alimentation en eau potable.

Les Communes constituent les Maîtres d'ouvrage des infrastructures d'eau dans leur circonscription administrative, mais elles ne peuvent assurer pleinement cette mission qu'après leur habilitation par la SOREA. Elles contribuent à l'élaboration du Budget-Programme du Ministère chargé de l'eau à travers l'identification des besoins et priorités dans chaque circonscription. Les communes contribuent également au suivi et évaluation du secteur en transmettant de façon périodique au Ministère les données sur l'état de fonctionnement des ouvrages.

Mais pour le cas de la ressource en eau aucune action concrète n'a été mise en œuvre jusqu'à présent, ce qui démontre les appréciations déjà énoncées ci-dessus

Le cadre institutionnel peut être comme suit :

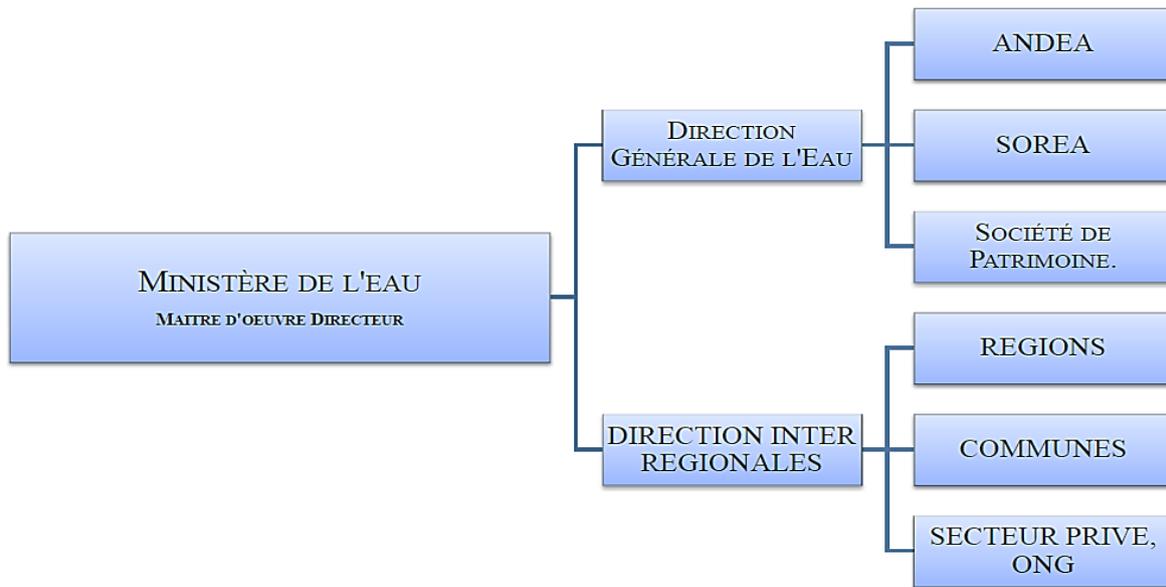


Figure n° 2: Cadre institutionnel de la GIRE

Les schémas directeurs

La planification stratégique à long terme repose sur la connaissance. On dispose en général de peu de connaissances sur les aspects physiques, techniques et socioéconomiques des ressources en eau. Il s'agit notamment de l'état des bassins versants et des facteurs qui soutiennent la demande en eau, par exemple, l'évolution des tendances des établissements humains et de la croissance économique, la disposition des consommateurs à payer et leurs moyens financiers et les attitudes socioculturelles vis-à-vis des ressources en eau. Les données physiques telles que la topographie, les sols, la géologie, l'utilisation des terres et le couvert végétal, sont rares pour ne pas dire inexistantes à l'échelle nécessaire pour l'aménagement des ressources en eau.

Les planificateurs de l'aménagement des ressources en eau ont besoin d'avoir des renseignements sur la présence et la répartition de l'eau et sur les facteurs naturels et physiques tels que la topographie, les sols, la géologie et la terre. Les sociétés de distribution d'eau doivent avoir une bonne connaissance des schémas d'évolution de la demande en eau des ménages. Les différents ministères/entités/parties prenantes doivent avoir une connaissance précise des habitudes de consommation d'eau (et de pollution) dans leurs différents secteurs. L'élaboration d'une base de données sur l'eau en tant qu'instrument pour orienter la planification, le développement et le suivi s'avère nécessaire et primordiale.

Cette connaissance sera acquise grâce à des programmes permanents et systématiques de collecte de données et d'informations, à des analyses, à des synthèses et à des recherches portant sur l'éventail des questions relatives à l'eau, à l'environnement et à la protection sociale.

Cela permettra de disposer de données en temps réel à même de faciliter le contrôle et l'évaluation en continu des ressources en eau. La mise en place d'une telle base de données, accessible aux usagers uniformisera les règles du jeu pour les parties prenantes, fera avancer la connaissance technique et la prise de décision au plan régional concernant les ressources en eau communes. L'une des principales fonctions de la réglementation des ressources en eau devrait être également de veiller à ce que les usagers disposent d'informations précises et en temps opportun, et que les prix reflètent fidèlement la situation prévalant sur le marché de l'eau.

I.3- PROBLEMES DE GESTIONS DES RESSOURCES EN EAUX

I.3.1-DESCRIPTION DE LA SOCIETE D'ACCUEIL JIRAMA

Notre société d'accueil est la JIRAMA ou « JIRO SY RANO MALAGASY ». C'est l'unique société de production et d'exploitation d'eau et d'énergie à Madagascar. Elle joue un rôle très important dans le développement du pays et de sa population.

▪ Historique

La compagnie Jiro sy Rano Malagasy, plus connue sous le sigle «JIRAMA» a été créée le 17 octobre 1975. Elle est la résultante de la fusion de deux sociétés ayant exercées des activités similaires à savoir : la Société Malagasy des Eaux et Electricité (SMEE) et la Société des Energies de Madagascar (SEM). La JIRAMA est la compagnie nationale d'eau et d'électricité de Madagascar.

Depuis l'année 1999 et la libéralisation du secteur de l'électricité, elle n'est plus seule dans la production électrique, mais elle conserve toutefois le monopole du transport et de la distribution et est appelée à rester le relais de l'Etat malgache dans la mise en place des infrastructures électriques du pays.

D'un point de vue juridique, la JIRAMA est une société anonyme de droit commun dont le capital social est d'environ 17,53 milliards d'Ariary, détenu entièrement par l'Etat Malagasy.

- **Fonctions et rôles**

La JIRAMA produit, transporte et distribue l'électricité à Madagascar, en même temps qu'elle assure l'alimentation en eau potable et industrielle à travers le pays. Elle bénéficie d'une expérience unique de plus de trente ans dans la production d'électricité d'origine thermique, de production et traitement d'eau potable. Elle rassemble des compétences riches et variées : exploitation, expertise technique, pilotage de projets, management d'équipes...

Elle assure ainsi la quasi-totalité du service public d'eau et d'électricité, avec près de 340 000 abonnés dans 114 localités pour l'électricité et près de 110 000 abonnés dans 65 centres pour l'eau.

- **Organigramme de la société**

Comme toute société, la JIRAMA a sa propre organisation. Cette dernière peut être visualisée à travers l'organigramme. C'est une représentation schématique de la structure de l'entreprise, une description détaillée de tous ses organes et de leur liaison. Il permet donc de voir la répartition du travail et le fonctionnement même de l'entreprise.

Pour ce faire, nous allons voir dans un premier temps l'organigramme général de la JIRAMA et dans un second temps celui de la DIR-JIRAMA ANTSIRABE.

- **Le centre d'accueil**

Le centre d'accueil se trouve dans la région du Vakinankaratra, district d'Antsirabe I, arrondissement Antsenakely-Andraikiba, fokontany Talata Andraikiba, à 6.5km de la RN 34 vers Betafo. Le climat qui règne dans la région étudiée est défini comme tropicale d'altitude. L'étude et toute la recherche ont été réalisés à la station de pompage d'Andraikiba de la JIRAMA Antsirabe.

La consommation en eau de la ville d'Antsirabe

- **Bornes fontaines et lavoirs**

D'après l'étude du Plan Sommaire d'Urbanisme d'Antsirabe, les consommations engendrées par les bornes fontaines et lavoirs publics constituent la majeure partie de la consommation. Le volume annuellement consommé par ces systèmes est résumé dans le tableau suivant :

Tableau n° 2: Consommation en eau des lavoirs et bornes fontaines

ANNEE	Consommation annuelle (Lavoirs et bornes) en m ³
2009-2010	752 852
2010-2011	785 242
2012 -2013	1074 321
2013-2014	1 575 095

Source : JIRAMA, Etudes d'alimentation en eau et assainissement de la ville d'Antsirabe

Le total ci-dessus est supérieur à 100% car certains ménages ont recours à la fois à l'eau d'un puits et à l'eau d'une borne fontaine.

▪ **Les ménages**

En effet, les gens sont conscients de la mauvaise qualité de l'eau de ces puits (par la présence du sel au fond). Ils puisent l'eau pour la vaisselle et la lessive et cherchent de l'eau à la borne fontaine pour la cuisine. La taille moyenne des ménages dans la ville est de 4,4 personnes, donc on l'estime à 5 personnes par ménage. Si on estime un besoin de 10 litres d'eau par personne par jour (consommation, bain,...), avec le nombre total de ménages de **44 142** (Réf : Fiche synoptique du District d'Antsirabe I, 2013, 11 pages), la consommation des ménages exige 2 207 100 m³ d'eau par jour. Ce volume est largement excédentaire par rapport à la production journalière.

▪ **Les installations de la JIRAMA**

Il existe environ 4300 branchements et 166 bornes fontaines actives sur le réseau de distribution de la JIRAMA. Selon le rapport sur les infrastructures et l'eau potable, dans le Schéma Directeur d'Urbanisme (SDU 2013, Plan Sommaire d'Urbanisme d'Antsirabe, 115pages), le taux d'utilisation d'une borne fontaine est de 56,5 ménages/borne.

De plus, un branchement particulier est utilisé pour la desserte des habitants des quartiers de haut standing et des quartiers de moyen standing. Par conséquent, la progression du taux de desserte par branchement dépend de :

- la capacité des gens à payer l'eau ;
- la capacité des gens à financer le branchement ;
- la capacité de la JIRAMA à réaliser un nombre important de nouveaux branchements chaque année.

Ainsi, le tableau n°03 suivant nous donne l'évolution du nombre des abonnés de la JIRAMA pour une période de 10ans.

Tableau n° 3: Evolution des abonnés de la JIRAMA

Années	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Nombre des abonnes	5700	5750	5800	5875	6000	6150	7013	7286	7619	7877

Source : JIRAMA, *Etudes d'alimentation en eau et assainissement de la ville d'Antsirabe*

Ce tableau nous donne le graphe suivant (Les chiffres 1 à 10 correspondent aux années 2005 à 2014):

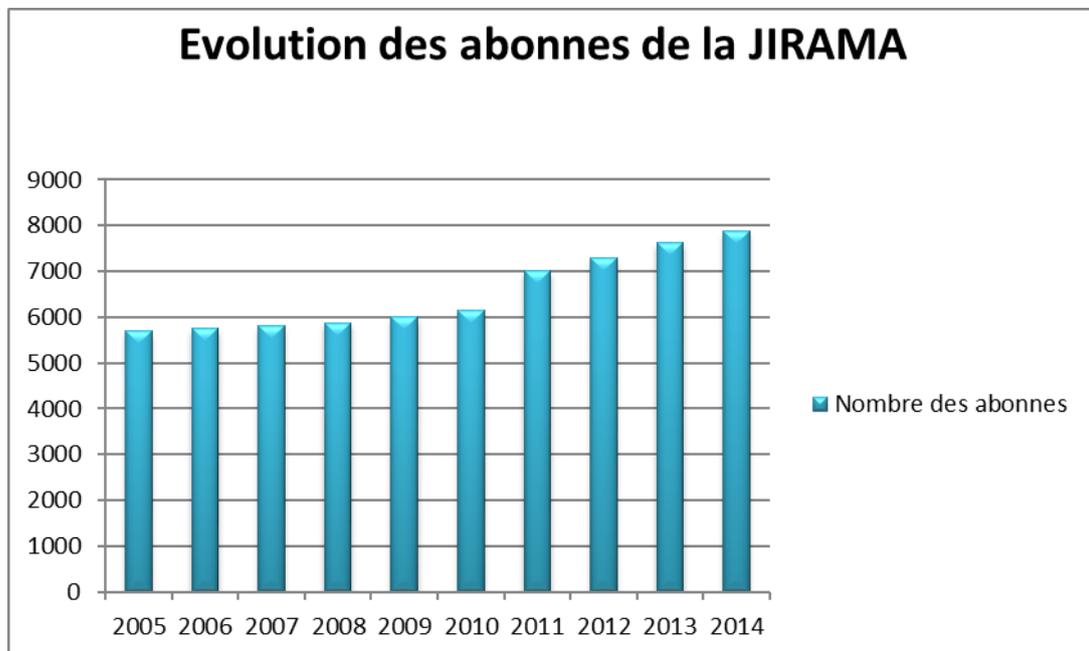


Figure n° 3: Evolution des abonnés

D'après ce graphe, on peut dire que la consommation en eau de la Ville d'Antsirabe ne cesse de s'accroître chaque année, ce qui exige un certain débit à remplir.

Par contre, l'évolution des ventes d'eau par catégorie d'abonnés est résumée dans le tableau suivant :

Tableau n° 4: Evolution des ventes (m3/An)

Catégorie d'abonné	2010	2011	2012	2013	2014
Particuliers	2 056 491	2 243 098	2 493 285	2 761 329	2 705 097
Administrations	704 204	710 715	671 127	843 812	888 856
Bornes Fontaines	681 124	691 664	659 972	544 907	553 048
Agents JIRAMA	32 289	35 940	43 141	41 211	40 211
Cessions internes	17 034	21 576	34 701	74 571	98 183
TOTAL	3 491 142	3 702 993	3 902 226	4 265 830	4 265 395

Source : JIRAMA, Etudes d'alimentation en eau et assainissement de la ville d'Antsirabe

EVOLUTION DES VENTES

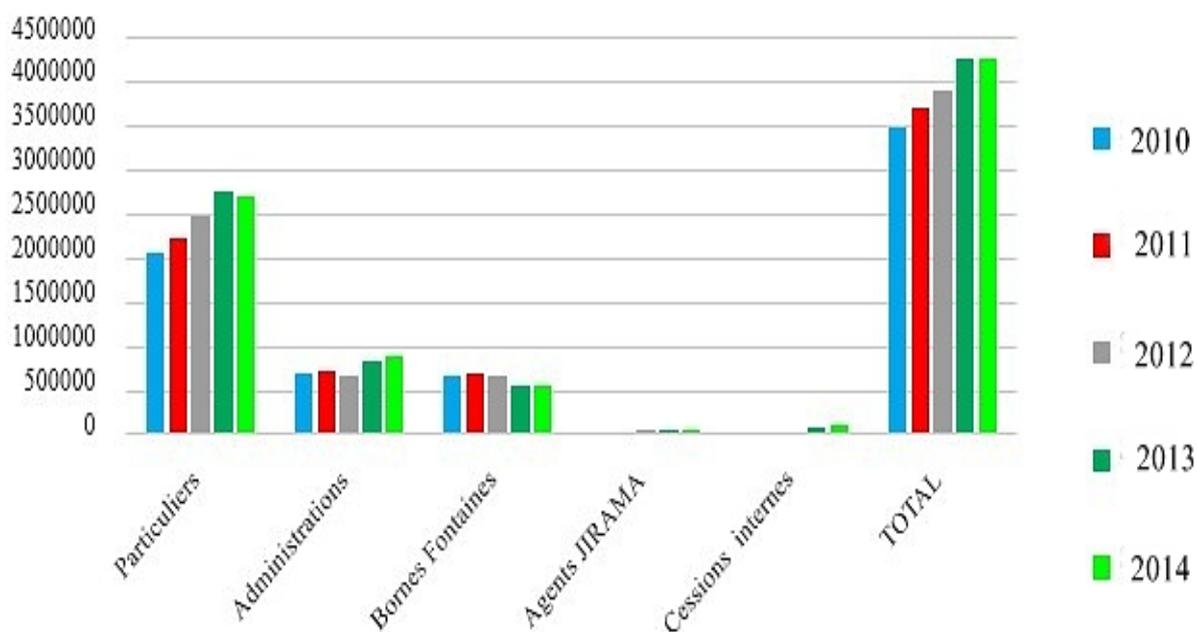


Figure n° 4: Evolution des ventes

I.3.2 - LES PROBLEMES D'EROSION DANS LE DOMAINE DU LAC D'ANDRAIKIBA

▪ **Erosion du sol**

L'érosion est un processus naturel sur toutes les terres. Généralement, les agents de l'érosion sont l'eau et le vent, chacun provoquant une perte importante de sol chaque année. Elle peut être un processus lent et insoupçonné, ou encore prendre des proportions alarmantes, entraînant une perte énorme de sol arable. Le lessivage de la terre arable peut résulter en une réduction du potentiel de production, en une réduction de la qualité de l'eau de surface et en l'encrassement des réseaux de drainage. De plus elle agit à différents rythmes et peut, sur plusieurs dizaines de millions d'années, araser des montagnes, creuser des vallées, faire reculer des falaises.

▪ **Purification et enrichissement de l'eau par le sol**

En outre, l'eau de pluie s'infiltré dans le sol pour alimenter les nappes phréatiques qui ensuite alimente le lac d'Andraikiba. Le sol purifie de trois manières différentes l'eau qui s'infiltré :

▪ **Action physique du sol:**

Il exerce une action physique, en retenant la saleté comme un tamis. Cet effet filtrant aussi bien que la perméabilité du sol sont déterminés par sa porosité plus ou moins fine.

▪ **Action chimique et biologique du sol :**

L'eau s'infiltré dans le sol avant d'arriver au lac. Elle subit également des transformations chimiques et biologiques : dans la couche superficielle du sol, les matières organiques (humus) et fines particules d'argiles s'associent pour former le complexe argilo humique. Celui-ci retient par combinaisons chimiques des substances –notamment polluantes– contenues dans l'eau. Le sol connaît une vie microbienne intense dans ses horizons superficiels : des bactéries décomposent certaines substances indésirables, ce qui les neutralise. D'autres organismes, plus grands, « labourent » le sol et en préservent la porosité. Cela permet à l'eau de s'infiltrer, et au sol d'exercer sa fonction de filtre. La faune du sol se trouve en majeure partie dans les 35 premiers centimètres.

Chapitre II : CONTEXTE GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

II.1- Contexte géographique du Lac ANDRAIKIBA

Le lac Andraikiba se trouve dans la région du Vakinankaratra, district d'Antsirabe fokontany Talata Andraikiba à 7 Km de la ville d'Antsirabe sur la RN34 vers Betafo. Le Lac d'Andraikiba est un Lac à double vocation pour la Région. En plus d'être un site touristique, le Lac d'Andraikiba assure le 49% de l'alimentation en eau potable de la Ville d'Antsirabe. Il se trouve dans la Région du Vakinankaratra, dans la Commune Urbaine d'Antsirabe I et plus précisément dans le sixième arrondissement Antsenakely – Andraikiba, dans le Fokontany de Talata - Andraikiba.

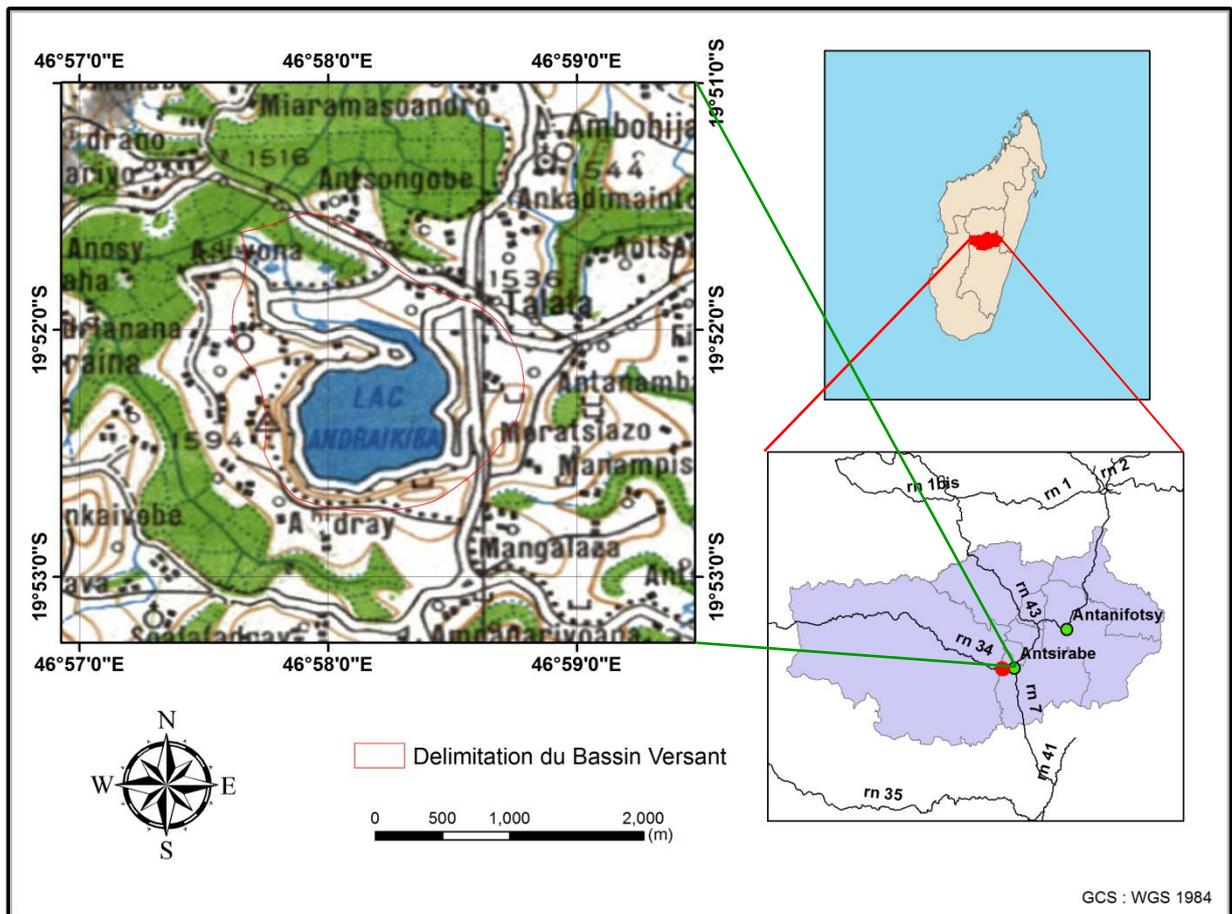


Figure n° 5: Carte de localisation régionale du lac d'Andraikiba

▪ **La Commune Urbaine d'Antsirabe**

Par contraction de l'expression "Any sira be" due à la présence d'eaux thermales de la ville, le nom Antsirabe signifie littéralement en malgache "là où il y a beaucoup de sel" (*an* locatif, *sira* "sel", *be* "grand"), Antsirabe I est le Chef et lieux de la Région du Vakinankaratra, deuxième ville de Madagascar.

La Commune Urbaine d'Antsirabe I est une ville touristique, industrielle administrative et reliée aux autres Chefs - Lieux des Districts périphériques par des Routes Nationales (RN 7 et RN 34), elle n'occupe que 0,89 % de la superficie de la Région et n'abrite que 12,23 % de la population totale.

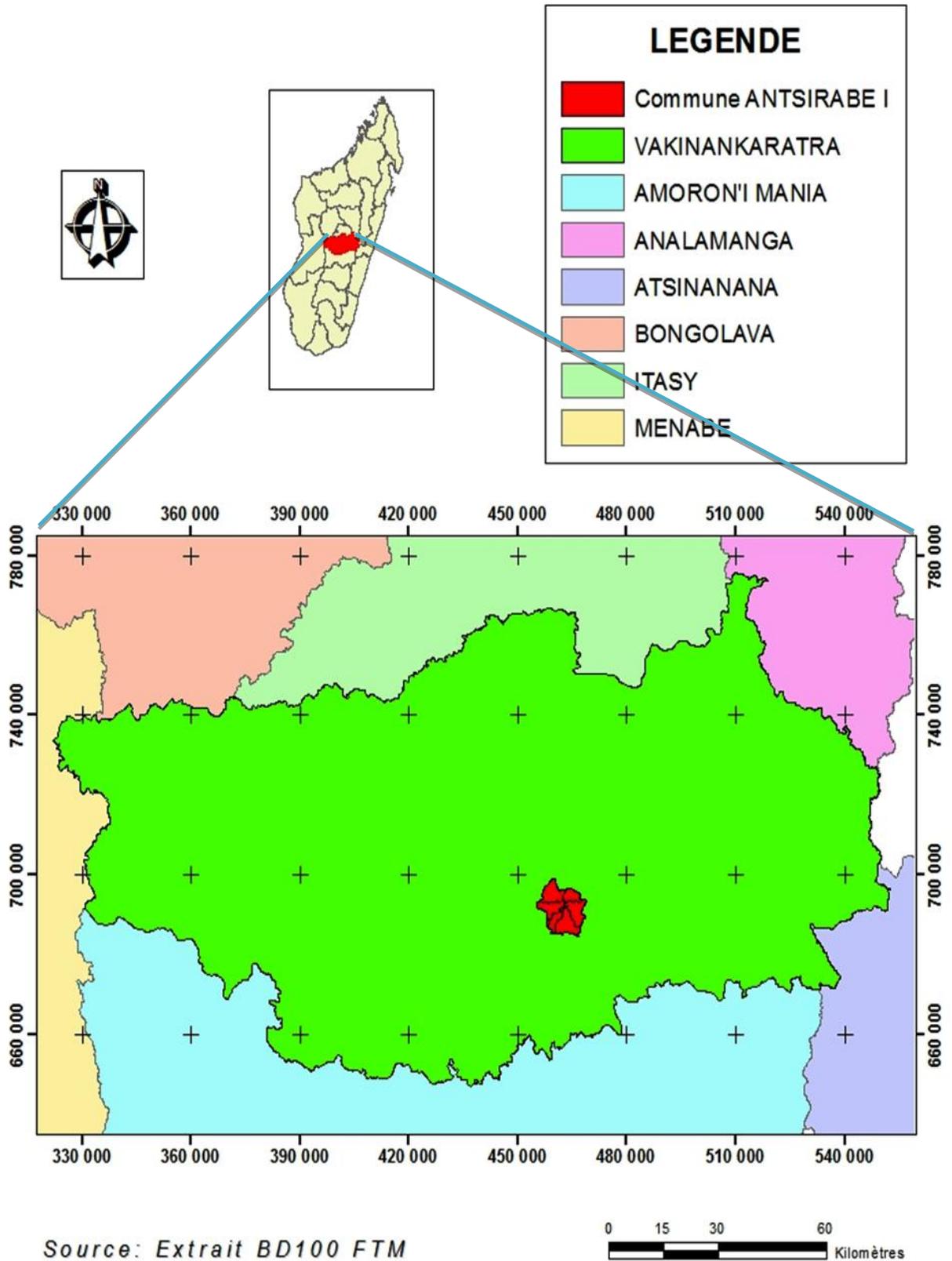


Figure n° 6: Représentation de la région du Vakinankaratra

II.2- Morphologie de la de ZONE D'ETUDE

I.2.1- Caractéristique du BV

Le lac d'Andraikiba est un lac en cratère caractérisé par la présence des pentes très fortes. En général, la valeur du pente est estimé autour de 20% avec une longueur moyenne de 100m. Pour faciliter le travail, les caractéristiques du Lac et son bassin versant sont résumées dans le tableau n°5 suivante.

