

# Sommaire

Liste des tableaux .....	iv
Introduction .....	1
Première partie : Historique et Problématiques des stations pluviométriques et hydrologiques à Madagascar .....	3
Chapitre I : Les stations pluviométriques et hydrologiques .....	3
I.1- Rappels sur les études et recherches effectuées antérieurement.....	3
I.2- Les stations pluviométriques de Madagascar .....	3
I.3- Les stations hydrologiques à Madagascar .....	5
Chapitre II : Etat des données hydrologiques existant à Madagascar .....	8
II.1- Les données existantes .....	8
II.2- L'origine de l'absence de certaines données jugées utiles.....	8
II.3- Relevés pouvant être entachées d'erreurs .....	10
II.4- Les événements récents non enregistrés.....	11
II.5- Solutions envisageables pour rectification d'une série des données erronées .....	11
Chapitre III : Les principaux sources de perturbations des données hydrologiques .....	12
III.1- Les cataclysmes naturels .....	12
III.2- Le facteur humain .....	14
Deuxième partie : Etude de cas d'Aménagements Victime des Données Hydrologiques .....	21
Chapitre IV : Cas de la protection de la plaine d'Antananarivo .....	21
IV.1- Les infrastructures et les habitats dans les grandes plaines avant 1985 .....	21
IV.2- Les modifications de la grande plaine et les évolutions de données de bases après 1985 .....	33
IV.3- Solutions envisagées pour l'amélioration des projets d'aménagement futurs de la Plaine d'Antananarivo.....	34
Troisième partie : Solutions envisagées pour la modernisation des stations et centres d'études hydrologiques .....	39
Chapitre V : L'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) .....	39
V.1- Présentation de l'OMM.....	39
V.2- Normalisations publiées par l'OMM .....	39
Chapitre VI : Les installations préconisées pour les stations à Madagascar .....	42
VI.1- Inventaire des stations existantes.....	42
VI.2- Structure organisationnelle du service météorologique et hydrologique .....	43
VI.3- Nécessité de modernisations et actions envisagées .....	43
Chapitre VII : Les financements de l'opération de modernisation des stations .....	43
VII.1- Les ressources de financements .....	43
VII.2- Les activités intégrantes du Service pouvant être rémunératrices.....	44
Conclusion Générale .....	45

## Abréviation

BCEOM	Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer
CNUEH	Centre des Nations Unies pour les Etablissements Humains
EEM	Eau et Electricité de Madagascar
OMM	Organisation Mondiale de la Météorologie
ONE	Office National de l'Environnement
PBE	Plus Basse Eau
PDA	Plan Directeur d'Assainissement
PDU	Plan Directeur d'Urbanisation
PHEC	Plus Hautes Eaux Connues
PIRD	Projet Ikopa Rive Droite
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
RD	Rive Droite
RG	Rive Gauche
RIP	Route d'Intérêt Provinciale
RN	Route Nationale
RNCFM	Réseau National de Chemin de Fer Malgache
SOGREAH	Société Grenobloise d'Etudes et d'Aménagements Hydrauliques
TCE	Tananarive – Côte Est

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemple de relevés de pluie Max. de 24 heures, relevée pour le cyclone Geralda	9
Tableau 2 : Pluie Maximale de 24 heures, relevée pour le cyclone Cynthia .....	12
Tableau 3 : Taux de défrichement en hectare .....	14
Tableau 5 : Répartition de la surface brûlée en 1995 .....	15
Tableau 6 : L'évolution des superficies brûlées en hectare à Madagascar (en ha) .....	15
Tableau 7 : La répartition des superficies brûlées (en ha).....	16
Tableau 8 : Pourcentage de ménages par installation .....	31
Tableau 9 : Densité minimale par station (km <sup>2</sup> /station) .....	40
Tableau 10 : Densités minimales recommandées des stations débitométriques (km <sup>2</sup> /station) ...	40