Tableau n° 5: Caracteristiques topographiques du lac d'Andraikiba

Point culminant	1594m
Point plus bas	1556m
Profondeur moyenne du lac	34,38m
Profondeur maximale du lac	51m
Volume du lac	34,8 million de m^3
Superficie du BV	125ha

Ainsi que la figure n°06 ci-après montre les caractéristiques physiques du lac et de on bassin versant:



Figure n° 7: Représentation du lac ANDRAIKIBA
Source : GoogleEarth du 24 octobre 2014

I.2.2- Types du Sols et végétations sur le BV du Lac d'Andraikiba

Sur le bassin versant du Lac, on rencontre des sols volcaniques, ferrallitiques, avec des sols à fertilités fragiles. D'après les analyses des sols effectuées par le FOFIFA, le type de sol rencontré est de type Andosol (type de sol qui se trouve sur les volcans) dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau n° 6: Caractéristique du sol sur le Bassin Versant du lac d'andraikiba

Caractéristiques	Surface nue	Sous couvert boisé
Porosité	30%	32%
Stabilité	Très instable et sensible à l'érosion	Instable et sensible à l'érosion
Vitesse d'infiltration	18cm/h (très rapide)	12cm/h (rapide)

Source: FOFIFA Tsimbazaza Antananarivo

▪ Occupation du sol sur le bassin versant

Le tableau suivant nous donne l'état de l'occupation du sol sur l'ensemble du bassin versant

Tableau n° 7: Occupation du sol sur le BV

Type	Superficie (m ²)	Pourcentage
Bâtiment abandonne	151	0%
Zone boisée	85 600	19%
Zone cultivée	218 851	48%
Zone d'habitation	8 159	2%
Zone herbeuse	129 931	29%
Zone rocailleuse	12 906	3%
TOTAL	455 599	100%

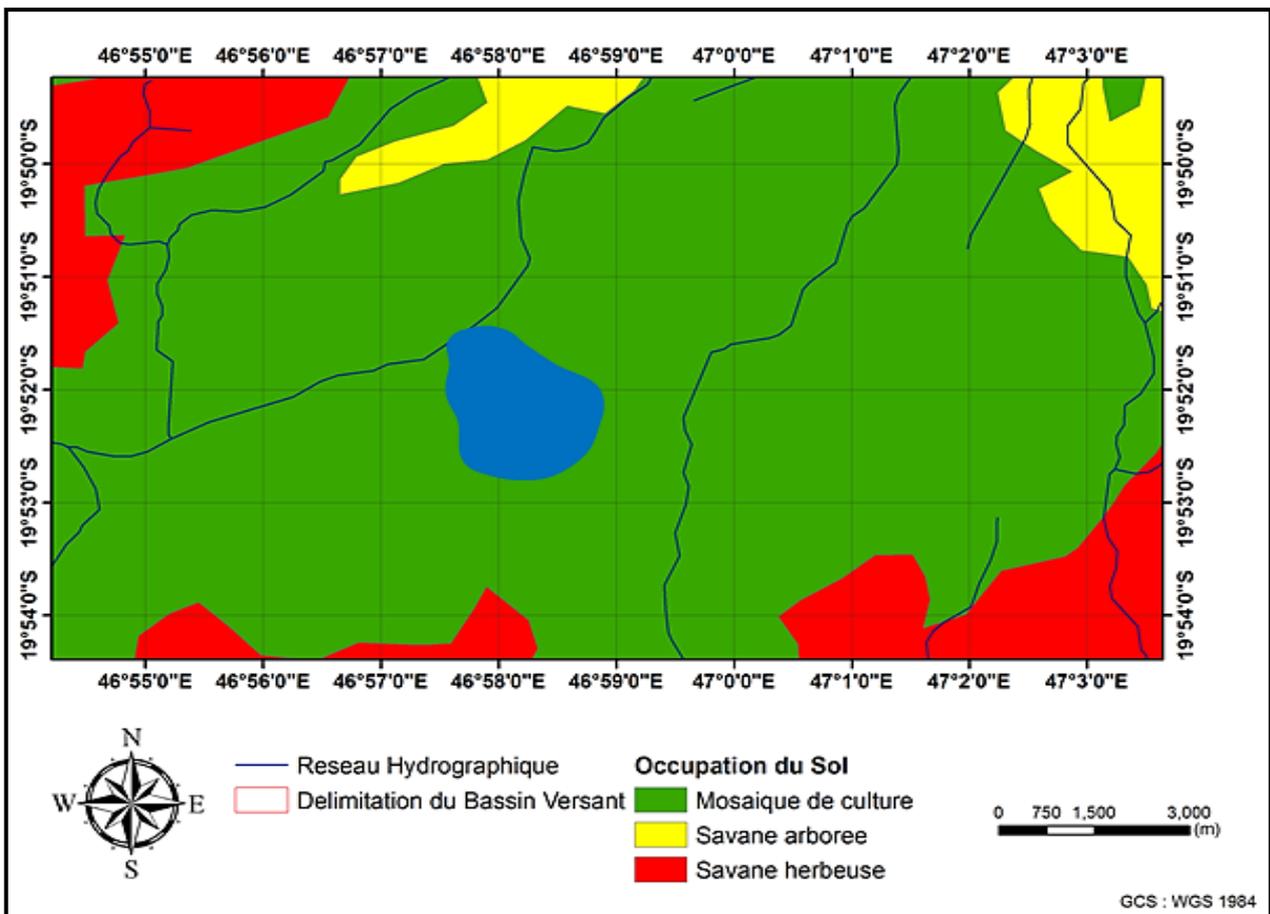
La couverture végétale d'un bassin versant est l'ensemble des végétations qui recouvrent ce bassin. Elle joue un rôle important sur le ruissellement, l'évaporation, l'infiltration et en particulier sur la sédimentation qui est le fruit de l'érosion.

Selon les caractéristiques pédogéologiques suivantes : Les couverts végétaux servent à intercepter une partie du volume des pluies et à limiter l'érosion (Indice de couverture forestière = Surface Forêt /aire du BV). Dans certaines conditions, l'intensité de l'érosion dépend directement de la couverture végétale des sols et sédimentation dépend de l'érosion en ce lieu.

Les surfaces urbanisées augmentent les volumes écoulés et augmentent la vitesse de réaction BV. Les surfaces d'eaux libres, telles que les lacs, les cours d'eaux favorisent l'amortissement ou le laminage des crues par stockage temporaire. Sur notre Bassin versant, à part les broussailles, les cultures dominent aux environs du lac, tel que les cultures de maïs, manioc, sisal et les rizicultures. On peut y trouver des végétations spécifique de forêt mais de très faible quantité, tel que des sapins et des eucalyptus.

Ainsi notre zone d'étude est plus ou moins un espace rural puisque l'aménagement conserve leur caractère agricole et l'agriculture reste encore l'activité principale de la zone, les couvertures végétales dominent encore, tel que les broussailles et les zones boisées.

Cependant, certaines zones sont en cours d'urbanisation diffus. Des habitations se construisent sur les points hauts ou sur les zones plus ou moins protégées des inondations. Le tableau et la carte suivants nous donnent l'état de l'occupation du sol sur l'ensemble du bassin versant. Ce dernier est représenté par la carte d'occupation du sol ci-dessous:



Sur un bassin, les processus actifs, leur importance et leurs interactions dépendent d'un ensemble de facteurs qui contrôlent leur variabilité spatio-temporelle. Parmi ces facteurs,

les variables d'entrée et les variables d'état qui ont été décrites précédemment vont conditionner pour une grande part la réponse du système.

Toutefois, il faut ajouter, à ces facteurs, les *caractéristiques physiques* du bassin versant qui comprennent l'occupation du sol, le type de sol, la géologie et la topographie. Ainsi, des unités de milieu présentant une homogénéité relative en termes de propriétés hydrologiques peuvent être définies. Les caractéristiques physiques tout comme les variables d'état permettent de décrire le système.

La distinction entre ces deux composants du système dépend de leur évolution dans le temps. Ainsi, les variables d'état (humidité, température, ...) présentent une forte variabilité à l'échelle d'une ou de plusieurs années hydrologiques alors que le type de sol, la géologie et la topographie peuvent être considérés comme invariants sur ces mêmes durées. L'occupation du sol est considérée comme une caractéristique physique du bassin toutefois elle peut présenter une variabilité intra-annuelle (rotation des cultures par exemple).

II.3- Géologie du Lac

II.3.1- Géologie régionale

La géologie de la Région de Vakinankaratra, est généralement constituée de :

- ✚ volcanisme néogène à quaternaire de l'Ankaratra ;
- ✚ série schisto - quartzo - calcaire du Sud.

Dont les formations suivantes :

- Les massifs quartziques qui sont les roches sédimentaires (sables) ayant subi une métamorphisation ;
- les massifs granitiques, généralement dispersés sur la bordure occidentale du massif volcanique de l'Ankaratra dans l'Ouest et dans le Sud, le relief sur socle à sol ferrallitique squelettique ;
- les cuvettes.

Les cuvettes lacustres sont dues à des activités volcaniques : des coulées de lave ayant obturé des vallées et engendrant ainsi les lacs. Certaines cuvettes étaient autrefois reliées entre elles. Ces zones d'alluvions lacustres, généralement fertiles, jouent un rôle important dans l'occupation humaine.

Les granites sont des roches magmatiques, plutoniques, effusives, grenues, de teintes claires (blanche, grise, rosée, rouge) avec les minéraux essentiels suivants constituant 80% des roches : quartz xénomorphe interstitiel, feldspath alcalin (orthose, microcline) et plagioclase (albite, oligoclase). Les minéraux secondaires et accessoires sont très variés : mica, amphibole, pyroxène (rare), apatite, zircon, tourmaline, cordiérite.

Les migmatites sont des roches métamorphiques formées d'un mélange de roches sombres (amphibolites) et de roches claires de composition granitique ou granitoïde. Elles sont issues de la fusion partielle de la roche d'origine et de fortes déformations. Les parties claires de la roche sont considérées résultantes de la fusion partielle et les parties sombres sont celles résistantes à cette fusion.

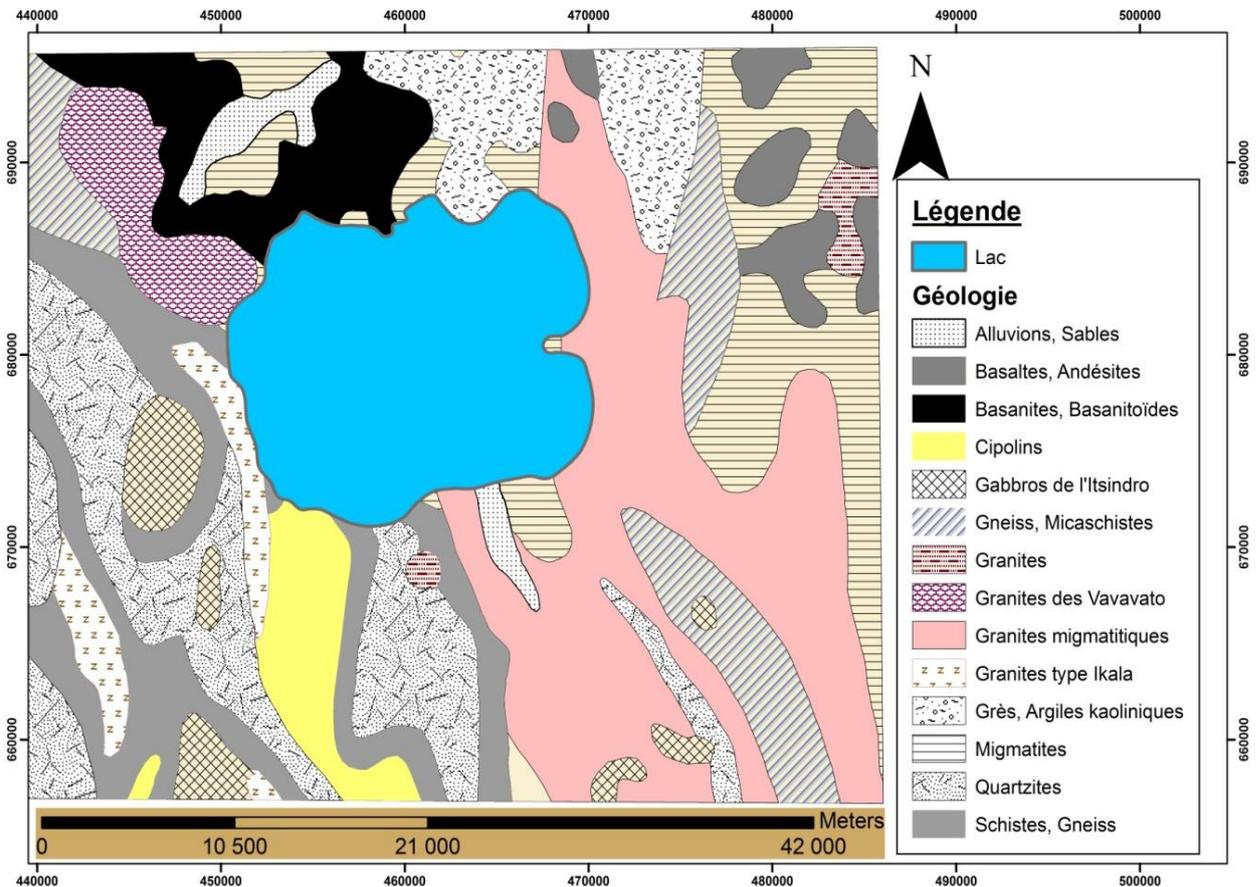


Figure n° 9: Carte représentant la géologie du lac Andraikiba

II.3.2-Géologie appliquées

Sur le bassin versant du Lac, on rencontre des sols volcaniques, ferralitiques, avec des sols à fertilités fragiles. Sur le bassin versant du Lac, on rencontre des sols volcaniques, ferralitiques, avec des sols à fertilités fragiles.

- **Sols volcaniques :**

Les sols volcaniques ou andosols :

- a- **Caractéristique**

Ce sont des sols qui se sont formés à partir de la décomposition de basalte et par accumulation de projections volcaniques. Les andosols sont riches en phosphate de chaux. Ils ont un PH neutre ou basique.

Ce sont aussi des sols très structurés :

- forte porosité
- perméable
- léger
- profond

L'humification des matières organiques y est très importante.

- b- **Profil**

A0 : Horizon riche en matières organiques

B0 : Horizon riche en matières minérales

- c- **Intérêt agricole**

Les andosols sont des sols fertiles. Ils conviennent aux cultures de tabac, maïs, agrumes, aleurite.

- d- **Répartition à Madagascar :**

Les sols volcaniques sont abondants dans les régions volcaniques (Antsirabe, Itasy, Montagne d'Ambre)

- **Sols ferralitiques :**

Les sols ferralitiques recouvrent le socle cristallin de Madagascar. Ils représentent plus de tiers de la superficie.

a) Caractéristiques :

Ce sont des sols argileux, riches en oxyde d'aluminium et de fer. Ce qui leur donne une couleur rouge ou jaune.

Les sols ferrallitiques se forment en régions équatoriales et subtropicales sous un climat chaud et humide.

b) Nature de la roche mère :

Les sols latériques proviennent de l'altération des :

- granites gneiss
- basaltes

c) Formation : (phénomène de latérisation)

En climat chaud et humide. L'altération des roches est intense. Les substances libérés ont tendance à migrer dans le sol en suivant les mouvements de l'eau, en particulier la silice, les sels de calcium, de magnésium et de potassium. Par contre les oxydes d'aluminium et de fer s'accumulent plus rapidement : ils relient les autres éléments du sol et donnent des cuirasses et des agrégats).

d) Profil des sols latéritiques : types ABC ou BAC, quand l'évaporation est intense.

Les sols latériques sont des sols épais, souvent plus de 10m d'épaisseur,

On y distingue :

AO : litière très mince

A1 : cendreuse, une partie de l'humus a été décomposé par les microbes

A2 : sableux (blanchâtre ou rose)

BO : horizon d'accumulation d'hydroxyde de fer et d'aluminium (rouge ou violet)

B1 : horizon argileux avec des concrétions rouges et jaunes

CO : horizon de départ des sels minéraux

C1 : roche- mère (granite, gneiss, basalte)

▪ **Sols à fertilités fragiles :**

Tout usage des sols par les sociétés humaines modifie le sol et ses fonctions. Cela concerne les couleurs, les teneurs en matières organiques, les teneurs en particules fines (argiles), les structures, les porosités, les teneurs en éléments nutritifs ou toxiques (sodium, métaux lourds...), les fonctions vis-à-vis de l'eau, de l'air et de la vie. Ces modifications sont en général réversibles, mais plus ou moins rapidement.

* L'amélioration de propriétés chimiques (la « fertilité »), grâce à la fertilisation minérale (phosphore, potassium...) ou/et grâce à une gestion durable (assolements adaptés, gestion attentive de la matière organique...);

* L'amélioration de certaines propriétés physiques, grâce au travail du sol (labours...), aux amendements (organiques, chaulage...), au drainage...

* La mise en terrasses dans les zones de pentes

* L'épierrage par construction de murets et accumulation de pierriers, le concassage des éléments grossiers ;

* L'irrigation

II.4- Contexte climatique

II.4.1- Climat et température

D'après les informations recueillies au sein du Service météorologique d'Antsirabe, on y rencontre le climat tropical d'altitude de type humide avec une température minimale d'environ 4°C et une température maximale de 28°C. De plus, la pluviométrie moyenne entre 2005 et 2013 est de l'ordre de 1239mm avec les différences périodiques suivantes :

- Pluviométrie en période froid : en moyenne de 15 mm ne dépasse pas 4% de la pluviométrie annuelle
- En mois de mars, la pluviométrie est maximale avec un taux de 80%

II.4.2 - Précipitation

Pour commencer cette partie, il faut souligner que les données pluviométriques d'Andraikiba sont les mêmes que celles d'Antsirabe, c'est pourquoi nous allons utiliser les données recensées au sein du Service météorologique d'Antananarivo Ampandrianomby pour établir les études hydriques du lac d'Andraikiba.

Tableau n° 8: Montrant des données pluviométrique du Bassin Versant du lac d'Andraikiba.

MOIS	Jan	Fev	mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
2009	349,1	198,4	141,6	98,5	2,4	4,2	59,4	14,5	5,3	88,9	96,9	164,6
2010	601,7	640,4	471,6	385,4	223,7	318,4	386,6	266,6	27,4	39,8	65,2	11,4
2013	242	215,6	127,4	15,5	10,5	0,5	0,9	0,6	1,5	199,6	231,2	248,5

Source : Direction Météorologie d'Antananarivo

Pour avoir un meilleur résultat de calcul, nous allons choisir les valeurs moyennes mensuelles pour une période de six ans. Ces moyennes mensuelles des données pluviométriques sont résumées dans le tableau suivant et nous donnent le graphe ci-dessus :

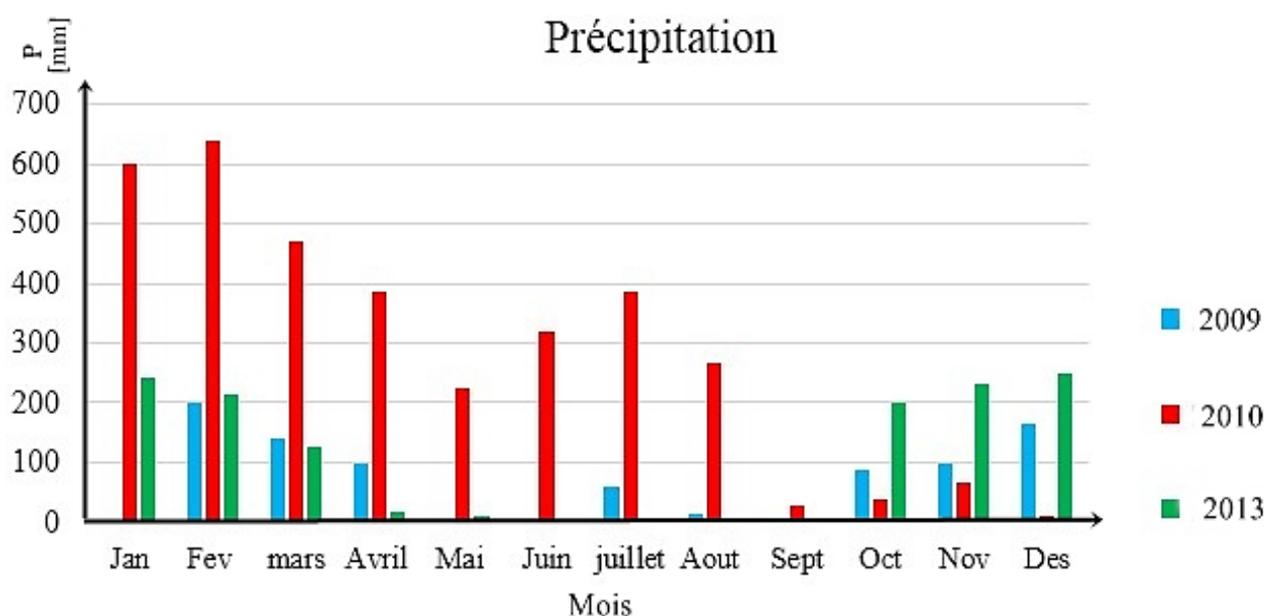


Figure n° 10: Graphe montrant la pluviométrie du lac Andraikiba

L'interprétation de cette figure montrant la précipitation au cours de trois années de 2009, 2010 et 2013, on remarque une quantité de pluie importante du mois d'octobre jusqu'au mois d'Avril.

Cependant l'année 2010 comme montre ce même histogramme, présente quelques valeurs exceptionnelles, au cours de mois de mai jusqu'au mois d'Aout. Cette partie de la figure considérée comme cas exception peut être due aux erreurs de mesure des données ou à causes des changements climatiques.

De plus, l'année 2010 présente une valeur maximum, de l'ordre de 640 mm, considérée comme le pic maximum autour des cinq dernières années.

II.5 - Contexte Socio-économique

II.5.1 - Démographie

▪ Origine de la population

La population d'Antsirabe I est un brassage de gens d'origines différentes, à prédominance Merina. Sa position de carrefour lui attribue aussi des origines Betsileo, des régions à proximité de la Province de Fianarantsoa. Néanmoins, il y a des métissages avec la population étrangère installée depuis longtemps comme les indo-pakistanaïens par exemple.

Toutes ces populations cohabitent de manière harmonieuse, malgré quelques signes de violences de temps en temps, envers la communauté Indienne ou Pakistanaise. La ville d'Antsirabe a connu une forte croissance démographique due à l'industrialisation depuis une trentaine d'années.

Tableau n° 9: Nombre de population dans le fokontany Andraikiba
Faisant apparaître le nombre de population, par sexe et par classe d'âge. Du 31 janvier 2014, dans l'arrondissement administratif D'Antsenakely ANDRAIKIBA (2A)

Fokontany	0 à 5 ans		6 à 17 ans		18 à 59 ans		60 ans et plus		Total par sexe		TOTAL
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	
ANDRAIKIBA	275	282	873	902	1432	1450	180	171	2760	2805	5565

Source : Chef Fokontany ANDRAIKIBA, RANDRIAMIANDRISOA Joseph Emile, Année 2014

Avec :

- F : Féminin
- M : Masculin

Elle est devenue la deuxième ville de Madagascar et se voit confrontée aux problèmes d'infrastructures urbaines. Actuellement, 52% de la population vivent dans le centre-ville.

▪ Situation des migrations

La migration se présente de deux sortes :

- ✚ Les mouvements migratoires internes qui sont constitués par les déplacements des élèves des écoles primaires des Fokontany pour rejoindre les collèges ou lycées (enseignement secondaire) des Arrondissements et/ou des Sous-préfectures ;
- ✚ Les mouvements migratoires des travailleurs saisonniers ou permanents, des marchands ambulants et des petits métiers, ainsi que la migration qui s'apparente à un exode rural, résultent de l'insécurité physique de certaines populations.

La première sorte de migration, constituée de la population scolaire, est commune dans toute la totalité de la province d'Antananarivo tandis que la deuxième a un caractère plus ou moins spécifique selon la région.

Dans la Commune Urbaine et la zone périurbaine, la mobilité des habitants va toujours dans un double sens : centrifuge vers la périphérie (disponibilité de terrains à bâtir, vie moins chère) et centripète (attractivité des équipements centraux). Les mouvements vers la capitale de Vakinankaratra connaissent une intensité notable due au foisonnement des activités informelles et à l'importance des traditionnelles fonctions industrielles et commerciales de la ville qui, depuis longtemps, ne manquent pas d'attirer les sous espaces de la périphérie immédiate. Par contre, il existe une partie de la population qui quitte la région pour leurs études dans des universités et ou grandes écoles et, d'autre part, des salariés migrants vers d'autres régions à cause de leurs obligations de travail.