## Introduction

Un des principaux paramètres déterminants pour le dimensionnement d'un ouvrage de génie civil en général est l'hydrologie du site considéré (crues, étiages). L'hydrologie varie suivant les facteurs environnementaux et sujette à des perturbations quand des cataclysmes naturels frappent la région (sécheresse, cyclone...). Au niveau de ces bases de données, le surdimensionnement de l'ouvrage pourra assurer avec sécurité l'évacuation des crues exceptionnelles et la permanence de la circulation mais l'investissement sera élevé. Tandis que pour le sous-dimensionnement, l'investissement pourra être réduit mais les dégâts aux ouvrages seront trop fréquents voire trop graves. Le risque de ruine sera accru. Ces dommages et risques sont-ils acceptables ? C'est la raison du choix de notre thème intitulé : « CONTRIBUTION A L'ETUDE D'IMPACT DES DONNEES HYDROLOGIQUES SUR LE COMPORTEMENT DES OUVRAGES EN EXPLOITATION » comme sujet de mémoire.

Le présent mémoire comporte trois parties :

- Le premier traitant l'historique et problématiques des stations pluviométriques et hydrologiques à Madagascar ;
- La deuxième relatant le cas d'aménagements victimes de l'évolution des données hydrologiques ;
- Et enfin, la troisième recommandant les solutions envisagées pour la modernisation des stations et centres d'études hydrologiques.

Ce mémoire vise surtout à conscientiser les décideurs à renforcer l'importance sur les données hydrologiques, dans le dimensionnement des ouvrages quelle que soit leur importance, afin d'éviter des déboires de la part des bénéficiaires, et des investissements inutiles et non efficaces pour la Nation.

Le choix de la crue de projet pour un ouvrage donné se résume ainsi en un choix économique qui met en balance le coût de l'investissement correspondant d'un côté, et le prix des dommages pouvant être engendrés par la rupture de l'ouvrage ou l'insuffisance de débit de l'aménagement de l'autre.

Si les pays fortement industrialisés recommandent actuellement de prendre comme crue de projet, la crue dix millénale, les pays du Tiers Monde arrive difficilement à se payer des ouvrages pour lesquels la crue de projet est seulement centennale, voire quinquennale.

Cet état de chose est d'autant plus aggravé par l'insuffisance des moyens de la Direction de la Météorologie Nationale à exploiter correctement les stations hydrologiques existantes qui sont déjà en nombre insuffisant. En effet, si ces stations étaient exploitées par l'ORSTOM avant 1975, leur exploitation avait été confiée à la Direction de la Météorologie Nationale à partir de 1976/1977.

Actuellement, bon nombre de ces stations sont abandonnées, et les appareils enregistreurs qui les équipent disparaissent petit à petit à la suite de vols ou d'actes de vandalisme. En plus, la déforestation et le phénomène de feux de brousse se sont empirés ces 20 dernières années. Cette situation est en grande partie responsable des perturbations climatiques actuelles, et par ricochet, des données hydrologiques : les crues sont de plus en plus violentes et les étiages de plus en plus sévères. Ces variations des conditions hydrologiques ont un impact négatif sur le comportement des ouvrages en exploitation depuis une trentaine voire une cinquantaine d'années, notamment des ponts, des barrages d'aménagements hydroagricoles, etc.

## **Première partie**

# **Historique et Problématiques des stations pluviométriques et hydrologiques à Madagascar**

## **Première partie : Historique et Problématiques des stations pluviométriques et hydrologiques à Madagascar**

### **Introduction**

Les stations hydrologiques ont été mises en place pour suivre les grandeurs hydrologiques qui varient dans le temps avec des écarts parfois très importants voire aléatoires. Madagascar n'en possède actuellement qu'une quantité encore médiocre de données hydrologiques pour la plupart des régions. Or cela crée dans la plupart des cas un déséquilibre plus ou moins notable entre l'économie et la sécurité des ouvrages en exploitation.