▪ Répartition de la population

Selon les informations obtenues au sein du Service de la population d'Antsirabe, la Commune Urbaine d'Antsirabe I compte environ 180.665 habitants répartis dans les 60 Fokontany avec une densité de 981 hab/km² avec un taux de croissance démographique de 4%. Parmi les 06 Arrondissements, Mahazoarivo - Avarabohitra (au Nord-Ouest) et Antsirabe AfovoanyAtsinanana – Ambohimananarivo ou 4 A (Sud Est) sont les plus peuplés avec au total : 82 373 habitants. Ce qui représente 45,6% de la population de la Commune, l'Arrondissement d'Ampatana - Mandriankenihiyeny est le moins peuplé avec seulement 13250 habitants et les Arrondissements de Mahazoarivo et du 4 A ont des Fokontany densément peuplé, comme c'est le cas de Mahazoarivo Nord qui a une population avoisinant le chiffre des 9010.

▪ Densité de la population

Les Fokontany de la Commune Urbaine d'Antsirabe ont des superficies très variées.

L'arrondissement d'Antsenakely- Andraikiba.

Par exemple :

- ✓ Antsenakely a une superficie de 21 ha avec une densité de 122 habitants / ha ;
- ✓ Andraikiba qui a une superficie de 684 ha ne représente que 7 habitants / ha.

▪ Structure de la population par une pyramide des âges

La pyramide des âges de la Commune Urbaine d'Antsirabe est en forme d'Ogive : la base et le sommet sont rétrécis, à peu près de même taille, mais le corps est plus épais.

- ✚ Les proportions des enfants de 0 à 5 ans sont plus grandes chez les filles que chez les garçons avec un chiffre d'environ 12 000 filles contre un peu près de 10 000 garçons. Ceci pourrait s'expliquer par la fragilité des bébés mâles à la naissance (Référence bibliographique : Service de la population d'Antsirabe, Statistique 2013, 15 pages).
- ✚ Dans la proportion des enfants entre 6 à 10 ans, la situation change car les nombres des garçons et des filles sont quasiment à égalité, avec un peu près 9 000 enfants de chaque sexe.
- ✚ Les jeunes de 11 à 18 ans sont évalués à 22 000 pour chaque sexe et ce chiffre se rapproche au total des adultes de 30 à 49 ans, toujours pour les deux sexes.

Les personnes comprises dans la fourchette de 19 à 29 ans sont moins nombreux, aussi bien pour les femmes que pour les hommes. Pourtant, la part de la population féminine est plus élevée par rapport à celle des hommes car leur nombre avoisine les 16 000 contre 15 000. Cette différence peut s'expliquer par diverses raisons, mais l'explication donnée serait que les jeunes hommes (qui reçoivent plus d'éducation que les filles) partent de leur lieu d'origine pour continuer leurs études dans la Capitale ou pour travailler dans d'autres régions.

En conclusion, il y a plus de femmes que d'hommes dans la Commune Urbaine d'Antsirabe.

Tableau n° 10: Densité de la population d'Antsirabe en 2014

Firaisana	Fokontany	Surface (km ²)	Population	Densité
Antsenakely-Andraikiba	Amboronomy	1,31	2 722	2 078
	Andraikiba	6,84	5 565	814
	Andrangy	1,55	3 370	2 174
	Andrefan'Ivohitra	2,58	2 318	898
	Antanambao	0,33	5 584	16 921
	Antsenakely	0,21	2 606	12 409
	Atsimontsena	0,77	10 211	13 261
	Avaratsena	0,35	3 805	10 877
	Fiadanana	2,69	1 422	529
	Ivory	0,64	8 365	13 070
	Sous total	17,27	45 968	2 662
Ampatana-Mandriankeniheny	Ambohidravaka	5,37	1 903	354
	Ambohipeno	1,03	2 018	1 959
	Ambohidava	2,15	1 663	773
	Ambohitarabe	1,79	1 652	923
	FanananaAmbositrakely	2,4	863	359
	Befaritra	0,52	1 092	2 100
	Mandriankeniheny	1	1 625	1 625
	Ampatana	0,56	5 243	9 362
	Bemasoandro Ambalakisoa	0,71	2 446	3 445

	Sous total	15,53	18 605	1 198
Soamalaza-Mahatsinjo	Androvakely	5,45	3 989	732
	Marodita	0,76	2 237	2 943
	Sahatsiho	1,98	9 932	1 986
	Vohitrarivo	6,12	2 827	462
	Mahatsinjo	1,17	1 601	1 368
	Ampanataovana	0,48	4 563	9 506
	AmbalavatoAtsimo	0,6	3 509	5 848
	Tsarasaotra	0,61	3 745	6 139
	Tomboarivo	1,91	8 749	4 581
		Sous total	19,08	35 152
Antsirabe- AfovoanyAtsinanana	Ambohimena	2,26	21 554	9 537
	Antanety	2,23	2 636	1 182
	3A	0,54	8 218	15 218
	Mahazina	0,4	6 300	15 750
	Ambalavato 601	2,11	2 641	1 252
	Ambohimanarivo	2,47	3 145	1 273
	Tsinjorano	1,97	1 974	1 002
	Ambohimanga	2,2	944	429
	Verezambola	6,34	3 378	533
		Sous total	20,52	50 790
Manodidina Ny GARA Ambilombe	Antsirabe Avaratra	1	8 032	8 032
	FitomilasyBevokatra	1,49	3 570	2 396
	Mahafaly	3,07	10 965	3 572
	Manodidinany Gara	0,82	4 029	4 913
	Ambilombe	6,95	4 015	578
	Ambohimanambola	0,92	1 800	1 956
	Saharoaloha	0,85	2 042	4 202
		Sous total	15,1	34 453
MahazoarivoAvarabohitra	Ambalavato	2,03	1 401	690
	AmbohijafyAvaratra	7,6	2 127	286
	Ambohitsokina	0,6	1 192	1 987
	Andafiatsimo Star	0,9	2 502	2 780
	Antsanga	1,12	2 595	2 317
	Antanamanjaka	3,7	1 186	624
	Atsongo	0,85	4 445	3 969
	Avarabohitra	1	1 568	424
	MahazoarivoAtsimo	1,3	15 595	18 348
	MahazoarivoAvaratra	1,35	20 457	20 457
	Miaramasoandro	2,3	16 569	12 745
	TsarafaraAndranobe	0,85	1 511	119
	Tsiafahy	2,3	2 023	879
	TsivatrnikamoAmbohitra	0,85	6 325	7 441
	Vohijanahary	2	3 109	1 554
	Sous total	28,62	82 654	2 888
TOTAL		116,21	267 622	2 7103

Source : commune urbaine d'Antsirabe

II.5.2- Partie Administrative (Zoning de la Commune)

L'urbanisme étant, par définition, la science des agglomérations ou encore l'Art d'aménager les villes ou les villages est un domaine pluridisciplinaire.

Le zoning est une pièce qui définit les modes d'occupation du sol selon les activités existantes, conformément au Plan Directeur d'Urbanisme (PDU). Pour la commune urbaine d'Antsirabe, on peut citer comme activité les zonessuivantes : industrielles, administratives et services, habitations, commerciales, espaces verts et les zones touristiques.

▪ Les zones industrielles

Les zones industrielles se localisent aux alentours de la RN 7 (la partie Sud : Ambohimena) et de la RN 34 (sur la route de Betafo:Ivory et Andafiatsimo).

Les superficies occupées par les bâtiments industriels sont évaluées comme suit :

- ✓ La société COTONA s'étend sur 18ha, sa surface bâtie se chiffre à 8,3 ha.
- ✓ La société SOCOLAIT avec un site de 6,5 ha dispose de 1 ha de surface bâtie.
- ✓ La société STAR a 18 ha pour l'ensemble de ses installations dont 12 ha sont bâties.
- ✓ La société SACIMEM a 1,5 ha de bâtiment sur 1,8 ha.

▪ Les zones administratives et services

Les parties de la ville qui regroupent les infrastructures administratives sont : le centre-ville, le Fokontany Manodidinany Gara (Mairie, Chambre des commerces, poste...) et une partie du Fokontany d'Antsenakely (Préfecture, etc....), et dans la partie Ouest de la ville : Ivory, Route de Betafo.

De plus, le Centre-ville est la partie la « plus urbanisée » avec un taux d'urbanisation de 28%. Il comprend : La zone de concentration des Bâtiments Administratifs et Financiers telles la Mairie, les Services Banquiers (BOA, BNI CA, BFV SG, BMOI) les services décentralisés des Ministères, ainsi que d'importantes activités commerciales (quartiers commerciaux) et des services d'Hôtelleries de l'ancienne ville avec ses bâtiments anciens.

Chapitre III : ACQUISITION ET INTERPRETATION DES DONNEES

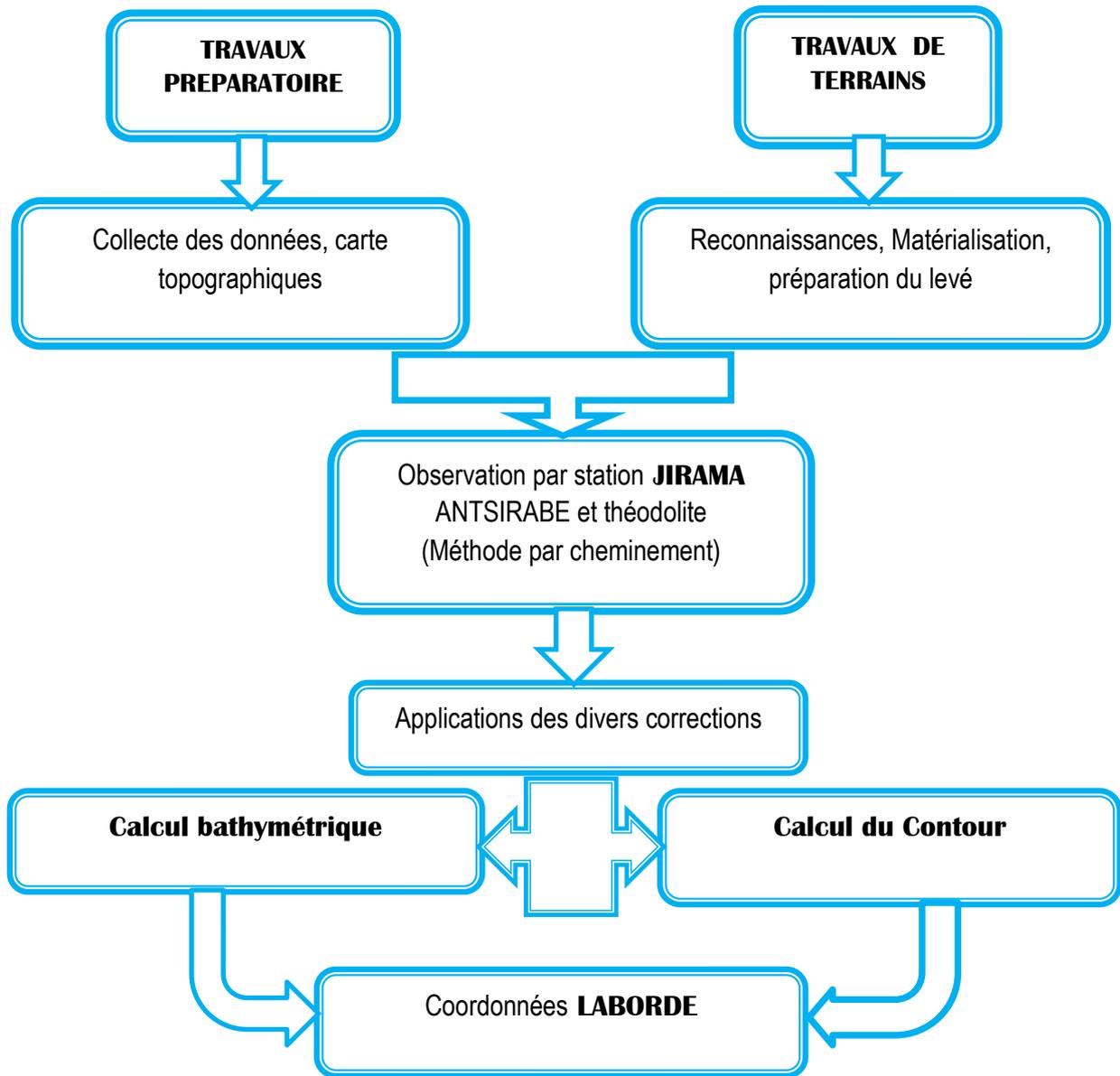


Figure n° 11: Organigramme du processus de travail de levé topographique du lac Andraikiba

III.1 - PRESENTATION DES MATERIELS UTILISES

III.1.1 - Le théodolite

Un niveau topographique est un instrument de géodésie complété d'un instrument d'optique, mesurant des angles dans les deux plans horizontaux et verticaux afin de déterminer une direction. C'est un instrument essentiel en topographie. C'est une lunette montée sur les deux axes vertical et horizontal. Chacun des axes est équipé d'un cercle gradué permettant les lectures des angles. Il est aussi indispensable en hydrologie dans les mesures d'unlevé du territoire (levé topographique).



Figure n° 12: Schéma du théodolite

Source : Cliche de l'auteur

On a utilisé les matériels ci-dessous pour l'acquisition des données topographiques :

- 1- Théodolite,
- 2- Mire
- 3- Décamètre,
- 4- Feuilles de mesures,
- 5- Planche de dessin,
- 6- Bloc-notes, et matériels d'écriture

Outils de prise de notes et de calculs : Bloc note, crayon et gomme : indispensable pour la prise de note, Calculatrice : utile pour les divers calculs, chaîne d'arpenteur

III.1.2 - La mire de nivellement

La mire de nivellement est une barre verticale graduée permettant de lire directement la valeur de chaque dénivelé. Elle est généralement en bois, pliante, de 3 ou 4 mètres, munie d'un talon de mire de nivellement. On effectue une lecture estimée -1,1- au millimètre, au moyen du trait niveleur du niveau.



Figure n° 13: Schéma montrant la mire de nivellement

Source : Cliche de l'auteur

III.1.3 - Le décamètre

Un décamètre est un outil servant à prendre des mesures sur de grandes longueurs et constitué d'un ruban de plastique ou de métal gradué de dix mètres de long.



Figure n° 14: Schéma représentatif du décamètre

Source : Cliche de l'auteur

III.1.4 - Global Positionning System (GPS)

Cet appareil sert à déterminer la localisation du site à étudier. Les indications sont données :

- en degré, minutes et secondes Nord ou Sud pour la latitude ;
- en degré minutes et secondes Est ou Ouest pour la longitude.

Les mesures in situ ont été faites pendant une durée de trois jours, du 08 au 12 Septembre 2014. On a fait une bathymétrie et une étude topographique autour du lac ANDRAIKIBA. Et nous avons aussi effectué d'autres mesures aux différents points du Lac ANDRAIKIBA qui présente un fort débit à étudier.

Le repérage des sites et des points spécifiques de référence a été réalisé à l'aide d'un appareil GPS.



Figure n° 15: Schéma d'un Global Positionning Système (GPS)

III.1.5. Escodeur du type : Plastimo M430



Figure n° 16: Photo d'un escodeur manuelle M430

Source : Cliche de l'auteur

C'est un escodeur à ultrason avec affichage des echos sur écran à cristaux liquide

a- Description générale

M430 est un échosondeur monofaisceau bi-fréquences conçu pour les leviers hydrographiques. Il permet d'imprimer directement le profil du fond avec diverses informations comme la date et l'heure du lever ou la position géographique, au fur et à mesure de l'avancement du bateau, sur un papier thermo-imprimable (un papier qui n'a pas besoin d'encre mais qui sous l'effet de la chaleur imprime en noir). Mais il peut également envoyer ces données sur un afficheur et/ou enregistreur externes, comme un ordinateur avec un logiciel adéquat (Hypack), par des ports série (NMEA-0183).

Les paramètres de fonctionnement du HS 4300 sont entrés par un jeu de boutons à travers des menus hiérarchiques de fonctions. Ces menus sont affichés sur un écran LCD (liquid cristal display) de 60 mm x 32.5 mm. Au cours du lever, quand l'écran n'est pas utilisé pour les menus, il affiche la profondeur mesurée, l'heure et la position si

le sondeur est relié à un récepteur GPS. Selon la configuration avant le lever, la profondeur affichée est soit :

- La profondeur en dessous de la quille du bateau ou DBK (DepthBelowKeel)
- La profondeur en dessous du transducteur ou DBT (DepthBelowTransducer)
- La profondeur en dessous de la flottaison DBS (DepthBelow Surface)

b- Caractéristiques techniques du M430

Le M430 est un sondeur électroacoustique à faisceau étroit qui peut être utilisé en mono fréquence sur les fréquences 28, 30, 33, 38, 50, 100, 200 or 210 kHz ou en bi-fréquences sur n'importe quelle combinaison de ces fréquences. La combinaison de fréquences par défaut est 30/200 KHz. Ces caractéristiques principales sont capable de connaître l'échelle sont disponibles, l'appareil est équipé d'un système automatique d'antiparasite.

➤ **Contenu d'une minute ou d'un plan bathymétrique**

Une minute bathymétrique comprend la morphologie générale du fond par un réseau d'isobathes, établis à l'aide d'un modèle numérique de terrain, ou par des plages de couleurs variant en fonction de la profondeur.

Le plan bathymétrique est un document issu d'une minute bathymétrique. Sur un plan bathymétrique (par comparaison avec un plan topographique) on peut trouver les inscriptions supplémentaires suivantes :

- l'organisme responsable du levé,
- le(s) système(s) bathymétrique(s) utilisé(s) et le (les) navire(s) porteur(s),
- la date et l'heure ou la période à laquelle a été réalisé le levé,
- les instructions techniques de références,
- les référentiels de position et d'altitude,
- la projection de représentation des données,
- les profondeurs minimale et maximale mesurées.

Le point de référence GPS utilisé lors du lever est aussi indiqué pour le besoin de ceux qui vont effectuer les travaux d'implantation topographique. Pour le Lac andraikiba, ce point est le point CI46 dont les coordonnées UTM39 sont :

$$X = 469500 \text{ m}$$

$$Y = 684700 \text{ m}$$

Outils de prise de notes et de calculs : Bloc note, crayon et gomme : indispensable pour la prise de note, Calculatrice : utile pour les divers calculs, chaîne d'arpenteur

III.1.2- Pour l'acquisition des données hydrauliques :

Nous n'avons pas pu faire les travaux concernant les mesures hydrauliques, par contre le service météorologique d'Ampanandrianomby à Antananarivo dispose de (03) stations pour les mesures des températures et les débits. De plus, nous avons aussi utilisé les données recueillies par la société JIRAMA Antsirabe.

III.2- Technique d'acquisition des données

III.2.1- Données Topographiques

Tôt le matin du 06 septembre on s'est rendu au lac ANDRAIKIBA pour effectuer une étude sur terrain du lac et de ses alentours. D'abord on s'est occupé à installer sur place tout le matériel nécessaire pour notre étude, comme l'installation des deux échelles limnimétriques et l'étude bathymétrique autour du lac.

Ensuite, conformément au programme du jour, on fait une reconnaissance exacte du matériel que l'on va utiliser. Le matériel en question s'appelle Théodolite, il est nécessaire pour mesurer un levé du territoire.

Aussi il faut tester la température de l'eau du lac : si elle garde la chaleur glacée de la nuit on doit attendre que l'eau soit plus tiède en observant la montée progressive du soleil pour réchauffer l'eau du lac, ceci car on a besoin d'une certaine chaleur afin de pouvoir repérer l'emplacement de l'échelle limnométrique dans l'eau. Elle facilite la tâche au point de ce matériel.

On installe ainsi les deux échelles limnimétriques placées en bâton à partir du bord lac près de la station du pompage de la JIRAMA. La première installation de l'échelle limnimétrique se place à 3 mètres du bord du lac près de la station du pompage de la JIRAMA avec une hauteur de profondeur H.E égale à 1,02mètre, tandis que la deuxième échelle limnimétrique est placée à 1 mètre du bord du lac avec une hauteur de profondeur H.E égale à 1,6 mètre.

Après, on fait le tour du lac en vedette pour commencer l'étude de la bathymétrie avec les matériels prévus pour ce travail c'est-à-dire adaptable à l'étude de bathymétrie. Le tour du lac nous a permis d'obtenir les données à l'aide de la valeur trouvée en GPS.

Enfin, on fait l'étude topographique. On prend les mesures des alentours du lac à l'aide d'une chaîne d'arpenteur par rapport à la station JIRAMA.

III.2.2 - Technique et mesure des données hydrauliques

La mesure de la hauteur d'un lac se fait dans une station fixe ou station hydrométrique. La bathymétrie permet de connaître la hauteur du lac, à partir duquel on déduit les profondeurs. Plusieurs méthodes et appareils de mesure existent pour déterminer la hauteur du lac. Dans notre cas, il s'agit donc d'un bassin versant d'ANDRAIKIBA, nous avons ainsi choisit un système de mesure directe par des appareils placés dans le courant. C'est la technique la plus usuellement utilisée pour connaître précisément la hauteur, en mesurant en continu la hauteur d'eau depuis une station hydrométrique, et à corrélér cette hauteur au moyen d'une courbe de tarage établie grâce à des bathymétries.

Tableau n° 11: Résultat d'une ETP annuel en millimètre (mm) année 2013

Longitude (EST)	Latitude (SUD)	Altitude (mètre)	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Des
46°58'	19°52'	1500	93	80	82	65	49	37	35	42	42	52	72	92

Source : Service Météorologique Ampandrianomby Antananarivo

Tableau n° 12: Représentation de la pluie annuelle pendant 5Ans depuis 2009-2013 pluie mensuelle (mm)

MOIS	Jan	Fev	mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
2009	349,1	198,4	141,6	98,5	2,4	4,2	59,4	14,5	5,3	88,9	96,9	164,6
2010	601,7	640,4	471,6	385,4	223,7	318,4	386,6	266,6	27,4	39,8	65,2	11,4
2013	242	215,6	127,4	15,5	10,5	0,5	0,9	0,6	1,5	199,6	231,2	248,5

Tableau n° 13: Représentation de la Température maximal(Tmax), Température minimal(Tmin) pendant 2ans

2009	Jan	Fev	mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Des
Tmax	26	25,4	25,4	23,4	20,4	2,2	20,4	20,8	23,9	25,3	25,2	25,5
Tmin	15,6	14,1	14,9	13,2	9,5	7	6,7	9,1	9,6	11,9	13	15,2
2013	Jan	Fev	mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Des
Tmax	25,3	23,5	24,5	24,1	22,3	21,2	21,2	22,9	26,5	25,4	26,8	25,6
Tmin	15,1	15,9	14,6	12,1	9,9	4,4	4,6	5,8	8,2	13	14,5	15,3

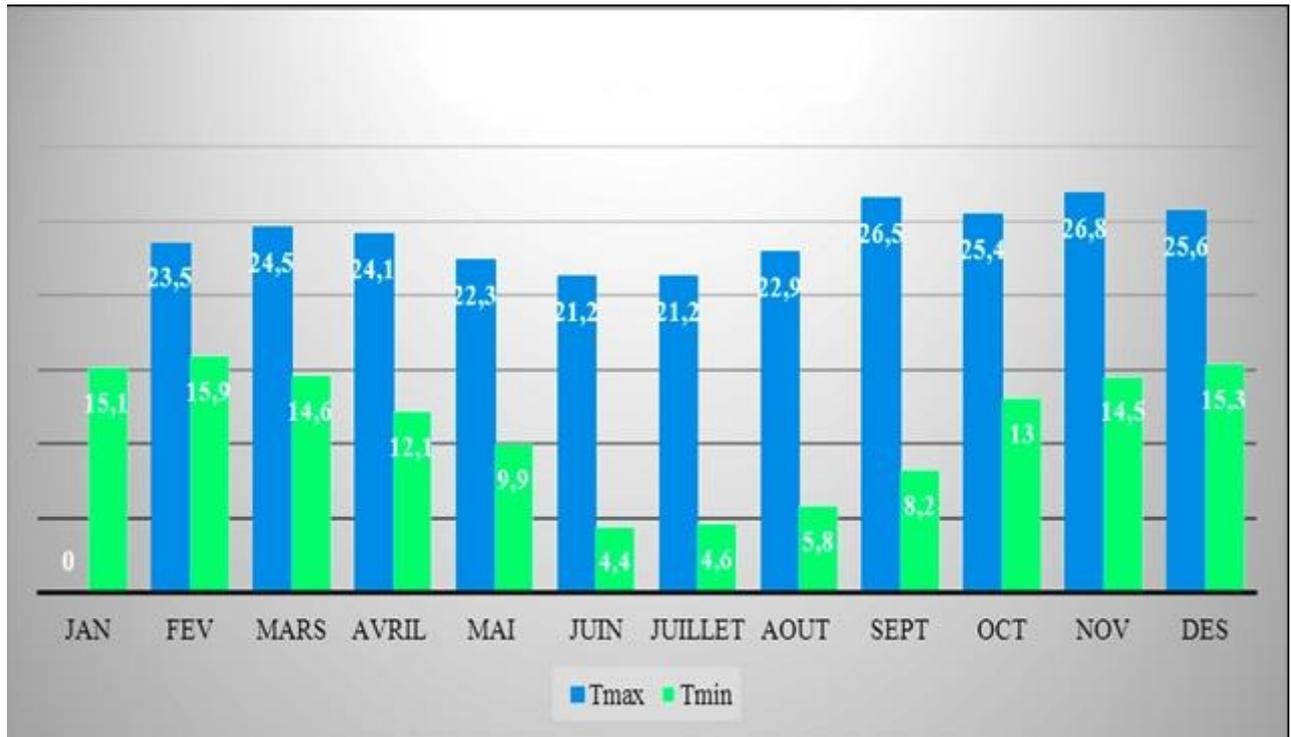


Figure n° 17: Variation de la moyenne des températures mensuelles maximales et minimales pour la station Antsirabe de 2011 à 2012. (Source Dir. Météorologie Ampandrianomby, 2013).

Généralement, les mois les plus froids sont enregistrés entre Mai et Aout. On remarque que la plus forte chaleur sont les mois de Septembre, Octobre et Novembre. Et pour les mois qui restent la température ambiante prédomine.

▪ **La topographie du terrain**

Premièrement, le lac d'Andraikiba fait partis des biens communaux par un décret de dotation Communale N°04 avec le Titre N° 6204^P. Deuxièmement, en analysant le plan topographique, on trouve que le bassin versant du lac est délimité par des pistes existantes autour du lac, pistes desservant les localités environnantes.

Topographiquement, il est délimité par les coordonnées géographiques en projection Laborde Madagascar, résumées dans le tableau suivant :

▪ **Données autour du Lac ANDRAIKIBA (à pieds)**

Tableau n° 14: Représentation des données topographique autour du lac

Profil n°:	Y	x	y	X	xlab	ylab	Observation
1	19°52',268	46°58',484	-19,941111	47,101111	469500	684700	
2	19°52',252	46°58',492	-19,936667	47,103333	469700	685200	
3	19°52',244	46°58',483	-19,934444	47,100833	469400	685400	
4	19°52',228	46°58',475	-19,93	47,098611	469200	685900	
5	19°52',213	46°58',469	-19,925833	47,096944	469000	686400	
6	19°52',206	46°58',465	-19,923889	47,095833	468900	686600	
7	19°52',199	46°58',461	-19,921944	47,094722	468800	686800	
8	19°52',193	46°58',457	-19,920278	47,093611	468700	687000	
9	19°52',188	46°58',453	-19,918889	47,0925	468600	687100	
10	19°52',182	46°58',448	-19,917222	47,091111	468400	687300	
11	19°52',177	46°58',441	-19,915833	47,089167	468200	687500	
12	19°52',171	46°58',433	-19,914167	47,086944	468000	687700	
13	19°52',167	46°58',428	-19,913056	47,085556	467900	687800	
14	19°52',157	46°58',418	-19,910278	47,082778	467600	688100	
15	19°52',151	46°58',404	-19,908611	47,078889	467200	688300	
16	19°52',147	46°58',394	-19,9075	47,076111	466900	688400	
17	19°52',142	46°58',387	-19,906111	47,074167	466700	688600	
18	19°52',142	46°58',377	-19,906111	47,071389	466400	688600	
19	19°52',145	46°58',373	-19,906944	47,070278	466300	688500	
20	19°52',149	46°58',365	-19,908056	47,068056	466000	688300	Dalle à sec
21	19°52',149	46°58',357	-19,908056	47,065833	465800	688300	
22	19°52',156	46°58',348	-19,91	47,063333	465500	688100	
23	19°52',159	46°58',342	-19,910833	47,061667	465400	688000	
24	19°52',166	46°58',337	-19,912778	47,060278	465200	687800	
25	19°52',173	46°58',329	-19,914722	47,058056	465000	687600	
26	19°52',180	46°58',320	-19,916667	47,055556	464700	687400	
27	19°52',192	46°58',308	-19,92	47,052222	464400	687000	
28	19°52',198	46°58',291	-19,921667	47,0475	463900	686800	
29	19°52',201	46°58',284	-19,9225	47,045556	463700	686700	
30	19°52',200	46°58',280	-19,922222	47,044444	463500	686800	
31	19°52',199	46°58',270	-19,921944	47,041667	463300	686800	
32	19°52',197	46°58',262	-19,921389	47,039444	463000	686900	
33	19°52',193	46°58',257	-19,920278	47,038056	462900	687000	
34	19°52',189	46°58',253	-19,919167	47,036944	462800	687100	
35	19°52',180	46°58',246	-19,916667	47,035	462600	687400	
36	19°52',173	46°58',239	-19,914722	47,033056	462400	687600	
37	19°52',168	46°58',234	-19,913333	47,031667	462200	687800	
38	19°52',162	46°58',225	-19,911667	47,029167	462000	688000	

39	19°52',159	46°58',218	-19,910833	47,027222	461700	688000	
40	19°52',158	46°58',212	-19,910556	47,025556	461600	688100	
41	19°52',157	46°58',207	-19,910278	47,024167	461400	688100	
42	19°52',158	46°58',201	-19,910556	47,0225	461300	688100	
43	19°52',159	46°58',194	-19,910833	47,020556	461100	688000	
44	19°52',161	46°58',188	-19,911389	47,018889	460900	688000	
45	19°52',164	46°58',183	-19,912222	47,0175	460700	687900	
46	19°52',167	46°58',178	-19,913056	47,016111	460600	687800	
47	19°52',170	46°58',173	-19,913889	47,014722	460400	687700	
48	19°52',175	46°58',168	-19,915278	47,013333	460300	687600	
49	19°52',178	46°58',163	-19,916111	47,011944	460100	687500	
50	19°52',183	46°58',158	-19,9175	47,010556	460000	687300	
51	19°52',188	46°58',159	-19,918889	47,010833	460000	687200	
52	19°52',191	46°58',160	-19,919722	47,011111	460100	687100	
53	19°52',195	46°58',161	-19,920833	47,011389	460100	686900	Rocheux
54	19°52',199	46°58',143	-19,921944	47,006389	459600	686800	
55	19°52',202	46°58',140	-19,922778	47,005556	459500	686700	
56	19°52',208	46°58',138	-19,924444	47,005	459400	686500	
57	19°52',215	46°58',134	-19,926389	47,003889	459300	686300	
58	19°52',220	46°58',129	-19,927778	47,0025	459200	686200	
59	19°52',221	46°58',124	-19,928056	47,001111	459000	686200	
60	19°52',217	46°58',119	-19,926944	46,999722	458900	686300	
61	19°52',214	46°58',113	-19,926111	46,998056	458700	686400	
62	19°52',211	46°58',105	-19,925278	46,995833	458500	686500	
63	19°52',208	46°58',101	-19,924444	46,994722	458300	686600	
64	19°52',207	46°58',097	-19,924167	46,993611	458200	686600	
65	19°52',207	46°58',085	-19,924167	46,990278	457900	686600	
66	19°52',207	46°58',079	-19,924167	46,988611	457700	686600	
67	19°52',207	46°58',074	-19,924167	46,987222	457600	686600	
68	19°52',205	46°58',068	-19,923611	46,985556	457400	686600	
69	19°52',205	46°58',065	-19,923611	46,984722	457300	686600	
70	19°52',205	46°58',060	-19,923611	46,983333	457200	686600	
71	19°52',206	46°58',054	-19,923889	46,981667	457000	686600	
72	19°52',205	46°58',049	-19,923611	46,980278	456800	686600	
73	19°52',205	46°58',043	-19,923611	46,978611	456700	686700	
74	19°52',204	46°58',038	-19,923333	46,977222	456500	686700	
75	19°52',203	46°58',032	-19,923056	46,975556	456300	686700	
76	19°52',201	46°58',026	-19,9225	46,973889	456200	686800	
77	19°52',200	46°58',021	-19,922222	46,9725	456000	686800	
78	19°52',198	46°58',014	-19,921667	46,970556	455800	686900	
79	19°52',197	46°58',009	-19,921389	46,969167	455700	686900	
80	19°52',196	46°58',002	-19,921111	46,967222	455500	686900	
81	19°52',196	46°57',995	-20,056944	46,967222	455400	671900	

82	19°52',194	46°57',988	-20,056944	46,968889	455600	671900	
83	19°52',192	46°57',982	-20,058056	46,971389	455900	671800	
84	19°52',192	46°57',978	-20,058889	46,9725	456000	671700	
85	19°52',194	46°57',972	-20,059722	46,973889	456100	671600	
86	19°52',196	46°57',967	-20,060556	46,976111	456300	671500	
87	19°52',202	46°57',962	-20,061389	46,978611	456600	671400	
88	19°52',204	46°57',958	-20,062222	46,981667	456900	671300	
89	19°52',206	46°57',955	-20,062778	46,984167	457200	671200	
90	19°52',212	46°57',951	-20,063333	46,986667	457400	671200	
91	19°52',216	46°57',948	-20,063611	46,988611	457700	671200	
92	19°52',219	46°57',944	-20,063611	46,990278	457800	671200	
93	19°52',224	46°57',937	-20,063611	46,9925	458100	671200	
94	19°52',229	46°57',932	-20,063611	46,994444	458300	671200	
95	19°52',231	46°57',928	-20,063333	46,996667	458500	671200	
96	19°52',236	46°57',923	-20,063056	46,999444	458800	671200	
97	19°52',241	46°57',918	-20,063056	47,001667	459000	671200	
98	19°52',250	46°57',913	-20,0625	47,003889	459200	671300	
99	19°52',257	46°57',910	-20,061944	47,006111	459500	671300	
100	19°52',261	46°57',907	-20,061667	47,0075	459600	671400	
101	19°52',268	46°57',905	-20,060833	47,008889	459800	671500	
102	19°52',273	46°57',904	-20,060278	47,010278	459900	671500	
103	19°52',278	46°57',903	-20,059722	47,011667	460100	671600	
104	19°52',281	46°57',903	-20,057222	47,014722	460400	671900	
105	19°52',285	46°57',905	-20,055556	47,016111	460500	672000	
106	19°52',289	46°57',905	-20,053611	47,018056	460700	672300	
107	19°52',292	46°57',905	-20,0525	47,018889	460800	672400	
108	19°52',296	46°57',904	-20,051389	47,017778	460700	672500	
109	19°52',302	46°57',904	-20,050278	47,022222	461200	672600	
110	19°52',307	46°57',902	-20,048889	47,023889	461300	672800	
111	19°52',311	46°57',899	-20,048333	47,025	461500	672800	
112	19°52',315	46°57',893	-20,047778	47,025278	461500	672900	
113	19°52',318	46°57',888	-20,0475	47,028889	461900	672900	
114	19°52',322	46°57',882	-20,047222	47,030278	462000	673000	
115	19°52',326	46°57',878	-20,047222	47,031944	462200	673000	
116	19°52',331	46°57',843	-20,047222	47,033333	462300	673000	
117	19°52',336	46°57',866	-20,0475	47,035556	462600	672900	
118	19°52',342	46°57',859	-20,0475	47,036667	462700	672900	
119	19°52',348	46°57',853	-20,047778	47,0375	462800	672900	
120	19°52',351	46°57',849	-20,047778	47,04	463000	672900	
121	19°52',356	46°57',845	-20,0475	47,042778	463300	672900	
122	19°52',361	46°57',842	-20,047222	47,044444	463500	672900	
123	19°52',365	46°57',839	-20,047222	47,045278	463600	672900	
124	19°52',370	46°57',838	-20,046667	47,047222	463800	673000	

125	19°52',376	46°57',837	-20,046389	47,049444	464000	673000	
126	19°52',381	46°57',836	-20,045833	47,051111	464200	673100	
127	19°52',386	46°57',836	-20,045556	47,053333	464400	673100	
128	19°52',392	46°57',834	-20,045278	47,054722	464600	673200	
129	19°52',400	46°57',834	-20,044722	47,055833	464700	673200	
130	19°52',407	46°57',834	-20,043611	47,058333	465000	673300	
131	19°52',414	46°57',834	-20,043056	47,060556	465200	673400	
132	19°52',421	46°57',833	-20,042778	47,0625	465400	673400	
133	19°52',429	46°57',834	-20,0425	47,065	465600	673500	
134	19°52',439	46°57',835	-20,041944	47,066667	465800	673500	
135	19°52',445	46°57',835	-20,041389	47,068889	466100	673600	
136	19°52',452	46°57',836	-20,040833	47,071111	466300	673600	
137	19°52',457	46°57',837	-20,040278	47,072778	466500	673700	
138	19°52',463	46°57',838	-20,04	47,074722	466700	673700	
139	19°52',467	46°57',840	-20,040278	47,077222	466900	673700	
140	19°52',477	46°57',848	-20,04	47,08	467200	673700	
141	19°52',479	46°57',852	-20,040278	47,081667	467400	673700	
142	19°52',482	46°57',855	-20,040556	47,084167	467700	673700	
143	19°52',486	46°57',858	-20,040556	47,085833	467800	673700	
144	19°52',492	46°57',861	-20,040556	47,0875	468000	673700	
145	19°52',496	46°57',863	-20,040278	47,088333	468100	673700	
146	19°52',501	46°57',863	-20,038889	47,090833	468400	673900	
147	19°52',508	46°57',863	-20,036667	47,093333	468600	674100	
148	19°52',513	46°57',864	-20,035278	47,095	468800	674200	
149	19°52',520	46°57',866	-20,034167	47,096944	469000	674400	
150	19°52',528	46°57',866	-20,033333	47,098333	469100	674500	
151	19°52',535	46°57',866	-20,030833	47,100833	469400	674700	
152	19°52',544	46°57',869	-20,028333	47,102222	469500	675000	
153	19°52',554	46°57',873	-20,025	47,104167	469800	675400	
154	19°52',563	46°57',877	-20,022222	47,105556	469900	675700	
155	19°52',573	46°57',880	-20,020556	47,106389	470000	675900	
156	19°52',584	46°57',885	-20,018333	47,106944	470000	676100	
157	19°52',596	46°57',890	-20,016389	47,1075	470100	676300	
158	19°52',607	46°57',896	-20,014167	47,107778	470100	676600	
159	19°52',616	46°57',900	-20,012222	47,108333	470200	676800	
160	19°52',629	46°57',905	-20,01	47,108333	470200	677000	
161	19°52',637	46°57',911	-20,008056	47,108333	470200	677300	
162	19°52',644	46°57',917	-20,006389	47,108333	470200	677400	
163	19°52',653	46°57',912	-20,004444	47,1075	470100	677700	
164	19°52',661	46°57',927	-20,000556	47,106667	470000	678100	
165	19°52',667	46°57',933	-19,996944	47,106389	470000	678500	
166	19°52',673	46°57',940	-19,995	47,106111	470000	678700	
167	19°52',677	46°57',947	-19,993056	47,105833	469900	678900	

168	19°52',681	46°57',954	-19,991389	47,105556	469900	679100	
169	19°52',685	46°57',960	-19,989722	47,105	469900	679300	
170	19°52',688	46°57',967	-19,988333	47,104444	469800	679400	
171	19°52',689	46°57',973	-19,987222	47,103333	469700	679600	
172	19°52',689	46°57',978	-19,986111	47,102778	469600	679700	
173	19°52',687	46°57',994	-19,985278	47,101667	469500	679800	
174	19°52',685	46°58',002	-19,984167	47,1	469300	679900	
175	19°52',685	46°58',008	-19,983611	47,098611	469200	680000	
176	19°52',689	46°58',017	-19,983333	47,097222	469000	680000	
177	19°52',692	46°58',021	-19,9825	47,095278	468800	680100	
178	19°52',695	46°58',026	-19,982778	47,093611	468700	680100	
179	19°52',698	46°58',034	-19,983056	47,091667	468500	680000	
180	19°52',701	46°58',043	-19,983333	47,09	468300	680000	
181	19°52',704	46°58',054	-19,983611	47,088611	468100	680000	
182	19°52',706	46°58',063	-19,983611	47,087222	468000	680000	
183	19°52',708	46°58',072	-19,983056	47,085833	467900	680000	
184	19°52',709	46°58',079	-19,9825	47,084722	467700	680100	
185	19°52',709	46°58',085	-19,981667	47,083889	467600	680200	
186	19°52',709	46°58',093	-19,980556	47,083333	467600	680300	
187	19°52',709	46°58',100	-19,979444	47,082778	467500	680400	
188	19°52',708	46°58',108	-19,977778	47,083056	467600	680600	
189	19°52',707	46°58',118	-19,976944	47,083611	467600	680700	
190	19°52',707	46°58',126	-19,976111	47,084444	467700	680800	
191	19°52',705	46°58',134	-19,975556	47,085833	467900	680900	
192	19°52',703	46°58',142	-19,975	47,0875	468000	680900	
193	19°52',702	46°58',147	-19,974444	47,089444	468200	681000	
194	19°52',699	46°58',152	-19,974167	47,091111	468400	681000	
195	19°52',697	46°58',157	-19,973889	47,0925	468600	681000	
196	19°52',695	46°58',162	-19,973889	47,093889	468700	681000	
197	19°52',686	46°58',173	-19,973333	47,095833	468900	681100	
198	19°52',680	46°58',178	-19,973056	47,097222	469000	681100	
199	19°52',673	46°58',185	-19,9725	47,098333	469200	681200	
200	19°52',669	46°58',188	-19,971389	47,099444	469300	681300	
201	19°52',665	46°58',184	-19,97	47,100833	469400	681500	
202	19°52',661	46°58',200	-19,968611	47,101667	469500	681600	
203	19°52',656	46°58',206	-19,966944	47,1025	469600	681800	
204	19°52',654	46°58',210	-19,965833	47,103056	469700	681900	
205	19°52',652	46°58',211	-19,964444	47,103333	469700	682100	
206	19°52',651	46°58',224	-19,964167	47,104167	469800	682100	
207	19°52',650	46°58',229	-19,962778	47,104722	469800	682300	
208	19°52',650	46°58',235	-19,961667	47,105278	469900	682400	
209	19°52',650	46°58',240	-19,96	47,105556	469900	682600	
210	19°52',651	46°58',248	-19,958889	47,105833	470000	682700	

211	19°52',651	46°58',252	-19,9575	47,106111	470000	682900	
212	19°52',652	46°58',255	-19,956111	47,106389	470000	683000	
213	19°52',652	46°58',264	-19,954444	47,106389	470000	683200	
214	19°52',651	46°58',274	-19,953056	47,106389	470000	683300	
215	19°52',650	46°58',280	-19,951389	47,106389	470000	683500	
216	19°52',650	46°58',283	-19,949722	47,106111	470000	683700	
217	19°52',648	46°58',290	-19,948056	47,105833	470000	683900	
218	19°52',647	46°58',298	-19,946389	47,105556	469900	684100	
219	19°52',645	46°58',304	-19,944444	47,105278	469900	684300	
220	19°52',644	46°58',312	-19,942778	47,104722	469800	684500	
221	19°52',643	46°58',317	-19,920732	46,965861	455300	687000	buse d'évacuation
222	19°52',641	46°58',321	-19,919053	46,963846	455100	687200	
223	19°52',637	46°58',330	-19,91771	46,961832	454900	687300	
224	19°52',635	46°58',338	-19,917374	46,959481	454700	687300	
225	19°52',634	46°58',345	-19,918381	46,956795	454400	687200	
226	19°52',633	46°58',354	-19,920396	46,955117	454200	687000	
227	19°52',631	46°58',360	-19,916703	46,957803	454500	687400	
228	19°52',629	46°58',368	-19,922411	46,953774	454100	686800	
229	19°52',627	46°58',376	-19,924425	46,951088	453800	686600	
230	19°52',625	46°58',382	-19,925768	46,95008	453700	686400	
231	19°52',624	46°58',389	-19,926775	46,948401	453500	686300	
232	19°52',625	46°58',398	-19,927783	46,946051	453200	686200	
233	19°52',624	46°58',408	-19,92879	46,94538	453200	686100	
234	19°52',625	46°58',414	-19,930469	46,943365	453000	685900	
235	19°52',626	46°58',423	-19,932147	46,941351	452800	685700	
236	19°52',626	46°58',429	-19,934498	46,941351	452800	685500	
237	19°52',626	46°58',435	-19,936177	46,939672	452600	685300	
238	19°52',625	46°58',438	-19,939198	46,938665	452500	684900	
239	19°52',620	46°58',447	-19,941884	46,938665	452500	684600	
240	19°52',612	46°58',456	-19,94457	46,938665	452500	684300	Piscine
241	19°52',607	46°58',462	-19,947592	46,938329	452400	684000	
242	19°52',603	46°58',469	-19,950614	46,937993	452400	683700	
243	19°52',600	46°58',474	-19,952629	46,936986	452300	683500	
244	19°52',591	46°58',483	-19,9533	46,935643	452100	683400	
245	19°52',582	46°58',488	-19,954979	46,933628	451900	683200	
246	19°52',570	46°58',495	-19,955986	46,931614	451700	683100	
247	19°52',560	46°58',500	-19,956322	46,929935	451600	683000	
248	19°52',554	46°58',503	-19,957329	46,928256	451400	682900	
249	19°52',546	46°58',505	-19,958672	46,926577	451200	682800	
250	19°52',539	46°58',507	-19,960015	46,925906	451100	682600	
251	19°52',531	46°58',508	-19,96203	46,922884	450800	682400	
252	19°52',524	46°58',510	-19,964044	46,921541	450700	682200	
253	19°52',516	46°58',510	-19,967402	46,920534	450600	681800	

254	19°52',509	46°58',510	-19,970088	46,919526	450500	681500	
255	19°52',503	46°58',510	-19,971767	46,919526	450500	681300	
256	19°52',496	46°58',507	-19,973781	46,919526	450500	681100	
257	19°52',482	46°58',504	-19,976467	46,919862	450500	680800	
258	19°52',469	46°58',503	-19,979153	46,919526	450500	680500	
259	19°52',462	46°58',502	-19,981168	46,919526	450500	680300	
260	19°52',455	46°58',501	-19,98419	46,919526	450500	680000	
261	19°52',449	46°58',500	-19,987211	46,919526	450500	679600	
262	19°52',443	46°58',498	-19,990233	46,920198	450500	679300	
263	19°52',438	46°58',496	-19,992248	46,920198	450500	679100	
264	19°52',434	46°58',492	-19,994262	46,920534	450600	678900	
265	19°52',430	46°58',490	-19,995605	46,921205	450600	678700	
266	19°52',427	46°58',486	-19,996613	46,922213	450700	678600	
267	19°52',423	46°58',480	-19,99762	46,923556	450900	678500	
268	19°52',421	46°58',475	-19,99997	46,926577	451200	678200	
269	19°52',420	46°58',470	-20,001985	46,92792	451300	678000	
270	19°52',417	46°58',463	-20,003999	46,927585	451300	677800	
271	19°52',418	46°58',457	-20,006685	46,928256	451400	677500	
272	19°52',419	46°58',450	-20,009036	46,92792	451300	677200	
273	19°52',420	46°58',444	-20,011722	46,92792	451300	676900	
274	19°52',421	46°58',439	-20,013736	46,928928	451400	676700	
275	19°52',421	46°58',434	-20,016758	46,929263	451500	676400	
276	19°52',419	46°58',429	-20,01978	46,930271	451600	676000	
277	19°52',417	46°58',425	-20,022466	46,931949	451700	675700	
278	19°52',414	46°58',422	-20,025152	46,932621	451800	675400	
279	19°52',410	46°58',420	-20,027502	46,9343	452000	675200	
280	19°52',406	46°58',418	-20,03086	46,935307	452100	674800	
281	19°52',400	46°58',419	-20,033881	46,935979	452200	674500	
282	19°52',397	46°58',421	-20,036232	46,93665	452200	674200	
283	19°52',394	46°58',424	-20,039589	46,937657	452300	673800	
284	19°52',392	46°58',429	-20,042611	46,939336	452500	673500	
285	19°52',390	46°58',435	-20,044961	46,941351	452700	673200	
286	19°52',388	46°58',442	-20,04664	46,942694	452900	673000	
287	19°52',387	46°58',448	-20,047983	46,944037	453000	672900	
288	19°52',386	46°58',453	-20,049326	46,945715	453200	672700	
289	19°52',386	46°58',458	-20,052684	46,947058	453300	672400	
290	19°52',384	46°58',465	-20,052684	46,950416	453700	672400	
291	19°52',383	46°58',470	-20,054363	46,953438	454000	672200	
292	19°52',381	46°58',474	-20,055034	46,956124	454300	672100	
293	19°52',377	46°58',478	-20,057384	46,958138	454500	671900	
294	19°52',372	46°58',483	-20,056041	46,961496	454800	672000	
295	19°52',367	46°58',486	-20,055706	46,963175	455000	672000	
296	19°52',361	46°58',489	-20,056377	46,965189	455200	672000	

297	19°52',357	46°58',491	-20,055034	46,959481	454600	672100	
298	19°52',352	46°58',492	-20,052348	46,948737	453500	672400	
299	19°52',351	46°58',495	-20,050333	46,946387	453200	672600	
300	19°52',346	46°58',497	-20,041268	46,938329	452400	673600	
301	19°52',342	46°58',499	-19,998627	46,924563	451000	678400	
302	19°52',336	46°58',500	-19,966059	46,921205	450600	682000	
303	19°52',332	46°58',501	-19,960351	46,923891	450900	682600	
304	19°52',327	46°58',502	-19,949271	46,937657	452400	683800	
305	19°52',322	46°58',503	-19,946585	46,938665	452500	684100	
306	19°52',316	46°58',503	-19,943899	46,939	452500	684400	
307	19°52',311	46°58',503	-19,93752	46,938665	452500	685100	
308	19°52',305	46°58',503	-19,98889	46,919526	450500	679400	
309	19°52',299	46°58',502	-19,985868	46,918855	450400	679800	
310	19°52',293	46°58',501	-20,032538	46,935307	452100	674600	
311	19°52',287	46°58',500	-20,029181	46,934635	452000	675000	
312	19°52',280	46°58',499	-20,038783	46,93551	452100	673900	
313	19°52',274	46°58',497	-20,022266	46,93046	451600	675700	

Et si on le fait avec le logiciel arcgis10.1 on obtient :

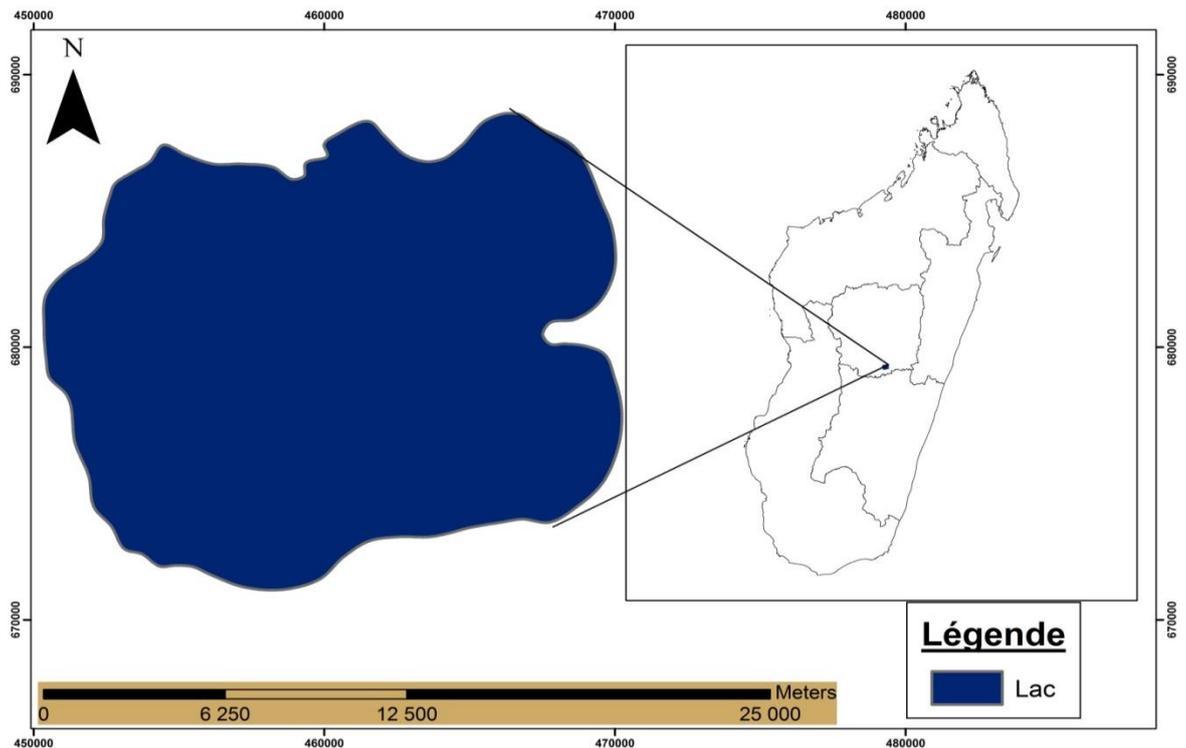


Figure n° 18: Schéma montrant les nombres de contours du lac ANDRAIKIBA à l'aide du ARCGIS