De l'autre côté, les observations et les mesures hydrométriques sont anciennes et le plus souvent associées à des études d'aménagement telles que l'installation de l'usine d'Antelomita sur l'Ikopa en 1909, aménagement hydroagricole sur Maevarano en 1935, aménagement hydroélectrique de la Vohitra à Rogez en 1928, retenue de Mantasoa en 1938 etc. Mais ce n'est qu'à partir de 1947 qu'a été mis en place un premier réseau de station hydrométrique permanente dont la gestion a été assurée jusqu'en 1973 par des équipes d'hydrologues de l'EDF, puis de l'ORSTOM. (Réf. B-04).

A partir de 1973, la gestion des réseaux a été assurée par les services techniques malgaches de la Météorologie Nationale et de l'Agriculture.

En dépit de l'étendue du territoire et de la dimension modeste des équipes d'hydrologues, une quarantaine de stations de base réparties sur toute île, ont pu être suivies pendant plus de trente ans et de très nombreuses études de terrain ponctuelles ont été effectuées notamment des projets d'aménagement, le suivi des événements cycloniques ainsi de suite...

Sur la base des milliers d'observations journalières et mesures, de nombreuses études ont été réalisées dont une liste sommaire est donnée en *Annexe-5*.

## **Chapitre I : Les stations pluviométriques et hydrologiques**

### **I.1- Rappels sur les études et recherches effectuées antérieurement**

Des études et des recherches ont été effectuées antérieurement dans le domaine de l'hydrologie, notamment :

- les recherches de l'EEM (Eau et Electricité de Madagascar) ;
- les études de la SOMEAH-SOGREAH ;
- les publications scientifiques de BCEOM (Estimation de débit de crue à Madagascar) ;
- les publications de l'ORSTOM (Fleuve et rivière de Madagascar) ;
- les mémoires de fin d'étude.

### **I.2- Les stations pluviométriques de Madagascar**

#### **I.2.1- Rappel historique**

Des stations pluviométriques ont été installées pour relever les hauteurs de pluies dans les différents sites à Madagascar. En totalité, elles sont encore au nombre médiocre.

Les relevés de la pluviométrie n'ont été effectués d'être mesurés de façon régulière qu'à partir de 1850 à la station de « Tana Observatoire » puis à Majunga et Tamatave vers 1897 et 1889 (Réf. B-04).

Entre 1901 et 1903 ont été mises en place quelques stations pluviométriques dans les grandes villes des côtes Est et Ouest (Morondava, Diégo, Tuléar) ainsi que quelques stations sur les hautes terres (Fianarantsoa, Arivonimamo). Sur toutes ces stations, ces relevés ont été assez irréguliers et des vides sont constatés un peu partout jusque vers la fin des années 1930.

Le nombre limitées à moins de 25 jusqu'en 1933 a connu une croissance régulière jusqu'à la fin des années 50 (50 à 75 stations en 1946, 120 à 140 en 1956). En 1957 l'extension du réseau fut notable puisque le nombre moyen de stations fût porté à environ 250 en 1962.

Une certaine réduction de l'effectif peut être constatée entre 1962 et 1970 avec environ 180 stations suivie d'une croissance brutale de 330 postes en 1971-1972. Depuis cette date, on constate une réduction régulière de l'effectif de l'ordre d'une centaine de station vers 1985. Cependant, les principales stations ont été maintenues avec un renforcement des observations climatiques ou stations synoptiques (*Réf. B-03, page 107*).

Ces stations pluviométriques ont relevé les hauteurs de pluies journalières, mensuelles et annuelles, suivant les lieux d'emplacements. Etant donnée une forte corrélation avec les données des stations hydrologiques pour les mêmes sites, nous allons prendre ces données en considération. La carte donnant l'emplacement des stations pluviométriques existant en service est donnée en *Annexe 1*.