Source : Logiciel ARCGIS 10.2

▪ **Données bathymétriques autour du Lac ANDRAIKIBA (à l'aide d'un vedette)**

Tableau n° 15: Représentation des données bathymétriques autour du Lac

Profil	Xdec	ydec	Xlab	Ylab	PROF	Observations
1	46,97088	-19,87755	455900	691700	0	bord Sud
2	46,97058	-19,87718	455800	691800	10	
3	46,97063	-19,87682	455800	691800	36	
4	46,97086	-19,87643	455900	691900	41	
5	46,97096	-19,87608	455900	691900	44	
6	46,97105	-19,87598	455900	691900	45	
7	46,97138	-19,8752	455900	692000	45	
8	46,97155	-19,87478	455900	692100	43	
9	46,97185	-19,87447	456000	692100	39	
10	46,97201	-19,87408	456000	692100	33	
11	46,97211	-19,87382	456000	692200	27	
12	46,97213	-19,87348	456000	692200	15	
13	46,97221	-19,8733	456000	692200	10	
14	46,97223	-19,8728	456000	692300	9.8	
15	46,97225	-19,87247	456000	692300	11	
16	46,97228	-19,8722	456000	692300	12	
17	46,97235	-19,8719	456000	692400	13	
18	46,97243	-19,87145	456000	692400	12	
19	46,97247	-19,87107	456000	692500	11	
20	46,97243	-19,87075	456000	692500	10	
21	46,97236	-19,8704	456000	692500	8.7	
22	46,97237	-19,87015	456000	692600	7.6	
23	46,97233	-19,86992	456000	692600	5.7	
24	46,97243	-19,8697	456000	692600	4.1	
25	46,97243	-19,86957	456000	692600	3.3	
26	46,97245	-19,86927	456000	692700	0	Bord Nord
27	46,97126	-19,86937	456000	692700	3.1	
28	46,97278	-19,86953	456100	692600	3.5	
29	46,97293	-19,86963	456100	692600	4.5	
30	46,97303	-19,86972	456100	692600	6.2	
31	46,97323	-19,86987	456100	692600	6.7	
32	46,97353	-19,87007	456100	692600	6.2	
33	46,97387	-19,87025	456200	692600	6	
34	46,97411	-19,87042	456200	692500	5.3	
35	46,97433	-19,87053	456200	692500	4	
36	46,97417	-19,87065	456200	692500	3.7	
37	46,97453	-19,87075	456200	692500	3.1	
38	46,97493	-19,87107	456300	692500	0	JIRAMA

39	46,97453	0	471600	2892000	4.2	JIRAMA
40	46,97455	-19,87128	456200	692400	4.7	
41	46,97448333	-19,8713	456200	692400	5.1	
42	46,97435	-19,87128	456200	692400	5.8	
43	46,97423333	-19,87127	456200	692400	6	
44	46,97413333	-19,87127	456200	692400	6.3	
45	46,9737	-19,87128	456200	692400	6.7	
46	46,97355	-19,87128	456100	692400	7	
47	46,97326667	-19,87127	456100	692400	7.9	
48	46,97313333	-19,87123	456100	692400	8.7	
49	46,97296667	-19,8712	456100	692500	9.5	
50	46,9728	-19,87115	456100	692500	10	
51	46,97265	-19,87113	456100	692500	11	
52	46,9725	-19,87117	456000	692500	11	
53	46,9723	-19,87118	456000	692500	12	
54	46,97208333	-19,87115	456000	692500	12	
55	46,97195	-19,87113	456000	692500	13	
56	46,97176667	-19,87108	456000	692500	12	
57	46,97143333	-19,871	455900	692500	11	
58	46,97123333	-19,87095	455900	692500	11	
59	46,97111667	-19,87097	455900	692500	12	
60	46,97098333	-19,87093	455900	692500	11	
61	46,97073333	-19,87087	455900	692500	11	
62	46,97065	-19,87085	455800	692500	12	
63	46,97058333	-19,87085	455800	692500	13	
64	46,9705	-19,87085	455800	692500	15	
65	46,97046667	-19,87085	455800	692500	16	
66	46,9704	-19,87093	455800	692500	18	
67	46,9703	-19,87083	455800	692500	20	
68	46,9702	-19,87085	455800	692500	23	
69	46,9701	-19,8709	455800	692500	26	
70	46,96996667	-19,87085	455800	692500	27	
71	46,96986667	-19,8709	455800	692500	28	
72	46,96983333	-19,87092	455800	692500	29	
73	46,96975	-19,87093	455700	692500	30	
74	46,96963333	-19,87095	455700	692500	31	
75	46,96953333	-19,871	455700	692500	32	
76	46,96946667	-19,87105	455700	692500	33	
77	46,96931667	-19,8711	455700	692500	33	
78	46,96925	-19,87113	455700	692500	34	
79	46,96916667	-19,8712	455700	692500	34	
80	46,96908333	-19,87125	455700	692400	35	
81	46,96903333	-19,8713	455700	692400	36	

82	46,96898333	-19,87135	455700	692400	38	
83	46,96886667	-19,87142	455700	692400	39	
84	46,9688	-19,87147	455600	692400	40	
85	46,96873333	-19,87152	455600	692400	42	
86	46,96866667	-19,87155	455600	692400	43	
87	46,9686	-19,8716	455600	692400	44	
88	46,96838333	-19,87175	455600	692400	46	
89	46,96831667	-19,87178	455600	692400	46	
90	46,96821667	-19,87187	455600	692400	47	
91	46,96801667	-19,872	455600	692400	47	
92	46,96788333	-19,87205	455600	692400	48	
93	46,96783333	-19,8721	455500	692400	48	
94	46,96766667	-19,87217	455500	692300	49	
95	46,96748333	-19,8723	455500	692300	49	
96	46,96721667	-19,8725	455500	692300	49	
97	46,96705	-19,8726	455500	692300	49	
98	46,96676667	-19,8727	455400	692300	49	
99	46,96656667	-19,87275	455400	692300	49	
100	46,96643333	-19,87275	455400	692300	49	
101	46,96651667	-19,87275	455400	692300	49	
102	46,96591667	-19,87282	455300	692300	49	
103	46,96575	-19,87282	455300	692300	48	
104	46,96566667	-19,87283	455300	692300	47	
105	46,96558333	-19,87285	455300	692300	45	
106	46,96548333	-19,8728	455300	692300	44	
107	46,9654	-19,87283	455300	692300	43	
108	46,96533333	-19,87285	455300	692300	41	
109	46,96525	-19,87283	455300	692300	36	
110	46,96503333	-19,8728	455300	692300	31	
111	46,96493333	-19,87287	455200	692300	27	
112	46,96483333	-19,87287	455200	692300	25	
113	46,96475	-19,87293	455200	692300	26	
114	46,96456667	-19,87315	455200	692200	26	
115	46,96446667	-19,87325	455200	692200	22	
116	46,96436667	-19,87335	455200	692200	20	
117	46,9643	-19,87342	455200	692200	17	
118	46,96421667	-19,87352	455200	692200	14	
119	46,96418333	-19,87358	455200	692200	13	
120	46,96413333	-19,87362	455200	692200	11	
121	46,9641	-19,87365	455200	692200	6.6	
122	46,96403333	-19,8737	455100	692200	6.6	
123	46,96396667	-19,87377	455100	692200	3.6	
124	46,96386667	-19,8739	455100	692200	0	Bord Ouest

125	46,96406667	-19,87378	455200	692200	8.7	
126	46,96423333	-19,87365	455200	692200	16	
127	46,9644	-19,8735	455200	692200	25	
128	46,96466667	-19,87338	455200	692200	40	
129	46,96455	-19,87335	455200	692200	41	
130	46,96496667	-19,87333	455200	692200	42	
131	46,96516667	-19,8733	455300	692200	44	
132	46,96523333	-19,87325	455300	692200	45	
133	46,96531667	-19,87323	455300	692200	46	
134	46,96541667	-19,87322	455300	692200	47	
135	46,96555	-19,87318	455300	692200	48	
136	46,9657	-19,87313	455300	692200	49	
137	46,96596667	-19,87305	455400	692200	49	
138	46,96636667	-19,87293	455400	692300	49	
139	46,9665	-19,8729	455400	692300	50	
140	46,96675	-19,87287	455400	692300	50	
141	46,96705	-19,87282	455500	692300	50	
142	46,96741667	-19,87273	455500	692300	50	
143	46,96795	-19,87258	455600	692300	50	
144	46,96865	-19,87243	455600	692300	50	
145	46,96896667	-19,87237	455700	692300	49	
146	46,96918333	-19,8723	455700	692300	48	
147	46,96958333	-19,87227	455700	692300	47	
148	46,96981667	-19,8722	455800	692300	46	
149	46,9699	-19,87218	455800	692300	45	
150	46,9701	-19,87213	455800	692300	43	
151	46,97045	-19,8721	455800	692400	43	
152	46,97078333	-19,8721	455900	692400	38	
153	46,97095	-19,8721	455900	692400	32	
154	46,97111667	-19,8721	455900	692400	29	
155	46,97121667	-19,8721	455900	692400	26	
156	46,97135	-19,87212	455900	692400	24	
157	46,97145	-19,87212	455900	692400	22	
158	46,97156667	-19,87212	455900	692400	20	
159	46,97171667	-19,87215	456000	692300	18	
160	46,97185	-19,8722	456000	692300	17	
161	46,9721	-19,87225	456000	692300	14	
162	46,97228333	-19,8723	456000	692300	11	
163	46,97251667	-19,87237	456000	692300	10	
164	46,97275	-19,875	456100	692000	8.5	
165	46,9729	-19,87257	456100	692300	7.5	
166	46,97306667	-19,87262	456100	692300	6.5	
167	46,97321667	-19,8727	456100	692300	7.5	

168	46,97335	-19,8728	456100	692300	6.5	
169	46,97321667	-19,8727	456100	692300	5.8	
170	46,97335	-19,8728	456100	692300	5.1	
171	46,97348333	-19,8729	456100	692300	4.5	
172	46,97361667	-19,873	456200	692300	3.7	
173	46,97368333	-19,87308	456200	692200	2.6	
174	46,97381667	-19,87323	456200	692200	0	Pointe Est
175	46,97508333	-19,87582	456300	691900	0	Cote plongeoire
176	46,97495	-19,87575	456300	691900	4.8	
177	46,97486667	-19,87577	456300	691900	7.5	
178	46,97476667	-19,87577	456300	691900	10	
179	46,97465	-19,87575	456300	691900	12	
180	46,97458333	-19,87573	456300	692000	14	
181	46,97448333	-19,87573	456200	692000	16	
182	46,97436667	-19,87573	456200	692000	18	
183	46,97428333	-19,87572	456200	692000	20	
184	46,97418333	-19,8757	456200	692000	22	
185	46,97403333	-19,8757	456200	692000	24	
186	46,97396667	-19,87568	456200	692000	26	
187	46,97386667	-19,8757	456200	692000	29	
188	46,97366667	-19,87572	456200	692000	33	
189	46,97353333	-19,8757	456100	692000	34	
190	46,97335	-19,87572	456100	692000	36	
191	46,9731	-19,87572	456100	692000	38	
192	46,97286667	-19,87575	456100	691900	39	
193	46,97268333	-19,87575	456100	691900	40	
194	46,97248333	-19,87572	456000	692000	41	
195	46,97221667	-19,87572	456000	692000	42	
196	46,97203333	-19,87573	456000	692000	43	
197	46,97176667	-19,87575	456000	691900	44	
198	46,97156667	-19,87573	455900	692000	44	
199	46,97138333	-19,87573	455900	692000	45	
200	46,97113333	-19,87573	455900	692000	46	
201	46,97088333	-19,87572	455900	692000	47	
202	46,9707	-19,87572	455800	692000	48	
203	46,97041667	-19,8758	455800	691900	48	
204	46,97021667	-19,87585	455800	691900	49	
205	46,96986667	-19,87595	455800	691900	48	
206	46,96965	-19,87595	455700	691900	48	
207	46,96925	-19,876	455700	691900	47	
208	46,96896667	-19,87605	455700	691900	47	
209	46,96866667	-19,87607	455600	691900	48	
210	46,96835	-19,87608	455600	691900	48	

211	46,9681	-19,87612	455600	691900	47	
212	46,96785	-19,87615	455500	691900	46	
213	46,96751667	-19,87617	455500	691900	46	
214	46,96708333	-19,87618	455500	691900	46	
215	46,96683333	-19,87617	455400	691900	45	
216	46,96636667	-19,87618	455400	691900	43	
217	46,96476667	-19,87517	455200	692000	39	
218	46,966	-19,87615	455400	691900	35	
219	46,96588333	-19,87615	455300	691900	32	
220	46,96578333	-19,87617	455300	691900	23	
221	46,96566667	-19,87618	455300	691900	19	
222	46,96553333	-19,8762	455300	691900	16	
223	46,96536667	-19,8762	455300	691900	13	
224	46,9652	-19,87622	455300	691900	10	
225	46,96506667	-19,87623	455300	691900	8.6	
226	46,96491667	-19,87622	455200	691900	6.3	
227	46,9648	-19,87622	455200	691900	3.3	
228	46,96466667	-19,87623	455200	691900	0	Bord Ouest
229	46,96476667	-19,87623	455200	691900	2.8	
230	46,96483333	-19,8763	455200	691900	4.3	
231	46,9649	-19,8764	455200	691900	5.6.	
232	46,965	-19,87645	455200	691900	7.4	
233	46,96513333	-19,87652	455300	691900	9	
234	46,96528333	-19,8766	455300	691900	10	
235	46,96543333	-19,87667	455300	691800	11	
236	46,96553333	-19,87677	455300	691800	12	
237	46,96563333	-19,87685	455300	691800	13	
238	46,96575	-19,87692	455300	691800	15	
239	46,96583333	-19,87695	455300	691800	16	
240	46,96593333	-19,87702	455300	691800	18	
241	46,96598333	-19,87708	455400	691800	19	
242	46,966	-19,87717	455400	691800	19	
243	46,96606667	-19,87727	455400	691800	19	
244	46,9661	-19,87737	455400	691800	18	
245	46,96615	-19,87747	455400	691800	17	
246	46,96625	-19,8776	455400	691700	14	
247	46,96623333	-19,87773	455400	691700	10	
248	46,96628333	-19,87782	455400	691700	8.4	
249	46,96641667	-19,87783	455400	691700	7.8	
250	46,96648333	-19,8778	455400	691700	8.2	
251	46,96656667	-19,8778	455400	691700	6.3	
252	46,96665	-19,87782	455400	691700	4.9	
253	46,9668	-19,87783	455400	691700	3.3	

254	46,96693333	-19,87788	455500	691700	4.8	
255	46,9671	-19,87792	455500	691700	8	
256	46,9672	-19,878	455500	691700	7.9	
257	46,96728333	-19,87805	455500	691700	8.8	
258	46,9674	-19,87812	455500	691700	8.1	
259	46,96748333	-19,87815	455500	691700	7.1	
260	46,96758333	-19,87825	455500	691700	5.4	
261	46,9677	-19,8782	455500	691700	6.7	
262	46,968	-19,87828	455600	691700	6.4	
263	46,968	-19,87832	455600	691700	4.7	
264	46,9683	-19,87838	455600	691700	1.9	
265	46,96831667	-19,8785	455600	691600	0	Bord Sud
266	46,96836667	-19,87815	455600	691700	9.7	
267	46,96815	-19,87795	455600	691700	16	
268	46,96798333	-19,87777	455600	691700	24	
269	46,96786667	-19,87765	455500	691700	29	
270	46,96778333	-19,87755	455500	691800	33	
271	46,96771667	-19,87745	455500	691800	35	
272	46,96761667	-19,87725	455500	691800	39	
273	46,97533333	-19,8771	456300	691800	41	
274	46,96748333	-19,87697	455500	691800	41	
275	46,96743333	-19,8769	455500	691800	42	
276	46,96736667	-19,87678	455500	691800	43	
277	46,9673	-19,87663	455500	691900	44	
278	46,96726667	-19,87648	455500	691900	44	
279	46,9672	-19,87638	455500	691900	44	
280	46,9671	-19,87632	455500	691900	45	
281	46,96706667	-19,8762	455500	691900	45	
282	46,96703333	-19,8761	455500	691900	46	
283	46,967	-19,87597	455500	691900	47	
284	46,96695	-19,87587	455500	691900	48	
285	46,96691667	-19,87575	455400	692000	49	
286	46,96683333	-19,87565	455400	692000	49	
287	46,96681667	-19,87562	455400	692000	50	
288	46,96675	-19,87553	455400	692000	50	
289	46,96668333	-19,87545	455400	692000	50	
290	46,96575	-19,87533	455300	692000	50	
291	46,96648333	-19,87513	455400	692000	50	
292	46,96638333	-19,87497	455400	692000	50	
293	46,9663	-19,8748	455400	692100	50	
294	46,96618333	-19,8745	455400	692100	50	
295	46,96606667	-19,87425	455400	692100	49	
296	46,96598333	-19,87405	455400	692100	49	

297	46,96586667	-19,87382	455300	692200	49	
298	46,96583333	-19,8736	455300	692200	49	
299	46,9658	-19,87335	455300	692200	49	
300	46,96571667	-19,87302	455300	692300	48	
301	46,96566667	-19,87285	455300	692300	47	
302	46,96563333	-19,8727	455300	692300	45	
303	46,9656	-19,87262	455300	692300	42	
304	46,96563333	-19,87255	455300	692300	42	
305	46,96571667	-19,87243	455300	692300	42	
306	46,96575	-19,87237	455300	692300	41	
307	46,96575	-19,87228	455300	692300	40	
308	46,96576667	-19,87222	455300	692300	40	
309	46,96576667	-19,87213	455300	692400	38	
310	46,96576667	-19,87208	455300	692400	37	
311	46,9657	-19,87198	455300	692400	37	
312	46,96585	-19,87187	455300	692400	37	
313	46,96588333	-19,87167	455300	692400	36	
314	46,96585	-19,87155	455300	692400	35	
315	46,96583333	-19,87147	455300	692400	34	
316	46,96583333	-19,87138	455300	692400	33	
317	46,96581667	-19,87133	455300	692400	32	
318	46,96583333	-19,87127	455300	692400	29	
319	46,96586667	-19,8711	455300	692500	25	
320	46,96586667	-19,871	455300	692500	21	
321	46,96588333	-19,8709	455300	692500	16	
322	46,96588333	-19,87082	455300	692500	14	
323	46,96588333	-19,87078	455300	692500	12	
324	46,96588333	-19,87072	455300	692500	8.6	
325	46,96586667	-19,87065	455300	692500	6	
326	46,96586667	-19,87057	455300	692500	4.6	
327	46,96586667	-19,87043	455300	692500	3.8	
328	46,96595	-19,87027	455300	692600	2.8	
329	46,96603333	-19,86865	455400	692700	0	Bord Ouest
330	46,96495	-19,87187	455200	692400	0	
331	46,9649	-19,87208	455200	692400	6.1	
332	46,96503333	-19,87205	455300	692400	8.1	
333	46,9651	-19,87207	455300	692400	11	
334	46,96518333	-19,87212	455300	692400	16	
335	46,9653	-19,87215	455300	692300	22	
336	46,9654	-19,87225	455300	692300	28	
337	46,96543333	-19,87232	455300	692300	30	
338	46,96556667	-19,87245	455300	692300	39	
339	46,96566667	-19,87248	455300	692300	42	

340	46,96576667	-19,87253	455300	692300	45	
341	46,9658	-19,8726	455300	692300	47	
342	46,9659	-19,87252	455300	692300	48	
343	46,96598333	-19,87257	455400	692300	49	
344	46,966	-19,8726	455400	692300	49	
345	46,96606667	-19,87263	455400	692300	49	
346	46,96598333	-19,87258	455400	692300	49	
347	46,9659	-19,87257	455300	692300	50	
348	46,96645	-19,87285	455400	692300	50	
349	46,9666	-19,87295	455400	692300	50	
350	46,96678333	-19,873	455400	692300	50	
351	46,9669	-19,87307	455400	692200	50	
352	46,96706667	-19,8731	455500	692200	50	
353	46,9672	-19,87313	455500	692200	50	
354	46,96735	-19,8732	455500	692200	50	
355	46,96751667	-19,87327	455500	692200	50	
356	46,9676	-19,87333	455500	692200	50	
357	46,96771667	-19,87343	455500	692200	50	
358	46,96795	-19,87362	455600	692200	50	
359	46,96811667	-19,8737	455600	692200	50	
360	46,96826667	-19,87375	455600	692200	51	
361	46,96833333	-19,87377	455600	692200	51	
362	46,96836667	-19,87382	455600	692200	51	
363	46,96841667	-19,87387	455600	692200	51	
364	46,96851667	-19,87395	455600	692100	51	
365	46,96858333	-19,87405	455600	692100	51	
366	46,96866667	-19,87413	455600	692100	51	
367	46,96883333	-19,87422	455700	692100	51	
368	46,96901667	-19,87432	455700	692100	51	
369	46,96936667	-19,87447	455700	692100	51	
370	46,97	-19,87478	455800	692100	51	
371	46,97035	-19,87503	455800	692000	50	
372	46,9705	-19,87513	455800	692000	50	
373	46,97056667	-19,87517	455800	692000	49	
374	46,97068333	-19,87525	455800	692000	48	
375	46,97078333	-19,87532	455900	692000	48	
376	46,97088333	-19,87538	455900	692000	47	
377	46,97105	-19,87547	455900	692000	46	
378	46,9712	-19,87557	455900	692000	46	
379	46,97125	-19,8756	455900	692000	45	
380	46,97135	-19,87563	455900	692000	45	
381	46,9715	-19,87572	455900	692000	44	
382	46,97161667	-19,87578	455900	691900	44	

383	46,97168333	-19,87583	455900	691900	43	
384	46,97185	-19,87593	456000	691900	43	
385	46,97195	-19,87598	456000	691900	42	
386	46,97206667	-19,87605	456000	691900	41	
387	46,97211667	-19,87608	456000	691900	40	
388	46,97218333	-19,87615	456000	691900	39	
389	46,97226667	-19,8762	456000	691900	39	
390	46,97231667	-19,87625	456000	691900	38	
391	46,97236667	-19,87628	456000	691900	37	
392	46,97245	-19,87635	456000	691900	36	
393	46,97253333	-19,87645	456000	691900	34	
394	46,97256667	-19,87648	456000	691900	33	
395	46,97263333	-19,87653	456000	691900	32	
396	46,9727	-19,8766	456100	691900	29	
397	46,97273333	-19,87663	456100	691900	28	
398	46,97278333	-19,87667	456100	691800	27	
399	46,97288333	-19,87673	456100	691800	22	
400	46,97291667	-19,87677	456100	691800	20	
401	46,97298333	-19,87678	456100	691800	16	
402	46,97308333	-19,8768	456100	691800	14	
403	46,97316667	-19,87683	456100	691800	12	
404	46,97323333	-19,87687	456100	691800	10	
405	46,9733	-19,87688	456100	691800	8.8	
406	46,97343333	-19,87692	456100	691800	6.4	
407	46,97353333	-19,87693	456100	691800	6.5	
408	46,97366667	-19,87693	456200	691800	7.3	
409	46,9737	-19,87693	456200	691800	7	
410	46,97393333	-19,87693	456200	691800	5.8	
411	46,97411667	-19,87693	456200	691800	0	Piscine(cote)
412	46,97473333	-19,87115	456300	692500	1	
413	46,97468333	-19,87115	456300	692500	2.2	
414	46,97465	-19,87117	456300	692500	3.8	
415	46,9746	-19,87117	456300	692500	4.1	
416	46,97441667	-19,87115	456200	692500	5.4	
417	46,9743	-19,87115	456200	692500	6.4	
418	46,97411667	-19,87113	456200	692500	6	
419	46,974	-19,87112	456200	692500	6.6	
420	46,97385	-19,8711	456200	692500	6.8	
421	46,97365	-19,87108	456200	692500	7	
422	46,9733	-19,87103	456100	692500	7.6	
423	46,97316667	-19,87103	456100	692500	8.2	
424	46,97301667	-19,871	456100	692500	9	
425	46,97286667	-19,87097	456100	692500	9.8	

426	46,97278333	-19,87095	456100	692500	10	
427	46,97266667	-19,87093	456100	692500	10	
428	46,97255	-19,87092	456000	692500	10	
429	46,97245	-19,8709	456000	692500	11	
430	46,97236667	-19,87087	456000	692500	11	
431	46,97225	-19,87085	456000	692500	11	
432	46,97203333	-19,8708	456000	692500	11	
433	46,97195	-19,87078	456000	692500	11	
434	46,9718	-19,87075	456000	692500	10	
435	46,97168333	-19,8707	455900	692500	10	
436	46,9715	-19,87065	455900	692500	9.8	
437	46,9713	-19,87058	455900	692500	10	
438	46,97115	-19,87055	455900	692500	10	
439	46,971	-19,87052	455900	692500	10	
440	46,97083333	-19,87048	455900	692500	10	
441	46,97056667	-19,87042	455800	692500	9.8	
442	46,9704	-19,87038	455800	692500	9.6	
443	46,97021667	-19,87033	455800	692500	11	
444	46,97008333	-19,87032	455800	692600	12	
445	46,97003333	-19,8703	455800	692600	14	
446	46,96986667	-19,87027	455800	692600	15	
447	46,96961667	-19,87022	455700	692600	14	
448	46,96946667	-19,8702	455700	692600	13	
449	46,9694	-19,87018	455700	692600	11	
450	46,96928333	-19,87017	455700	692600	8.5	
451	46,96916667	-19,87015	455700	692600	6.2	
452	46,96896667	-19,8701	455700	692600	0	Bord Ouest

III.3- Calculs, traitements et interprétations des données

III.3.1- Traitements des données hydrologiques

Corncernant l'étude pluviométrique de la région, nous avons choisi comme année hydrologiques, l'année 2013.