## **I.2.2- Regroupement des stations suivant les appareils pluviométriques**

### ***I.2.2.1- Les stations avec les pluviomètres***

Les hauteurs de pluie se mesurent à l'aide d'un pluviomètre. En général, c'est un seau de contenance suffisante pour recueillir les plus importantes pluies pouvant tomber en un jour. Le volume d'eau recueilli dans le seau est mesuré à l'aide d'une éprouvette appropriée qui est graduée en millimètres et dixièmes de millimètres.

On utilise aussi, de plus en plus, des pluviomètres à lecture directe constituée d'un seau en plastique transparent de forme conique et graduée sur la paroi. Si une mesure de haute précision n'est pas indispensable, la lecture directe sans recours à l'éprouvette pourra suffire.

Voir en *Annexe-5a* la liste des grandes stations et les microstations utilisant les pluviomètres.

### ***I.2.2.2- Les stations utilisant les pluviographes (Réf. B-05, page 39)***

L'enregistrement des hauteurs de pluie dans le temps se fait à l'aide d'un pluviographe. Cet appareil se compose essentiellement de trois parties (*Annexe 2-b*) qui sont, de haut en bas :

- une bague réceptrice de surface parfaitement calibrée ;
- un mécanisme de mesure d'enregistrement ;
- un seau de contrôle.

#### **Le pluviographe à augets basculeurs :**

Pour le pluviographe à augets basculeurs, chaque auget est construit de telle sorte que, lorsqu'il se remplit, le centre de gravité du volume liquide se déplace par rapport au pivot. Dès que le volume nominal  $V$  est atteint, l'auget bascule instantanément. Ce basculement est transmis par un mécanisme d'horlogerie à un bras qui se déplace alors d'un petit angle élémentaire. Une plume à l'extrémité de ce bras inscrit ce déplacement qui correspond à la plus petite hauteur de pluie mesurable. Avec une bague de  $2000 \text{ cm}^2$ , les augets basculent lorsque  $V=20 \text{ cm}^3$ , ce qui correspond à une hauteur de pluie de  $0,1 \text{ mm}$ . L'enregistrement se fait sur

un papier spécial disposé sur un tambour dont la vitesse de rotation dépend de la précision souhaitée.

Lorsqu'un auget se vide, l'eau est ensuite dirigée par un entonnoir dans un seau situé à la partie inférieure de l'appareil. Ce seau sert à contrôler les indications de l'enregistreur.

### **I.2.3- Etat actuel des stations**

Du point de vue « Etat des stations existantes actuellement », les questions qui se posent sont : Combien de ces stations sont encore en utilisation ? Comment fonctionnent-elles ? Est-ce qu'elles fonctionnent bien ?

D'une part, les problèmes majeurs des stations sont les manques d'entretien. Par conséquent, dans notre pays, beaucoup des stations ont cessé de fonctionner, ce qui entraîne beaucoup de problème lors de conception des ouvrages d'aménagement hydroagricole ou des ouvrages d'aménagement hydroélectrique. Pour assurer le bon fonctionnement de ces stations, il faut faire des entretiens périodiques et aussi des investissements.

D'autre part, la plupart de ces stations sont très anciennes. Et depuis ces dernières années, la création des nouvelles stations n'est pas encore envisagée. Heureusement, il reste peu de station qui sont encore fonctionnelles et donnent des valeurs fiables.

### **I.2.4- Densité des stations**

La « Densité des Stations » est le nombre de stations par unité de surface. Autrement dit, on parle de la répartition de ces stations dans l'espace.

Il est à remarquer que les stations sont très mal réparties dans l'île. Certaines régions ont un nombre suffisant de stations, alors que d'autres en sont privées. (Voir la carte qui représente la densité des stations en [Annexe 1 A](#)).

## **I.3- Les stations hydrologiques à Madagascar**

Les stations hydrologiques sont des stations qui servent surtout à mesurer le débit de cours d'eau. On peut énumérer :

- les stations limnimétriques ;
- les lieux d'implantation de limnigraphes ;
- les stations de jaugeages ;
- les autres types de stations hydrologiques.

### **I.3.1- Les stations limnimétriques**

Elles ont pour but d'observer l'évolution au cours du temps du niveau d'eau d'un cours d'eau ou d'une retenue. Ce type de station doit normalement comporter les trois éléments suivants :

- une section de contrôle sur le cours d'eau ;
- des équipements de mesure du niveau d'eau ;
- une section de jaugeage.

Les échelles limnimétriques doivent être installées immédiatement en amont du contrôle et disposées de façon à pouvoir être lues pour n'importe quelle hauteur d'eau. Elles sont graduées en centimètre et fixées verticalement sur une poutre métallique ou autre support rigide. Dans le cas de marnages importants (grandes variation de niveau d'eau) et d'une section transversale à faible pente, l'échelle sera composée de plusieurs éléments rigoureusement

alignés en niveau. Le zéro de l'échelle doit toujours être repéré par rapport à une borne fixe hors d'eau et parfaitement connue. Dans certains cas, on peut installer des échelles « négatives », notamment lorsqu'on doit mesurer des valeurs d'étiage exceptionnelles.

Les lectures des échelles limnimétriques doivent être faites systématiquement tous les jours pour les rivières pérennes comme pour le cas des rivières de la côte est, et pendant toute la durée de l'écoulement pour les rivières non pérennes (Les rivières du Sud). En cas de fortes variations de plans d'eau, il est même recommandé de faire plusieurs lectures dans la journée, à heures fixes. Mais toutes ces exigences ne sont pas appliquées à Madagascar.

### **I.3.2- Les stations utilisant les limnigraphes**

Les limnigraphes sont des appareils permettant d'enregistrer de façon continue les variations d'un niveau d'eau ou limnigramme. Ils se composent généralement de trois parties essentielles :

- Un capteur de niveau ;
- Un système de transmission de la mesure ;
- Un système d'enregistrement sur papier.

**Le capteur constitué d'un flotteur :** C'est le capteur le plus simple qui est constitué d'un flotteur relié par un câble à une poulie. Le flotteur doit être protégé des corps flottants, des vagues et autres causes de mauvais fonctionnement par un puits de tranquillisation.

**Le capteur de pression :** Il transforme la pression sur une membrane en signal électrique. La transmission du signal se fait par un câble électrique.

**Le capteur pneumatique à air comprimé :** Pour ce type de capteur, la mesure est réalisée par un manomètre.

**Le système d'enregistrement :** Le système d'enregistrement est composé d'un tambour vertical ou horizontal de 200 à 300 mm de longueur sur lequel se déroule le papier millimétré. La transmission de la mesure de niveau (mécanique, électrique ou pneumatique) provoque le déplacement d'un stylet à encre (ou feutre ou crayon) sur toute la largeur du papier. Suivant le type d'information recherché, la vitesse de rotation du tambour sera choisie de façon à avoir les limnigrammes journaliers, hebdomadaires ou mensuels.

L'installation d'un limnigraphe doit toujours s'accompagner de celle d'un limnimètre avec sa borne repère (position du zéro de l'échelle). A chaque changement de diagramme, l'observateur doit vérifier la correspondance entre l'échelle de l'indication du stylet, et l'ajuster si besoin est avec le dispositif de réglage prévu sur l'appareil.

### **I.3.3- Les stations de jaugeages**

#### ***I.3.3.1- Jaugeage volumétrique***

Lorsqu'il existe sur le cours d'eau une chute naturelle ou aménagée, on peut mesurer le débit en chronométrant le temps de remplissage  $\Delta t$  d'un récipient de volume connu  $\Delta V$ .

$$Q = \Delta V / \Delta t$$

C'est une méthode précise qui demande peu de moyens, mais il faut que la topographie s'y prête. La méthode est utilisable surtout sur les petits ruisseaux de montagne.