La figure ci-dessous montre la quantité de pluie mensuelle tombée enregistré par les stations pluviométriques

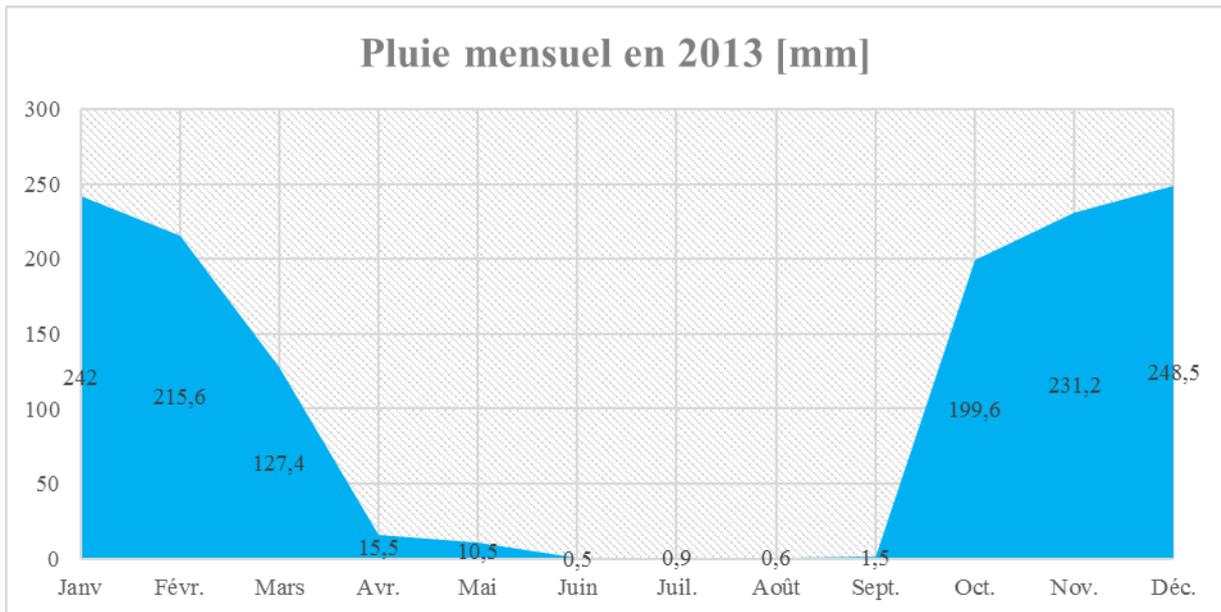


Figure n° 19: Pluie mensuel pour l'année 2013

L'interprétation quantitative de ce courbe montre que les mois de janvier, février, novembre et décembre présentent les périodes de quantité de pluie importante, les valeurs peuvent atteindre jusqu'à 248 mm et la valeur moyenne de la saison de pluie est de 200 mm.

III.3.2- Traitements des données Topographiques

- **Modèles Numériques de Terrain (MNT)**

Les Modèles Numériques de Terrain sont des représentations virtuelles, issues de calculs numériques, de la topographie d'une zone terrestre ou sub-aquatique (on parle alors de MNT bathymétrique). Un MNT permet de créer une image de synthèse du terrain en trois dimensions, de calculer des surfaces et des volumes, de tracer des profils topographiques, de simuler des écoulements, de calculer le profondeur, etc. Pour utiliser un MNT, généralement constitué d'un fichier informatique à trois colonnes (une pour les x (x laborde), une pour les y (y laborde), une pour les P (Profondeur), il faut une application informatique de type SIG par exemple, ou un logiciel de topographie.

La qualité d'un MNT (c'est-à-dire sa fidélité à la réalité du terrain) est fonction du mode d'obtention des données (dérivation de courbes de niveau, photogrammétrie (quelques dizaines de cm), levés terrestres au GPS différentiel (quelques cm), etc.), de la densité du quadrillage (un point de mesure x,y,P tous les mètres est meilleur qu'un point de mesure tous les 50 m).

▪ **Application du MNT**

Si l'on utilise un SIG permettant de gérer les MNT, on peut aussi réaliser diverses relations entre Hauteur-surface et Hauteur-volume. En effet, cette partie consiste à faire réaliser la courbe d'isovaleur, le profil topographique suivant les traits AB et CD, les courbes de capacité du lac ANDRAIKIBA, ainsi qu' une image de synthèse du terrain en trois dimensions.

La carte d'isovaleur de bathymétrie ci-dessous, obtenue à partir de traitements des données topographiques illustrées dans le tableaux (figure 21), montre les courbes de niveaux avec une équidistance de 1,6 m. Puisque les mesures de données sont effectuées à partir de la borne provisoire (100m de hauteur) posée près de la station JIRAMA et considérée comme référence de mesure, alors les traitements des valeurs obtenues doivent retracer de 1,6 m à chaque niveau de ligne d'eau pour avoir les données réelles.

Le traitement suivant le logiciel SIG nous permet d'avoir cette carte montrant les courbes de niveaux ou courbes d'isovaleurs qui est en réalité la représentation de hierarchie suivant la profondeur du lac. On peut distinguer facilement sur cette carte la profondeur, de plus les légendes confirment les valeurs respectives.

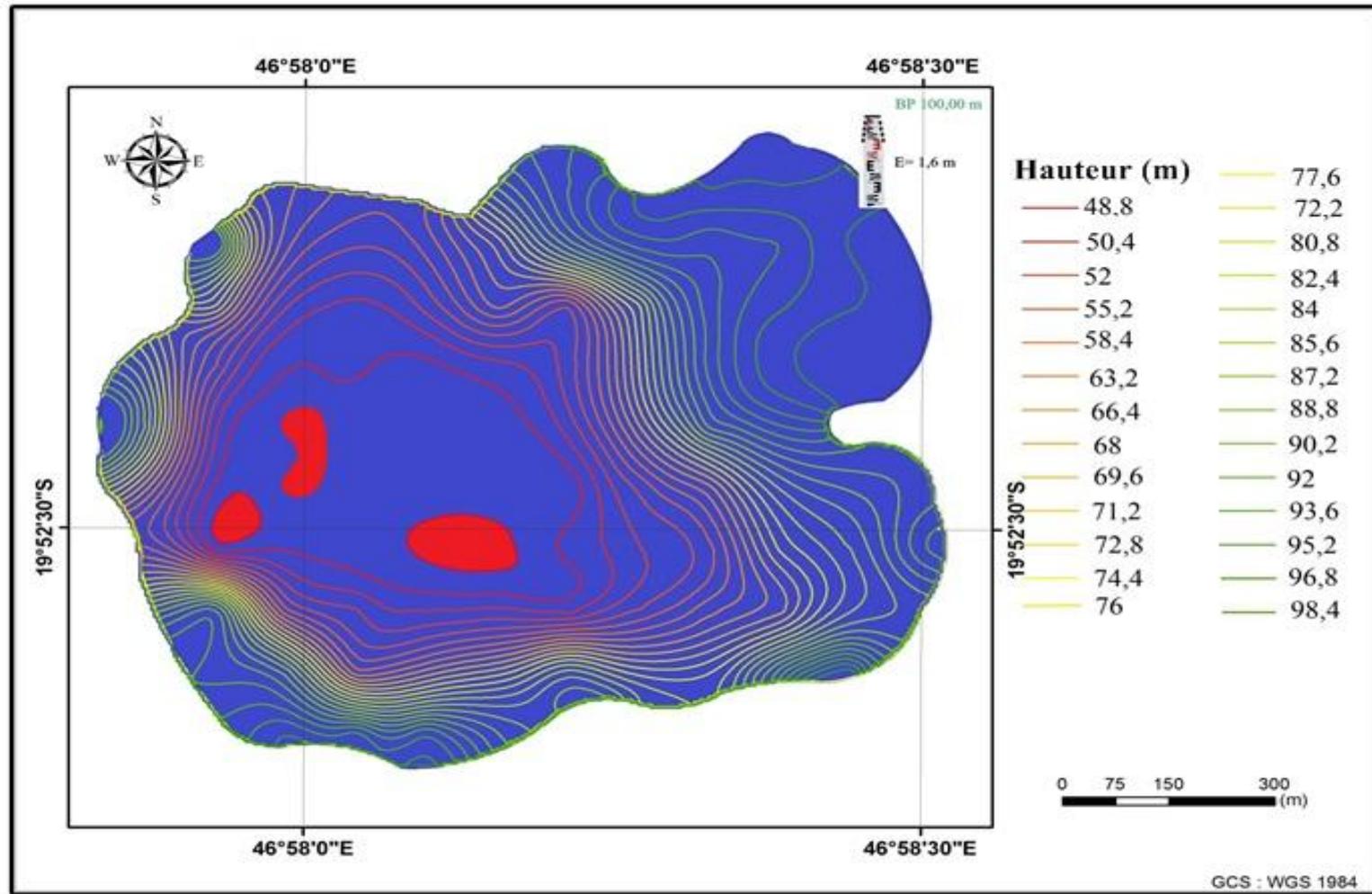


Figure n° 20: Courbe bathimétrique du lac ANDRAIKIBA de type mamellon.

Cette figure montre la profondeur du lac et la morphologie générale en coupe 3D. Elle est réalisée encore à l'aide du logiciel de traitement spatial ARCGIS 10.2.

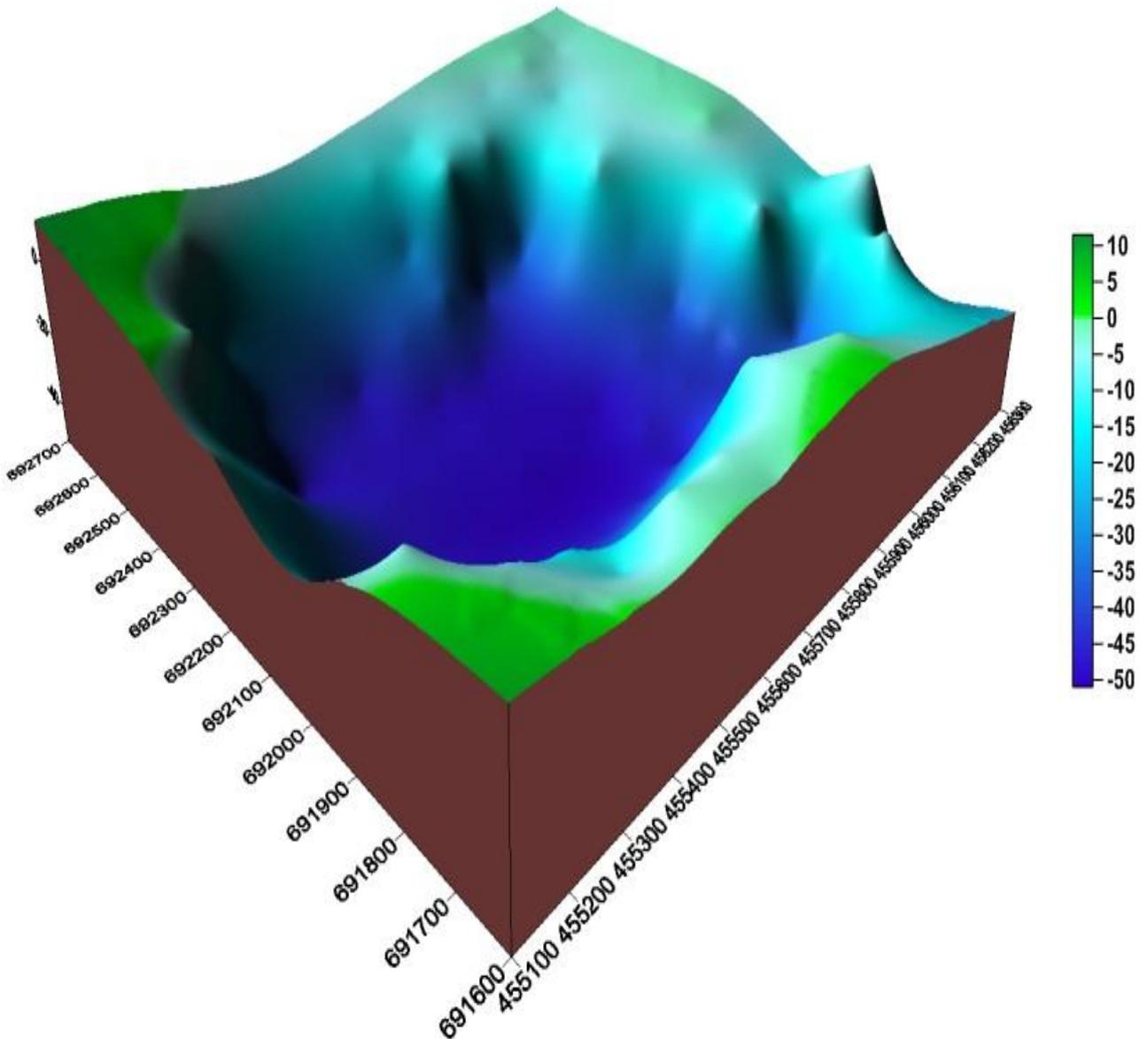


Figure n° 21: Schemadu LAC ANDRAIKIBA en 3D

La réalisation des deux profils AB et CD fait l'objet de cette paragraphe. Elle nous montre les ces deux tracés sur un carte calée du courbe d'isovaleurs et carte topographie sous Google Earth.

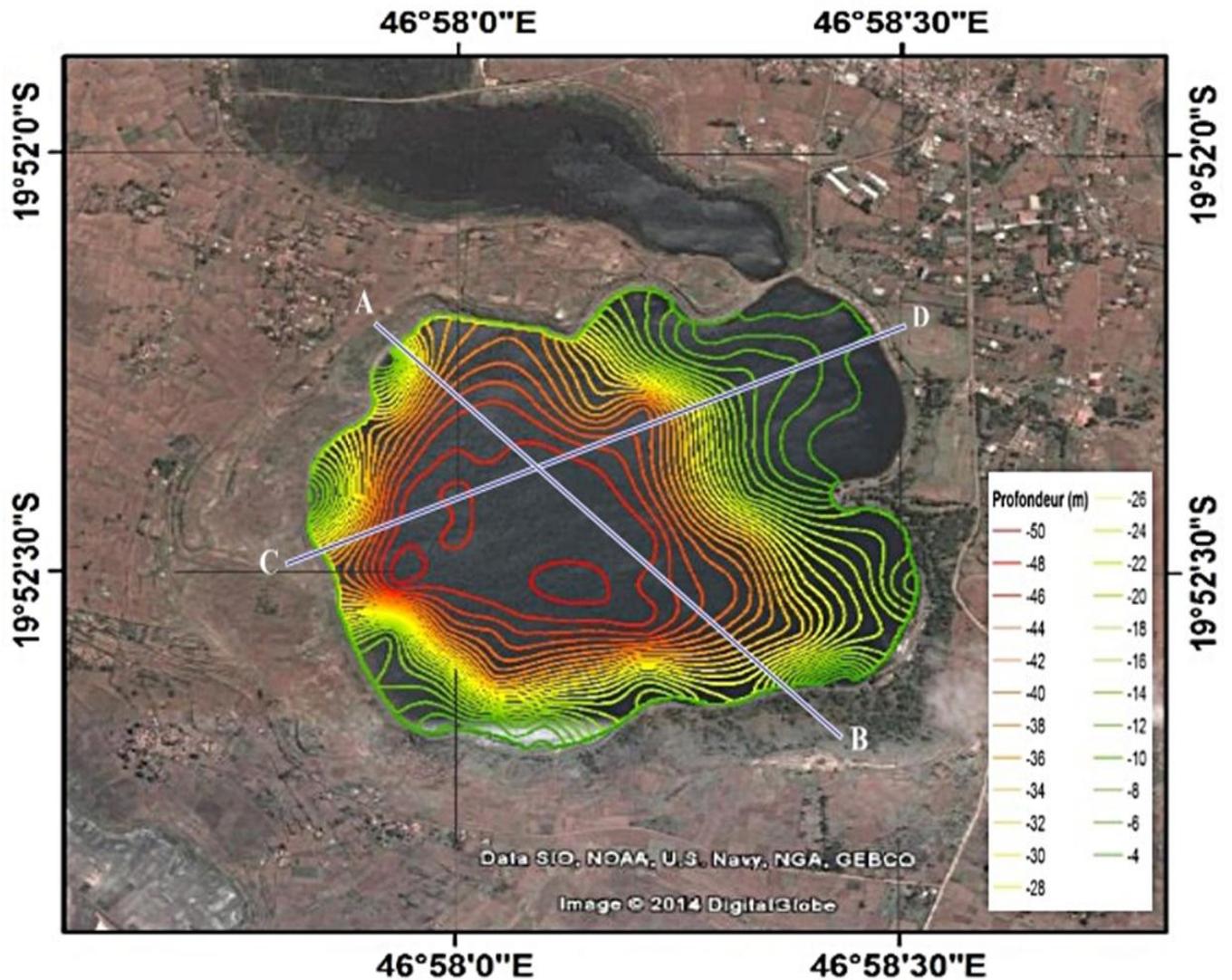


Figure n° 22: Schéma montrant la variation de profondeur du Lac à l'aide de logiciel Surfer 11
 Profil suivant AB et CD

Le premier profil suivant le trait AB représenté par la figure n°22 montrant la profondeur du lac suivant les profondeurs respectives. On peut grouper en 3 types bien distinct l'allure de ce profil :

- Deux partie sous formes de pente environ 45° localisé entre les abscisses X=0 à 150 m et X= 1000 à 1150 m.
- Deux parties sous forme de plateaux situées entre les abscisses X= 150 à 250 m et X=780 à 920 m.
- Enfin une partie de faussée, de pente environ 85°, localisée entre les abscisses X=250 à 380 m

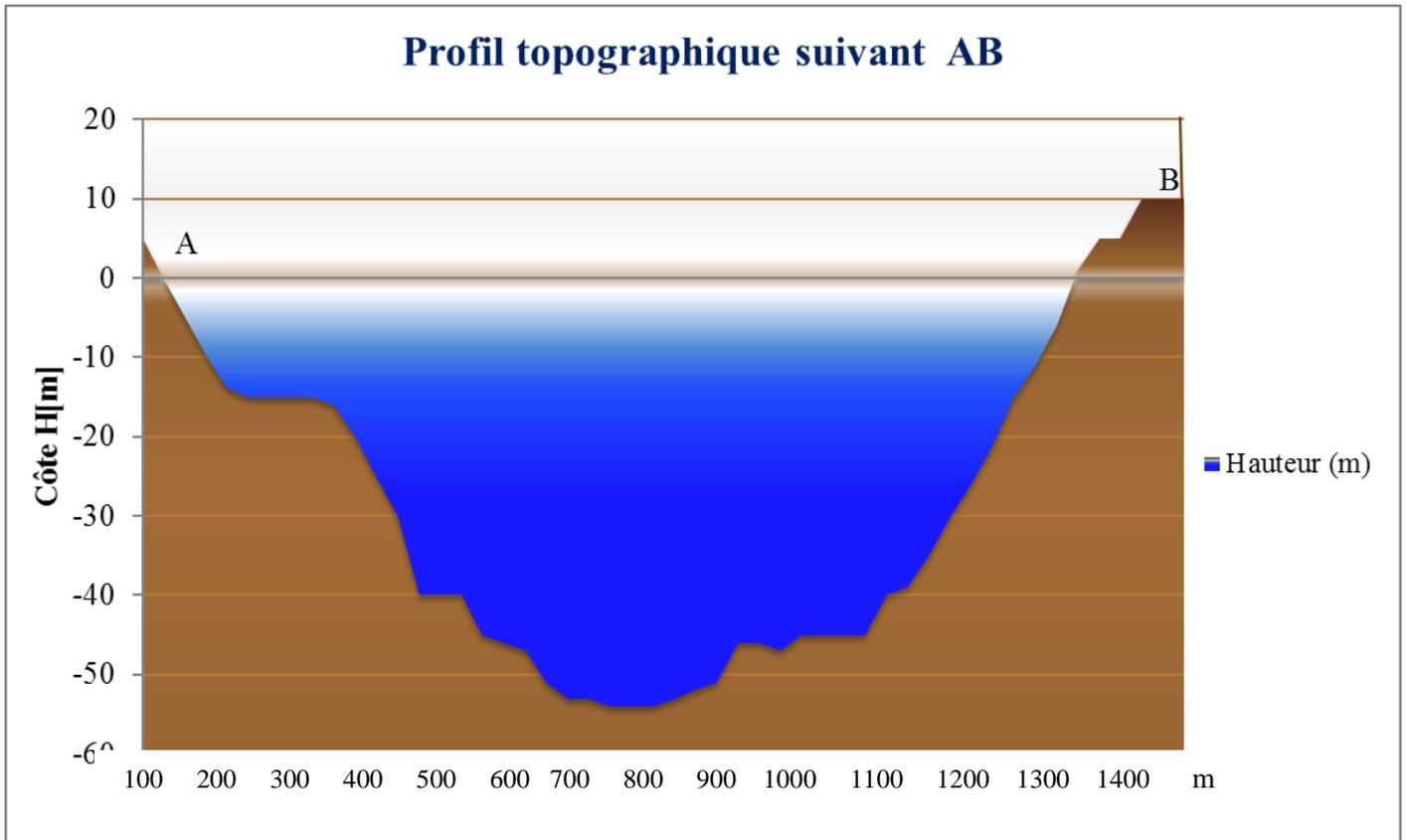


Figure n° 23: Schéma montrant le profil topographique suivant AB

Le second profil suivant le trait CD représenté par la figure n°23 montrant la profondeur du lac suivant les profondeurs respectives. On peut grouper en 3 types bien distincts comme le profil précédent l'allure de cette coupe :

- Deux parties sous forme de pente environ 62° localisé entre les abscisses $X=100$ à 350 m et $X= 900$ à 1100 m.
- Une partie sous forme de plateaux située entre les abscisses $X= 1180$ à 1460 m.
- Enfin la profondeur maximale du fond du lac est environ 51 m.

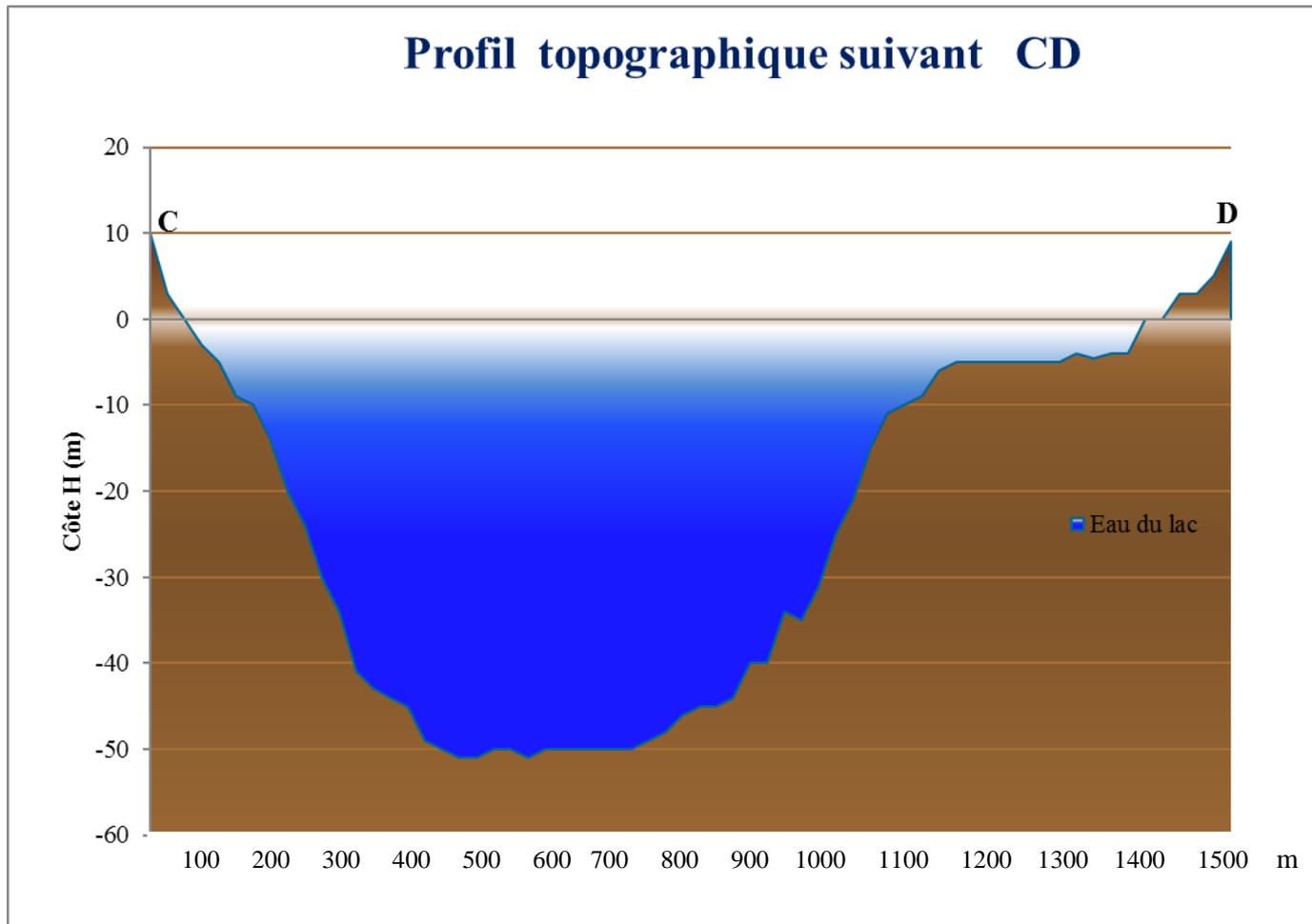


Figure n° 24: Schéma montrant le profil topographique suivant CD

En analysant les deux coupes, on voit bien des ressemblances au niveau des pentes et de l'allure générale sous forme d'une cuvette. Par conséquent la réalisation de ces profils est très important pour l'étude de la capacité de notre site.