### **1.3.3.2- Jaugeage au flotteur**

Le principe consiste à mesurer la vitesse d'eau à la surface au milieu du courant. Par expérience, on sait que la vitesse moyenne est d'environ 80% de cette vitesse superficielle.

$$Q = V_m S = 0,8 V_{\text{surf}} S$$

Cette méthode est suffisante lorsqu'on a besoin seulement d'un ordre de grandeur. Pour réaliser la mesure, il suffit d'un décamètre ou d'une chaîne d'arpenteur et d'un chronomètre.

### **1.3.3.3- Jaugeage par déversoir de mesure**

Pas très utilisée sur les cours d'eau naturels, cette méthode est presque systématiquement employée sur les canaux superficiels (irrigation, drainage, etc.) Des formules précises donnent la relation entre la hauteur de la lame d'eau au-dessus du seuil et le débit pour le type de déversoir installé.

### **1.3.3.4- Réalisation restreinte de mesure indirecte de débit ou jaugeage au moulinet (Réf. B-05, p-142)**

Les mesures du débit en rivière se font généralement au moyen d'un moulinet composé d'une hélice à axe horizontal entraînée en rotation par le courant à une vitesse telle que :

$$V = aN + b \quad \text{où}$$

- V : Vitesse en m/s
- N : Nombre de tours par seconde
- a et b : des constantes de calibrage fournies par le constructeur.

Pour une faible profondeur d'eau, le moulinet est fixé sur une perche graduée, alors que pour les grandes profondeurs celui-ci est fixé à l'extrémité d'un câble lesté par un saumon au profil hydrodynamique.

Lorsque les profondeurs d'eau sont relativement faibles ainsi que les vitesses d'écoulement, le jaugeage peut se faire à pied, l'opérateur se plaçant en aval de la perche qui supporte le moulinet. Pour les profondeurs supérieures à 1,30 m, il est nécessaire d'embarquer le matériel de jaugeage sur un canot pneumatique ou bien d'installer à demeure un câble en travers de la rivière avec un système de treuils pour la manœuvre. (Voir fig. en Annexe 2-d)

Quelle que soit la méthode employée, le calcul du débit revient à une sommation de débits élémentaires à travers la totalité de la section d'écoulement. Le nombre de points de mesure est fonction de la précision recherchée, mais aussi du temps nécessaire pour effectuer les mesures. Si le nombre de points de mesure est très grand, le niveau, et donc le débit de la rivière, risquent de varier entre le début et la fin des mesures.

### **Méthode des paraboles de vitesse**

On trace le profil des vitesses pour chaque verticale. Une première intégration donne le débit unitaire en m<sup>2</sup>/s c'est-à-dire m<sup>3</sup>/s par mètre de largeur. Une seconde intégration donne le débit.

### **Méthode de l'USGS**

La vitesse moyenne dans chaque verticale est donnée par la moyenne d'un petit nombre de mesures prédéterminées en fonction de la profondeur.

### **I.3.3.5- Jaugeage chimique ou par dilution**

Lorsque l'utilisation d'un moulinet est difficile, voir impossible (torrents, cours d'eau chargée de boues ou de détritiques), on peut utiliser la méthode chimique. Pour cela, il faut injecter dans le cours d'eau une solution concentrée d'un produit chimique dosable à débit constant. Si l'écoulement est très fortement turbulent, on obtient une bonne dilution et, en analysant la concentration d'un échantillon en aval, on pourra en déduire le débit, en régime permanent.

$$Q = q \times C / c$$

Avec

- Q : débit du cours d'eau
- q : débit d'injection
- C : concentration du produit injecté
- c : concentration du prélèvement

*Inconvénient : appareillage sophistiqué et mise en œuvre délicate.*

### **I.3.4- La densité des stations, leurs répartitions et l'état actuel**

Ils sont mal répartis car certains rivières ou cours d'eau ne sont pas encore équipés de stations hydrologiques. En plus, beaucoup parmi eux sont très anciennes.

## **Chapitre II : Etat des données hydrologiques existant à Madagascar**

### **II.1- Les données existantes**

Le siège national des données hydrologiques est actuellement à Ampandrianomby. Jusqu'à présent, ces données sont encore en quantité insuffisante, la plupart sont très anciennes, en plus, certaines données ne sont pas fiables. Heureusement qu'il existe des stations de base permanentes qu'on exploite régulièrement.

Dans le cas où les données récentes ne seraient pas figurées dans une série de données, l'estimation de débit de crue ou d'étiage risque de ne pas refléter la réalité. Or ce genre de problème est très fréquent en regardant les différentes données existantes. Les années d'observations pour certaines stations sont données en [Annexe 5](#). A partir de ces données, on peut bien remarquer les manques de données récentes pour certaines stations.

### **II.2- L'origine de l'absence de certaines données jugées utiles**

#### **II.2.1- L'insuffisance des stations**

C'est la conséquence de la difficulté, voire l'impossibilité d'implantation de l'appareil sur un site sur lequel sa présence est jugée très utile. La cause pourrait être :

- Le problème de budgétaire ;
- L'accès difficile vers le lieu ;
- L'existence de la période pendant laquelle l'appareil cesse de fonctionner ;
- La formation qu'on doit attribuer aux lecteurs car pour certaines zones reculées, on a de la difficulté à chercher des agents ayant de niveau d'instruction requis pour être formés. N'oublions que la lecture, la maintenance ainsi que l'entretien d'une station nécessite obligatoirement une formation de base.

## **II.2.2- La négligence des responsables de lecture**

L'origine pourrait être :

- **Inexistence d'un remplaçant** : La disponibilité dépend de chaque individu. Si le responsable de prélèvements n'est pas disponible au moment du prélèvement, il devra au moins céder cette responsabilité à un autre. Mais il faut que ce dernier ait une formation complète sur le prélèvement. Au cas où personne ne pourrait pas le remplacer, le prélèvement ne sera pas fait.
- **Problème de rémunération** : Pour une station difficilement accessible, le prélèvement des données hydrologiques est dans la plupart de cas confié aux habitants avoisinants. Par faute de rémunération, certains responsables de prélèvements ne seront pas motivés.
- **Les erreurs dans les opérations de relevés** : Le lecteur désigné pour relever la valeur des données n'assume pas sa responsabilité au moment propice, et donne une valeur de sa propre estimation.
- **Problème d'équipements** : Les relevés des crues cycloniques ne peuvent être faits qu'à partir des équipements plus spécifiques pour l'agent responsable des relevés.

## **II.2.3- L'impossibilité de la lecture sur certaines périodes**

### ***II.2.3.1- Pluies ou débits de cours d'eau abondants et dangereux***

Parfois, il est très dangereux de prélever des données dans une forte intempérie ou si le débit du cours d'eau est trop grand. Quelle que soit l'importance de données à recueillir, le prélèvement est souvent impraticable. Il sera donc automatiquement annulé. C'est le cas de Geralda du 07/02/94 au 06/02/94 qui a frappé la région de Moramanga et de Brickaville et qui, ne peut être relevé aux certaines stations.

**Tableau 1 : Exemple de relevés de pluie Max. de 24 heures, relevée pour le cyclone Geralda**

<b>Station</b>	<b>Pluie max. de 24 H</b>
Maintirano	285
Besalampy	262
Toamasina	190
Sainte-marie	114
Brickaville	-
Morondava	-

*Source de données : Service Météo Ampandrianomby*

### ***II.2.3.2- Niveau d'eau trop élevé ou trop bas***

Même si la vitesse superficielle du cours d'eau n'est pas forte, le prélèvement s'avère difficile dans le cas où le niveau d'eau est trop élevé. Par exemple, les limnimètres de courte longueur seraient entièrement noyées. Dans ce cas, on ne peut pas évaluer avec exactitude la vraie valeur de la hauteur. De même, si le niveau d'eau est trop bas, certaine méthode pour mesurer la valeur des hauteurs d'eau ne sera pas praticable.