- **Capacité du Lac ANDRAIKIBA**

En partant du fond on pourra ainsi calculer les volumes correspondant à chaque courbe de niveau.

- ***Volume du lac Andraikiba***

La méthode est celle du courbe de niveau, il s'agit de séparer la surface par courbe de niveau S_i de longueur $\Delta H = 1.6$ m en établissant des profils en travers ou transversaux du lac.

Dans le but de calculer le volume et la surface du bassin versant du lac. Premièrement, on applique la formule généralisée (1) pour connaître la surface, le volume et la hauteur .

On peut calculer directement chaque surface du courbe de niveau (III.3.2- Traitements des données Topographiques) à l'aide d'un logiciel ARCGIS10.2.

▪ **RELATION SURFACE-HAUTEUR**

Si la surface de la première courbe de niveau et S_{i+1} la Surface de la deuxième section à une distance $\Delta H=1.6$ m alors V_i le volume de la première courbe de niveau et V_{i+1} le volume de la deuxième section. .

On utilise la formule générale :

$$V_{i+1} - V_i = \frac{S_{i+1} + S_i}{2} \times (H_{i+1} - H_i) \tag{5}$$

On peut faire la mesure de surface à l'aide de la logiciel ARCGIS 10.2. D'où le tableau ci-après qui marque les résultats obtenus. On peut arranger comme suit :

Tableau n° 16: Récapitulatif de calcul de surface

H[m]	S(i) [m ²]
48,8	30 667,94
50,4	684 493,28
52,0	946 011,46
55,2	1 103 182,27
58,4	1 270 687,04
63,2	1 338 525,79
66,4	1 616 698,50
68,0	2 135 205,19
69,6	3 084 045,84
71,2	4 182 729,06
72,8	4 953 258,67
74,4	5 675 281,59
77,6	5 675 281,68
77,2	5 675 282,70
82,4	5 775 281,59
84,4	5 875 281,82
84,0	5 975 281,90
85,6	6 066 779,01
87,2	6 066 781,04
88,8	6 066 784,02
92,0	6 066 792,06
93,6	6 066 793,03
95,2	6 066 794.10
96,8	6 067 794,30
98,4	6 188 736,56

Ce tableau indique les valeurs des surfaces à chaque courbe de niveau en fonction de la profondeur. On constate que la surface correspond à la hauteur la plus profonde est de 6188 736 m² et celle qui est au-dessus est de 30 668 m² par rapport à la borne provisoire 100,00 mètre.

❖ Courbe $S=f(H)$

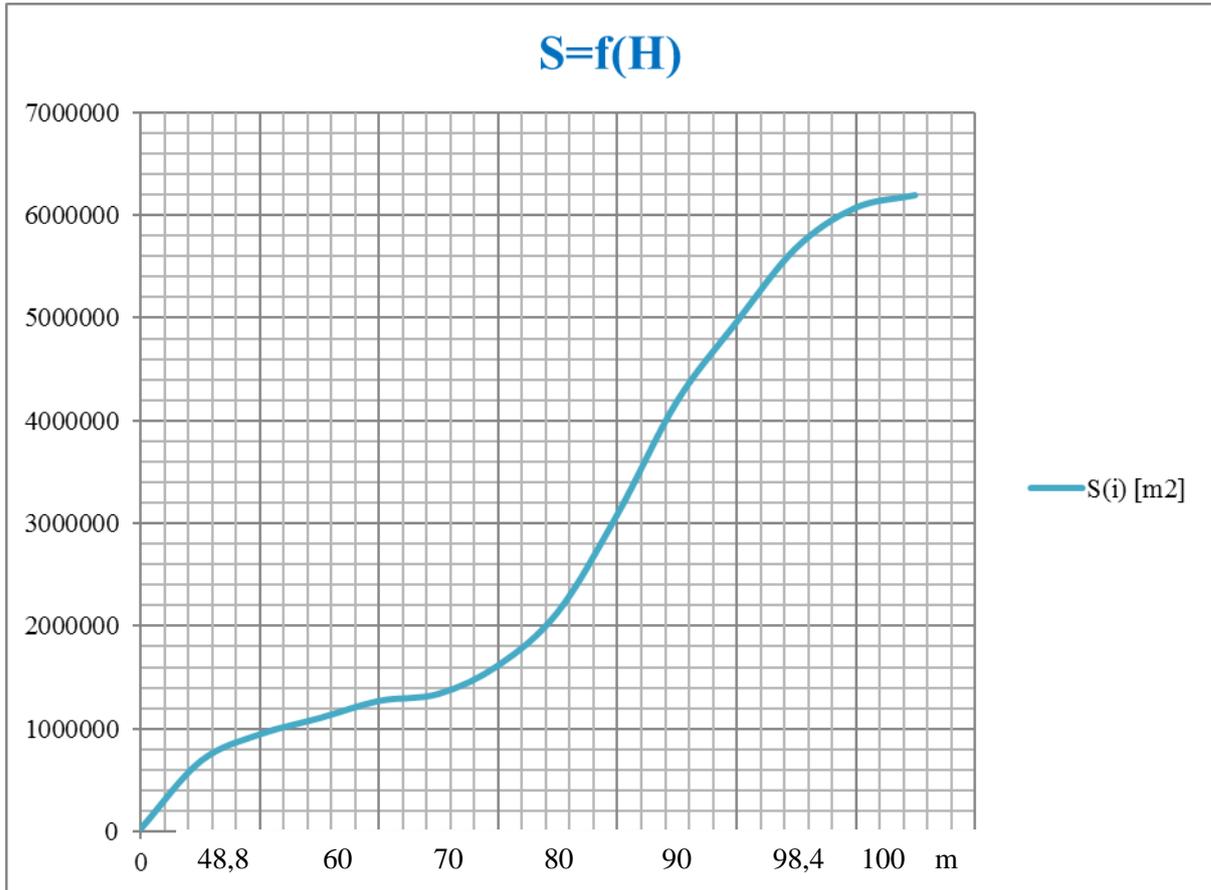


Figure n° 25: Schéma montrant la relation surface-hauteur

Cette courbe marque l'évolution de la surface à chaque courbe de niveau dans l'étude bathymétrique, elle peut être croissante et tend vers la potentielle croissante. Au début, la courbe montre une allure assez croissante notamment au niveau des hauteurs $h=50\text{m}$ et $h=70\text{m}$, parcontre à partir de $h=75\text{m}$ cette courbe surface-hauteur présente une nette croissante jusqu'à la hauteur maximale $h=98,8\text{m}$ avec une surface environ **6 188 736 m²**. Cela permet de dire que cette courbe présente une hiérarchisation de surface qui peut s'étendre à chaque niveau de la topographie.

▪ **RELATION VOLUME-HAUTEUR**

Si on considère les paramètres précédents comme : S_i la surface de la première courbe de niveau et S_{i+1} la surface de la deuxième section à une distance $\Delta H=5m$ alors V_i le volume de la première courbe de niveau et V_{i+1} le volume de la deuxième section.

En illustrant par la figure suivant :

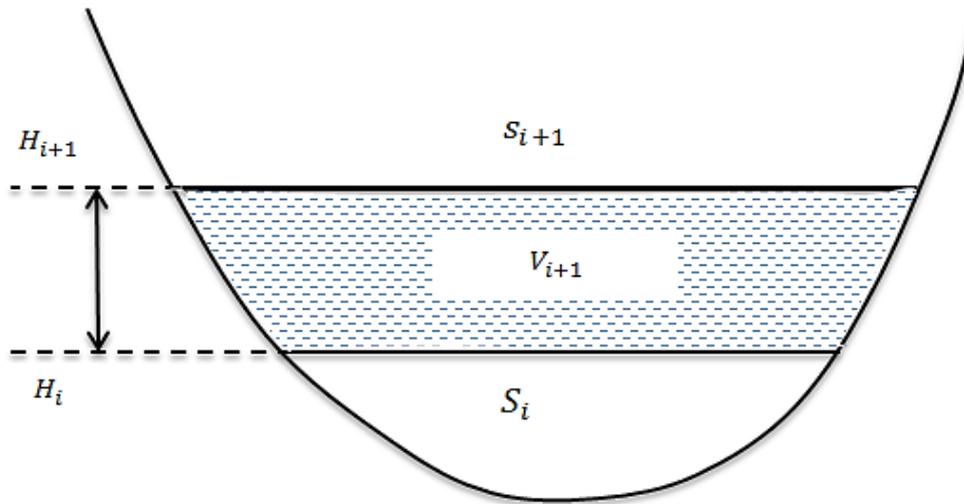


Figure n° 26: Schéma montrant le calcul de volume du lac

La relation volume-Hauteur est:

$$V_{i+1} - V_i = \frac{S_{i+1} + S_i}{2} \times (H_{i+1} - H_i) \quad (6)$$

Les résultats de calcul est donné dans le tableau ci-après que l'on transforme en en courbe de la forme $V=f(H)$

Tableau n° 17: Récapitulatif de calcul de Volume et Hauteur

S	H[m]	V(i) [m ³]
S1	48,8	1336736,7
S2	50,4	16924664
S3	52,0	24704664
S4	55,2	29570515,7
S5	58,4	32927290,6
S6	63,2	34974046,4
S7	66,4	36855773,6

S8	68,0	38917462,5
S9	69,6	40904103,7
S10	71,2	41784848
S11	72,8	4274552,3
S12	74,4	42764256,5
S13	77,6	43253790,7
S14	77,2	43254790,4
S15	82,4	43255792,1
S16	84,4	43353890,7
S17	84,0	43453892,2
S18	85,6	44253790,7
S19	87,2	44354790,4
S20	88,8	44463790,7
S21	92,0	45784256,8
S22	93,6	45786256,5
S23	95,2	45764256,5
S24	96,8	46253790,4
S25	98,4	46253960,7

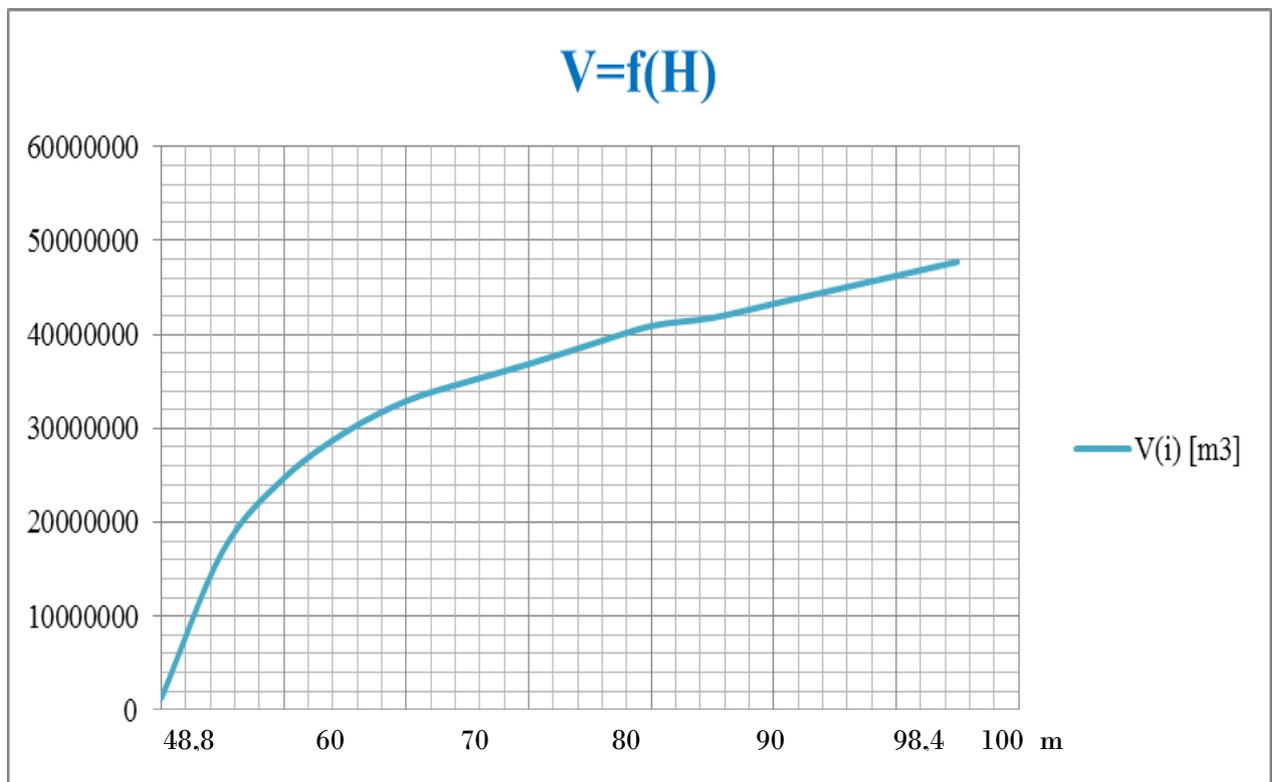


Figure n° 27: Schéma montrant la relation entre V et hauteur H

Cette courbe nous montre l'évolution du volume d'eau à chaque hauteur. Cela permet de dire que plus le niveau d'eau est plus profond, plus le volume peut augmenter et tend vers une croissance positive. Ici le volume d'eau maximum est de **46 253 961 m³** avec de hauteur de 51 mètre et tandis que le volume minimum est de **1 336 737 m³** par rapport à la ligne d'eau.

Le tableau suivant résume la relation entre hauteur du lit H, le volume V et la Surface S correspondant à chaque section de la courbe de niveau .

Tableau n° 18: Récapitulatif de calcul de Volume

i	H[m]	S(i) [m2]	V(i) [m ³]
1	48,8	30667,94	1336736,7
2	50,4	684493,28	16924664
3	52	946011,46	24704664
4	55,2	1103182,27	29570515,7
5	58,4	1270687,04	32927290,6
6	63,2	1338525,79	34974046,4
7	66,4	1616698,5	36855773,6
8	68	2135205,19	38917462,5
9	69,6	3084045,84	40904103,7
10	71,2	4182729,06	41784848
11	72,8	4953258,67	4274552,3
12	74,4	5675281,59	42764256,5
13	77,6	5675281,68	43253790,7
14	77,2	5675282,70	43254790,4
15	82,4	5775281,59	43255792,1
16	84.4	5875281,82	43353890,7
17	84	5975281,90	43453892,2
18	85,6	6066779,01	44253790,7
19	87,2	6066781,04	44354790,4
20	88,8	6066784,02	44463790,7
21	92	6066792,06	45784256,8
22	93,6	6066793,03	45786256,5
23	95,2	6066794.1	45764256,5
24	96,8	6067794,3	46253790,4
25	98,4	6188736,56	46253960,7

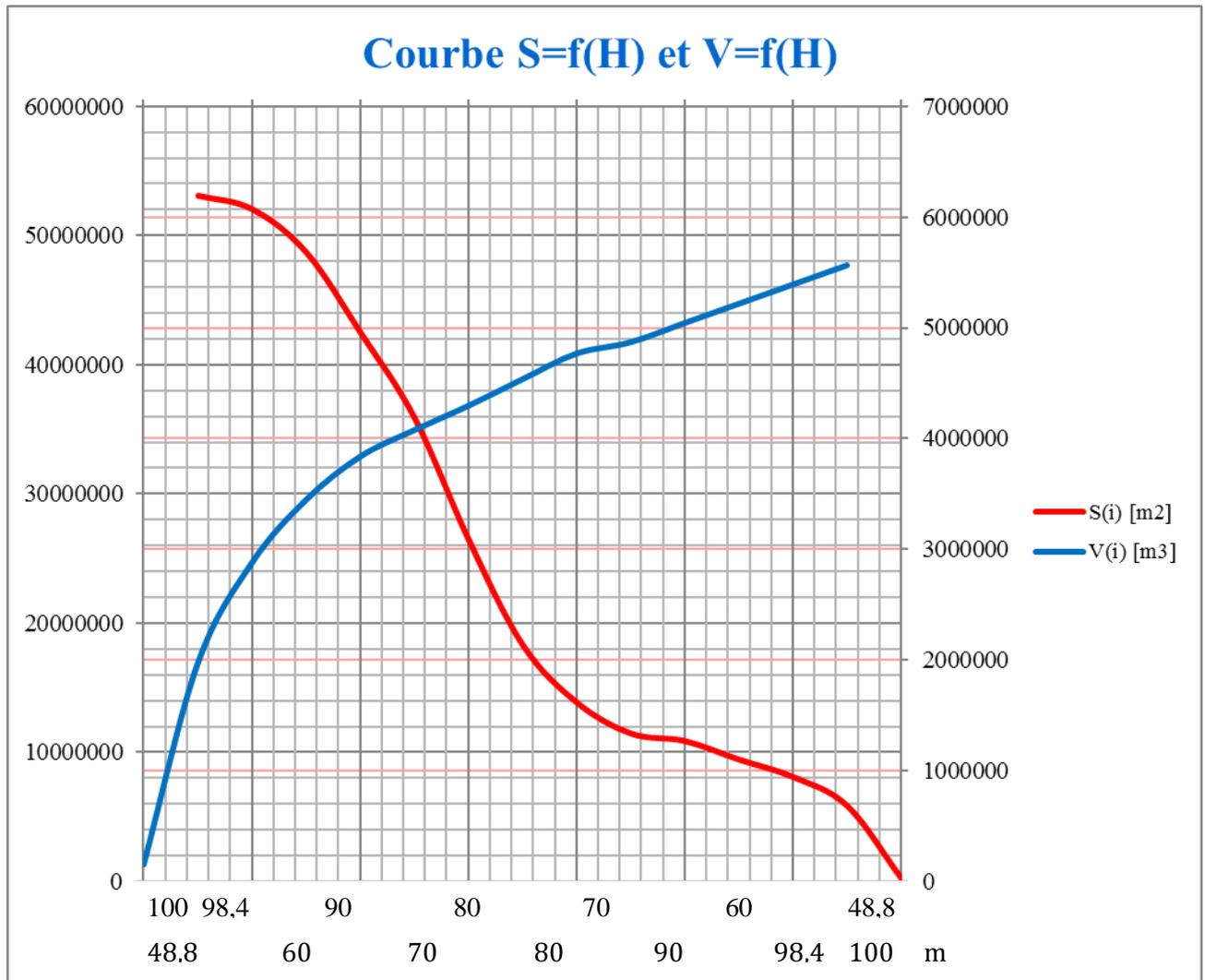


Figure n° 28: Schéma montrant la Courbe de capacité

Cette figure montre deux courbes de hauteur-surface, colorée en rouge et hauteur-volume de couleur bleu.

Si la courbe rouge monte progressivement entre 0 à 30 m et croit brusquement à partir de 35 m, cette augmentation de surface montre la capacité de lac à stocker une valeur importante d'eau. En revanche la courbe bleu de profondeur-volume varie exponentiellement et tend vers une valeur environ 50 000 000 m^3 .

En terme hydrologie et en considérant la capacité du lac à stocker une valeur importante d'eau, cette partie supplémentaire en haut de la courbe peut contenir plus de 10 000 000 m^3 . Pour obtenir cette excès de volume une vanne supplémentaire sera nécessaire et doit être implanté au niveau de l'exutoire du lac.

III.4- Discussion et recommandations

III.4.1- Discussion

En terme d'étude hydrologique, la rédaction de cette mémoire et les travaux effectués sur le terrain nous donnent une idée concernant l'allure topographique du Lac ANDRAIKIBA en observant les pentes, la profondeur, la surface de chaque courbe de niveau (Courbe $S=f(H)$) ainsi que la surface entière du Lac. De plus le calcul de volume (courbe $V=f(H)$) montre la capacité volumique du Lac.

Pourtant notre site se trouve sur une zone centrale de la région Vakinankaratra, avec une forte densité de population d'environ **2 7103** hab/Km². Vue les besoins en eau de la population comme l'adduction en eau potable, l'agriculture, élevage etc... , le lac ANDRAIKIBA se trouve dans une zone en pleine essor industrielle qui nécessite une importante consommation en eau. La société JIRAMA et une branche du ministère de la Direction de l'eau à ANTSIRABE sont les organismes responsables de l'alimentation en eau de la ville entière. C'est dans ce contexte que notre site fait parti des points stratégiques et éléments clés des ressources en eau tant au niveau de la commune ANDRAIKIBA mais aussi au niveau de la ville.

En terme de consommation, la ville souffre des problèmes des ressources en eau et en électricité comme la majorité des villes sous la responsabilité de la société JIRAMA qui a des problèmes internes non résolus. L'étude que nous avons effectuée nous donne des données récentes et constituent les mises à jours des bases de données hydrologiques, sur l'évolution du profil et le suivi de la capacité du Lac. L'interprétation des courbe $V=f(H)$ nous donne une idée sur la capacité supplémentaire du site à contenir une valeur importante d'eau environ 10 000 000 m³. L'aménagement effectué au niveau de l'exutoire peut résoudre les problèmes des besoins en eau au niveau de la commune et allège la contrainte de la consommation pour la ville.

Vue les problèmes non résolus cités ci-dessus et tenant compte de notre approche en terme d'étude hydrologique en adoptant la méthode MNT, nous avons le profil récent du Lac et nous savons aussi la valeur approximative du volume d'eau actuel. Notre étude occupe une partie importante dans la résolution du problème principal et c'est pour cette raison qu'il est nécessaire d'appliquer d'autres recommandations et d'autres études supplémentaires.

III.4.2- RECOMMANDATION

Nous avons déjà expliqué que d'autres études supplémentaires seront nécessaires comme l'étude physico-chimique de l'eau pour le suivi de la qualité en terme de potabilité et l'étude de perte en terre pour savoir l'évolution de la profondeur et l'évolution du lit du Lac.

Des mémoires concernant ces deux recommandations sont déjà faites par des étudiants de l'Ecole Polytechnique et de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, et qui constituent des références et des bases de données complémentaires pour le suivi et l'aménagement du Site.

Pour savoir un peu plus sur les méthodes et sur les travaux à entreprendre, nous avons cité quelques solutions pour faire face aux problèmes de l'eau et qui fait l'objet de la partie suivante.

▪ SOLUTION ADOPTEE

L'eau du lac assure la majorité de l'alimentation en eau de la ville d'Antsirabe. Du fait de la morphologie du lac et de son bassin versant, outre les eaux souterraines, la précipitation sont les principaux sources d'alimentation du lac.

L'emplacement du système de prélèvement de la Jirama devrait être dans une zone beaucoup plus profonde par rapport à son emplacement actuel. Au vu de la croissance démographique de la ville d'Antsirabe, d'autres ressources d'eau exploitables devraient être envisagées.

L'eau ne manque pas, elle est simplement mal gérée. L'eau est source de destruction mais elle peut être contrôlée. Cet ouvrage permet non seulement de contrôler le débit des eaux mais aussi de les répartir équitablement dans le temps et dans l'espace. Il est avant tout un ouvrage de régulation de débit, mais doit être associé à la GIRE pour exploiter et protéger au mieux cette ressource qui est à la fois source de vie et d'énergie. De plus, la durée de vie d'un barrage va au-delà de la durée de vie humaine. Toutefois la conception de cet ouvrage nécessite une étude approfondie et méticuleuse.

▪ GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU

L'approche de la GIRE, formulée pour la première fois lors de la Conférence Internationale sur l'Eau et le Développement à Dublin en 1992 (cf. Principes de

Dublin) exige, sur le plan de la politique de l'action et de la gouvernance, de nouvelles coopérations et des adaptations institutionnelles.

La gestion intégrée des ressources en eau est un programme adopté dans le monde entier comme solution aux problèmes liés à cette ressource. La GIRE tient compte des intérêts de protection et d'exploitation, de toutes les contraintes existantes, ainsi que des principaux aspects politiques, juridiques, administratifs, économiques, environnementaux, sociaux et culturels.

La gestion des ressources en eau a les mêmes objectifs que la GIRE, mais sur une dimension plus restreinte. Elle se résume à mettre en place des projets pour exploiter au mieux cette ressource, ceci à travers la réalisation d'infrastructures de gestion de l'eau.

▪ **Suivi de la gestion du bassin**

Suivre et évaluer les activités de gestion du bassin est un élément clé. L'objectif est d'aider les gestionnaires du bassin et les acteurs à apprendre ensemble, afin d'améliorer la planification et la mise en œuvre des plans d'entretiens. Le suivi est également important pour rendre compte des dépenses, des activités, des résultats et des impacts.

Un système de suivi de la gestion du bassin :

- ✚ présente l'impact attendu d'une modification des pratiques de gestion ;
- ✚ montre comment les progrès et impacts seront mesurés ;
- ✚ présente les méthodes de collecte et d'analyse de l'information qui seront nécessaires pour suivre les progrès et les impacts ;
- ✚ présente comment l'information collectée sera utilisée pour expliquer les raisons des succès et des échecs, et comment les leçons qui seront tirées pourront être utilisées dans le futur pour améliorer les pratiques de gestion.

En d'autres termes, suivre la gestion du bassin est un moyen de savoir si les plans, programmes, stratégies et projets sont engagés et efficaces, et, dans le cas contraire, de mettre en avant les mesures correctrices nécessaires pour remettre ceux-ci sur le bon chemin. Dans l'idéal, le suivi concerne à la fois les objectifs de gestion de l'eau du bassin et les objectifs de niveaux supérieurs, nationaux ou transfrontaliers.

Que l'échelle soit locale, nationale ou transfrontalière, une bonne pratique consiste à mettre en place le système de suivi de la gestion de l'eau dès le début de la réflexion, afin que les acteurs nationaux, fédéraux, économiques, associatifs, etc. produisent l'information requise

comme une activité routinière, et non comme un exercice à part. Un bon système de suivi doit générer de l'information utile à la gestion du bassin, tout en étant simple d'utilisation.

▪ **Milieus humains**

Les activités socio-économiques liées à l'existence du cours d'eau doivent être particulièrement étudiées :

- ✚ activités de loisirs : parcours de pêche, baignade etc... ;
- ✚ agriculture nécessitant un système d'irrigation ;

Les bruits générés par la centrale hydraulique peuvent avoir plusieurs origines :

- ✚ bruit lié aux déversements du barrage ;
- ✚ bruit dû aux vannes ou aux dégrilleurs ;
- ✚ bruit dans la conduite forcée ;
- ✚ bruit des turbines et alternateurs ;

La construction d'une centrale hydraulique génère également des nuisances sonores liées aux engins des chantiers et aux véhicules de transports.

L'analyse doit permettre d'évaluer les caractéristiques visuelles de l'aire d'étude et la sensibilité paysagère du site.

▪ **Données d'urbanisme :**

Il est nécessaire d'analyser la compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme :

- ✚ compatibilité par rapport au zonage ;
- ✚ compatibilité par rapport aux règlements des zones impactées ;
- ✚ compatibilité par rapport aux servitudes.

b. Impact socio-économique

- ✚ Les répercussions de l'aménagement sur l'emploi ;
- ✚ les répercussions sur les finances locales par les biais notamment de la taxe professionnelle ;
- ✚ les répercussions sur les autres activités socio-économiques : tourisme, agriculture, industrie ;
- ✚ les répercussions sur les infrastructures et réseaux de transports

▪ **LE PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE**

Aujourd'hui, la prise en compte de l'environnement dans un aménagement hydroélectrique se situe essentiellement au stade de l'Avant-Projet Sommaire et de la demande d'autorisation. Elle se concrétise par la réalisation de l'étude d'impact.

Néanmoins dans une démarche qualité, il est important d'assurer la prise en compte de l'environnement et de la conception du projet a l'exploitation d'ouvrage.

Cette fiche présentera successivement :

- ✚ le suivi environnemental en phase de travaux ;
- ✚ le suivi environnemental en phase d'exploitation de l'ouvrage ;
- ✚ le code de bonne pratique d'environnemental ;

CONCLUSION GENERALE

Au terme de notre analyse on peut conclure que le Lac étant source en eau de la Ville d'Antsirabe, l'analyse environnementale du Lac d'Andraikiba a permis d'identifier les caractéristiques topographiques de son bassin versant. C'est en fonction de ces caractéristiques qu'on est arrivé à déterminer les sources des problèmes en eau de la Commune Urbaine d'Antsirabe. Notre étude a montré que la dégradation environnementale de la zone est un facteur menaçant et qui présente des exigences techniques pour conserver la zone étudiée.

Les analyses hydriques effectuées ont montré qu'en considérant le Lac comme un système indépendant, on constate un déficit hydrique qui peut être encore comblé par le système hydraulique d'Andratsay par l'intermédiaire du Lac d'Andranobe, mais a une portée limitée. De plus, face à la situation démographique d'Antsirabe, le Lac se trouve à l'état critique en terme de pouvoir assurer sa part d'alimentation en eau, cette dernière exige une prise de décision ferme pour la vie future de la population en terme d'alimentation en eau. On peut dire que l'eau existe et est suffisante pour répondre aux besoins de la population.

Par contre, face à ces résultats hydriques et à la croissance démographique d'Antsirabe I, deux solutions sont possibles à savoir : La première technique consiste à augmenter le débit journalier par l'intermédiaire d'une autre station de pompage ou le renouvellement des installations existantes. Quand à la seconde contribue à exploiter une autre source produisant le débit nécessaire pour répondre aux besoins.

De plus, pour que le lac puisse continuer à assurer sa fonction en tant que source d'alimentation en eau de la ville d'Antsirabe, il est essentiel de prendre les mesures. De ce fait il faut bien gérer le marais Marovoalavo pour qu'il puisse assurer l'échange d'eau avec le lac d'Andraikiba. De ce fait, on se propose de réhabiliter le dalot d'équilibre en y implantant un système mécanisé et assurer l'entretien et le bon fonctionnement des canaux d'irrigation et du canal de dérivation pour assurer le transport de l'eau du Lac d'Andranobe vers son aval.

En bref, suite aux résultats des études effectuées, les recommandations et propositions d'aménagement fixent les règles en termes d'aménagement du Lac Andraikiba et son bassin et les décisions que les autorités compétentes peuvent envisager pour améliorer leurs plans de gestion.

A titre de conclusion, on résume le contenu de cet ouvrage comme un document de base de prise de décision pour mettre en œuvre le SGC (Système de Gestion Communal) de la Commune Urbaine d'Antsirabe et la mise en place de Gestion Intégrée des ressources en eau pour le lac Andraikiba.

-
-
-

ANNEXES

ANNEXE1 : ORGANIGRAMME DU CNRE

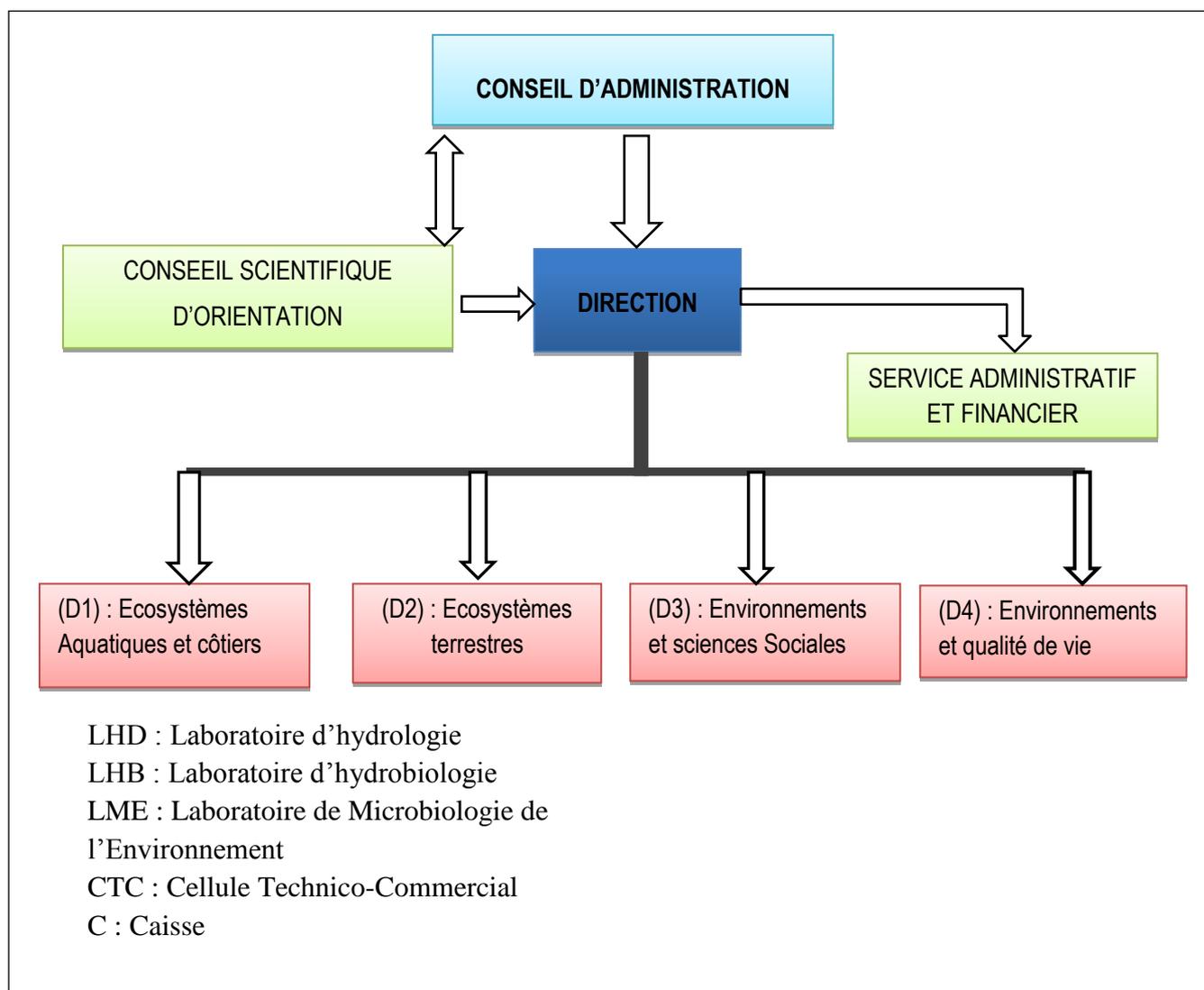


Figure A. 1: Organigramme du CNRE

Tableau n° 19: Valeur de l'évapotranspiration annuelle (mm)

		ETP (mm)											
Mois		Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	aout	Sep	Oct	Nov	Déc
ANNEES	2009	225,2	194,4	205,9	157,3	89,32	3,29	67,83	89,32	122,7	164,3	177,2	398,1
	2012									218,5	252,7	222,7	217,18
	2013	93,32	191,4	187,4	152,2	110,9	59,72	60,99	81,33	135,8	178,56	217,3	211,72

Tableau n° 20: Valeur de l'évapotranspiration annuelle en 2009 (mm)

ETP au cours de l'année 2009												
MOI	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
ETP(mm)	225,12	194,74	205,982	157,310	89,322	3,296	67,831	89,322	122,791	164,635	177,326	398,190

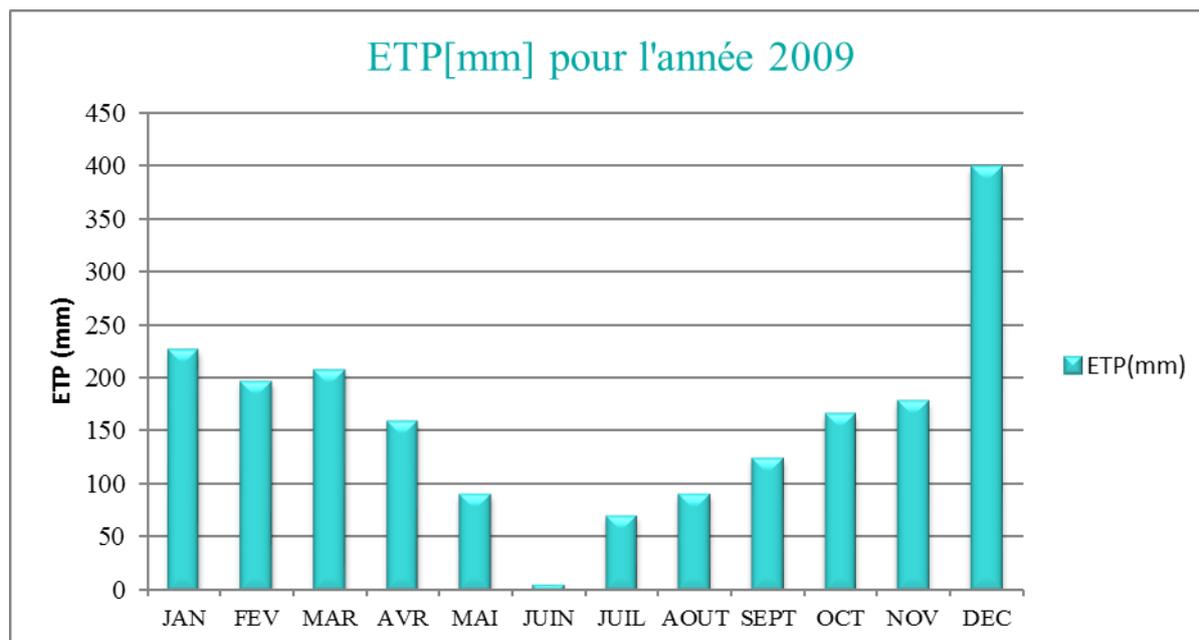


Figure A. 2: Graphe montrant l'évolution de l'évapotranspiration en 2009

Tableau n° 21: Valeur de l'évapotranspiration annuelle en 2013 (mm)

2013												
MOI	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
ETP [mm]	93,32	191,40	187,48	152,25	110,97	59,72	60,9	81,33	135,81	178,56	217,36	211,72

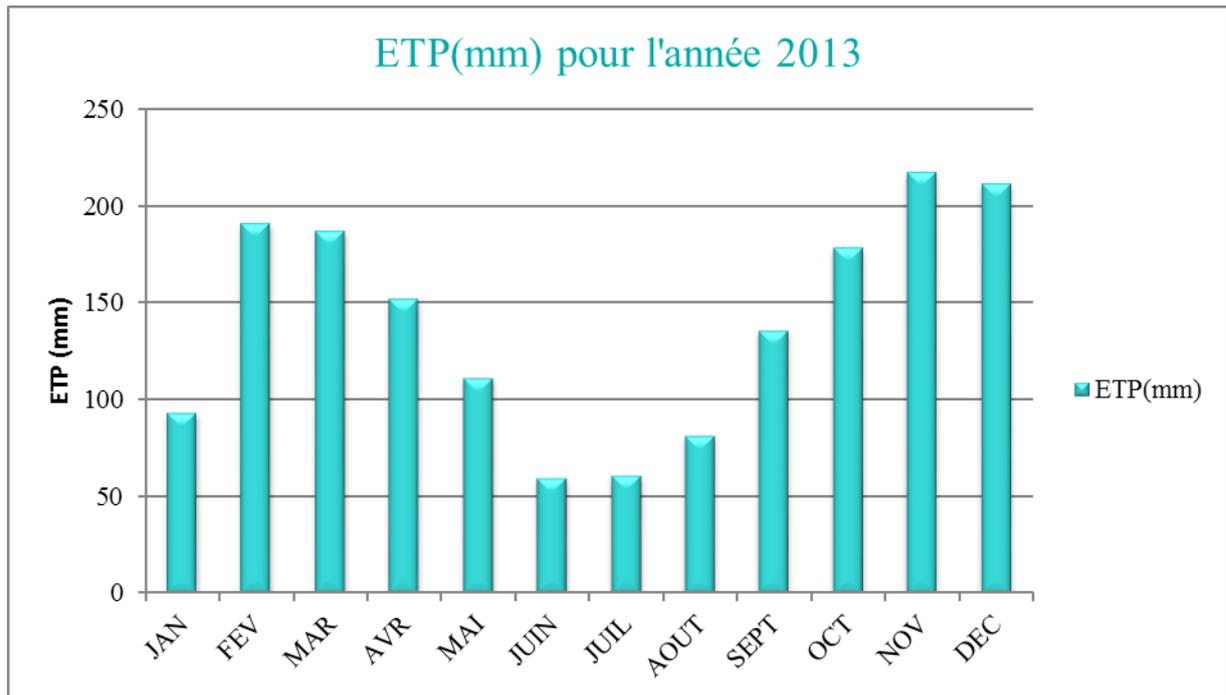


Figure A. 3: Graphe montrant l'évolution de l'évapotranspiration en 2013

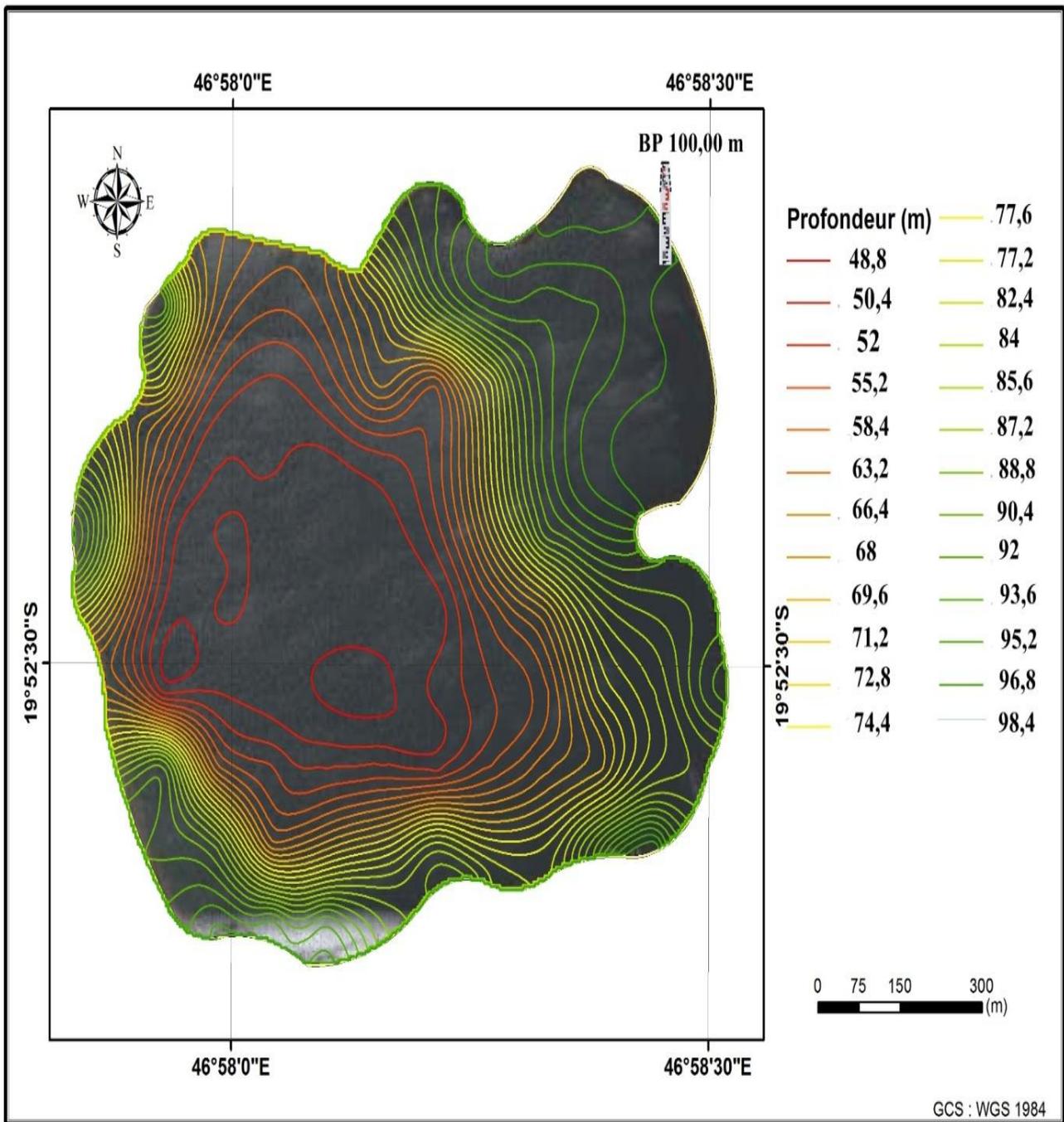


Figure A. 4: Courbe bathymetrie autour du lac a l'aide d'un logiciel arcGIS 10.2

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **RATIARISON Georges.**, 'des principales méthodes d'évaluation immobilière en vue de la fixation par voie d'expertise judiciaire de l'indemnité d'expropriation pour cause d'utilité publique'' ; mémoire de fin d'étude-1983
- [2] **ANDRIANAIVOARIVELO Jaolalaina Arisoa.**, 'Evaluation et gestion integre de la ressource en eau du haut bassin versant du sisaony '' , mémoire de fin d'étude-2012
- [3] : **HERIZO Donald .**, 'Analyse hydrique d'un lac et estimation des pertes en terre de son bassin versant cas du lac d'Andraikibad'Antsirabe.'', mémoire de fin d'étude
- [4] **Pierre Chaperon., Joël Danloux et Luc Ferry**, 'Fleuve et Rivière de Madagascar'', fichier numérique, Edit. ORSTOM., 855p
- [5] : **SOLOHARIMALALA Bakolinirina Mamitiana.**, 'contribution de la géomatique à l'étude de l'érosion sur le bassin versant de l'Ikopa : cas du troncon entre Anosizato et Ambohijanaka.'', mémoire de fin d'étude-2009 ., fichier numérique.
- [6] **E.Penot., Philippe Grandjeen.**,mémoire des travaux d'étudiants au sein du projet BassinVersant du Lac de 2003 à 2010'' .,fichier numérique CIRAD
- [7] **RAKOTOARIMANGA Rova Navalona.**, 'détermination des trois points nouveaux dans l'enceinte de l'ESPA par GPS bi fréquence' 'fichier numérique
- [8] **Lakambelo Lazaniriana Christophe.**, 'Qualification Urbaine de la Commune Rurale Fenoarivo'' ., mémoire de fin d'étude-2010
- [9] **ANAE -Projet Conservation des Sols (1997).**, 'Bilan et Evaluation des travaux et des réalisations en matière de conservation des sols à Madagascar'' ., Atlas de carte et de photographie. Madagascar.-.ONE, FOFIFA, ANAE, CIRAD. 22 pages.
- [10] **GERCO/PIC(2008).** : Rapport pour le projet PIC – Antsirabe, Gerco - Pic, Fiche technique, 55pages.
- [11] **Geneviève Philibert.**, ' evolution tardi-quatenaire du lac jacques-cartier, réserve faunique des laurentides, québec'' ., mémoire à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en sciences géographiques pour l'obtention du grade de Maître en sciences géographiques (M.Sc.Géogr.)

- [12] **RASOLOMANANA E. et al. (2005)**. Problèmes de pollution des ressources en eaux posées par les déchets industriels et ménagers dans la ville d'Antananarivo et de ses environs. Antananarivo: ESPA, IOGA, CNRE.
- [13] **ROBISON L. R. : hydrologie**, *Formation doctorale Génie minéral, Ecole supérieure polytechnique d'Antananarivo*.
- [14] **Razafindrakoto B.G., 2004**. Imagerie et modélisation géophysique et hydro chimique du sous-sol de la région du Menabe - Application a la recherche hydrogéologique ; these de doctorat
- [15] **ALDGHERI M., 1979** : Manuel d'hydrométrie- tome IV, mesure des débits à partir des vitesses, Ed. ORSTOM Paris, 273p
- [16] **RAKOTOARIMANANA**, evaluation des bas débits dans le cas des données insuffisantes dans quelques bassins des hauts plateaux ,Antananarivo ,mémoire de fin d'étude,1986

WEBOGRAPHIE

[12] www.memoireonline.com

[13] www.encyclopediasuniversalis.com

[14] www.ecosite.co.uk/eiac/

[15] www.cirad.mg

[16] www.EIE.com

[17] www.google.com

[18] http://www.gov-antananarivo.mg/mono_agri.html

[19] http://www.silogic.fr/svhauvergne/meth_piezo.html

[20] <http://www.refer.mg/cop/nature.fr/reem/reem0101.htm>

[21] <http://www.inbo.news.org/www.gwp.forum.org> Manuel de gestion intégrée des ressources en eau par bassin.

TABLES DE MATIERES

LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES	vi
INTRODUCTION.....	1
Chapitre I : PRESENTATION DU CADRE DU STAGE ET RAPPELS THEORIQUES DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE	4
I.1 - LE CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT (CNRE).....	4
I.1.1 - Missions.....	4
I.1.2 – Domaines d'intervention.....	5
I.1.3 – Programmes prioritaires	5
I.1.4 – Organigramme (Voir ANNEXE1)	6
I.1.5 – Personnel.....	6
I.2- RAPPELS THEORIQUES GESTIONS DES RESSOURCES EN EAUX.....	7
I.2.1- ETUDES HYDRIQUES selon THORNTHWAITE.....	7
I.2.2- Méthode de calcul et résultat	9
I.2.3- GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU.....	10
I.3- PROBLEMES DE GESTIONS DES RESSOURCES EN EAUX.....	13
I.3.1-DESCRIPTION DE LA SOCIETE D'ACCUEIL JIRAMA	13
I.3.2 - LES PROBLEMES D'EROSION DU LAC D'ANDRAIKIBA	18
 Chapitre II : CONTEXTE GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE	 19
II.1- Contexte géographique du Lac ANDRAIKIBA.....	19
II.2- Morphologie de la de ZONE D'ETUDE.....	22
I.2.1- Caractéristique du BV	22
I.2.2- Types du Sols et végétationsur le BV du Lac d'Andraikiba.....	23
II.3- Géologie du Lac	25
II.3.1- Géologie régionale.....	25
II.3.2-Géologie appliquées	27
II.4- Contexte climatique.....	29
II.4.1- Climat et température	29
II.4.2 - Précipitation.....	29
II.5.1 - Démographie	31
II.5.2- Partie Administrative (Zoning de la Commune)	35

Chapitre III : ACQUISITION ET INTERPRETATION DES DONNEES.....	36
III.1 - PRESENTATION DES MATERIELS UTILISES.....	37
III.1.1 - Le théodolite.....	37
III.1.2 - La mire de nivellement.....	38
III.1.3 - Le décamètre	38
III.1.4 - Global Positionning System (GPS).....	39
III.1.2- Pour l’acquisition des données hydrauliques :	42
III.2- Technique d’acquisition des données.....	42
III.2.1- Données Topographiques.....	42
III.2.2 - Technique et mesure des données hydrauliques.....	43
III.3- Calculs, traitements et interprétations des données.....	63
III.3.1- Traitements des données hydrologiques.....	63
III.3.2- Traitements des données Topographiques	64
III.4- Discussion et recommandations.....	77
III.4.1- Discussion	77
III.4.2- RECOMMANDATION	78
CONCLUSION GENERALE	82
ANNEXES.....	I

Titre : ETUDE HYDROLOGIQUE DU LAC ANDRAIKIBA ANT SIRABE

RESUME

La deuxième ville de Madagascar, Antsirabe I, a un problème en termes d'alimentation en eau.

Notre étude s'est concentrée sur l'analyse environnementale du lac d'Andraikiba et son bassin versant. Les études effectuées ont montré les sources de ce problème en eau d'Antsirabe. Notre analyse a montré la topographie du lac Andraikiba. De plus, l'application de méthode bathymétrique connaît bien la profondeur du Lac. Tout cela nous a permis de fixer des règlements pour aménager le site, dans le but de protéger, de conserver le lac et d'améliorer l'alimentation en eau de la ville d'Antsirabe.

Mots clé : Bassin versant, Lac, hydrologie, topographie, cartographie, bathymétrie

SUMMARY

Madagascar's second city, Antsirabe I, has a water supply problem. Our research concentrated on the environment analysis of the Andraikiba lake and its basin pouring. The studies carried out showed the sources of this water problem of Antsirabe. Our analysis showed the lake Andraikiba topography. Moreover, The bathymetric application of method know the depth of the Lake well. All that enabled us to fix regulations to arrange the site, with an aim of protecting, of preserving the lake and of improving the Antsirabe's town water supply.

Keys Words: Watershed, Lake, hydrology, topography, cartography, bathymetrie

Encadreur :

Mr ROBISON Laurent Roger

Tel: +261340551621

E-mail: robison.laurent@yahoo.fr

L'impétrant:

ANDRIANAIVOARIVELO Jaolalaina Arisoa

SICU BLOC 48 porte 7 Ankatso IIB

Tel: +261331262401

E-mail: jaolalaina@gmail.com