## **II.3- Relevés pouvant être entachées d'erreurs**

Toute mesure, qu'elle soit faite à la main ou par un appareil automatique, peut être entachée d'erreur. Celle-ci peut être fortuite et imprévisible ou systématique. La plus grande difficulté qu'il y a en hydrologie provient de l'impossibilité de recommencer une mesure relative à un événement passé. Une averse, une crue, un ruissellement constituent toujours un événement unique, qui fait que toute mesure fautive ou douteuse est pratiquement une mesure perdue.

Ainsi, il existe des possibilités de données défectueuses, et il arrive fréquemment qu'une station hydrométrique présente des interruptions dans les relevés, rendant difficile l'utilisation de la station. Il convient par conséquent de vérifier les données obtenues.

Cette opération nécessite parfois, suivant la méthode utilisée des calculs rigoureux que l'on ne peut pas faire sans l'aide d'une machine programmable ou d'un ordinateur.

Sur un bassin versant relativement grand, intéressé par plusieurs stations hydrométriques fonctionnant sur des périodes différentes, il y a lieu d'homogénéiser toutes les données des stations considérées sur une période unique la plus longue possible de manière à rendre comparable les résultats obtenus à chaque station.

### **II.3.1- Erreur systématique de l'appareil**

C'est l'erreur indépendante de l'agent releveur des données mais due à l'erreur de l'instrument utilisé. L'erreur peut être due à :

- Un changement instrumental (éprouvette, entonnoir de pluviomètre) : Si l'instrument a été changé à partir d'une année considérée (changé accidentellement par exemple), les relevés ne sont plus mêmes qu'antérieurement ;
- La substitution d'une éprouvette par une autre de surface de base différente de la première ;
- Le déplacement du pluviomètre loin du premier site au cours de la période de fonctionnement. Les données recueillies risquent d'être différentes de la première série ;
- L'environnement immédiat du pluviomètre s'il a été modifié de façon suffisamment important pour risquer de perturber les données. C'est le cas des appareils établis en zone subissant une intense déforestation suivie d'une rapide urbanisation ;
- L'erreur systématique par défaut introduit par l'auget basculeur lors de l'utilisation d'un pluviographe. Elle est due au temps de basculement et est indépendamment des erreurs accidentelles.

### **II.3.2- Erreur accidentelle commise par le lecteur**

Prenons comme exemple la lecture d'une pluviométrie :

La mesure classique de la hauteur de pluie recueillie à l'aide d'une éprouvette peut avoir des difficultés. Il y a d'abord la maladresse de l'opérateur qui peut, en versant trop vite l'eau dans l'éprouvette, en laisser tomber une partie au sol. Il y a en plus le risque d'erreur systématique si l'opérateur ne vérifie pas soigneusement la correspondance entre la dimension de la bague et la graduation de l'éprouvette. La normalisation à 400 mm pour les pluviomètres ne veut pas dire que tous ont cette dimension. Dans certains pays, les bagues ne peuvent avoir d'autres diamètres, ce qui peut être à l'origine d'erreurs systématiques pas toujours facile à déceler.

### **II.3.3- Erreur apparaissant au cours des transferts de données**

Au cours des transferts des données, l'apparition d'une erreur est probable.

## **II.4- Les événements récents non enregistrés**

Ce sont des événements relatifs à l'époque actuelle. Ils sont très importants car ils correspondent bien au nouvel ordre de grandeur des données.

Prenons comme exemple les données hydrologiques ou pluviométriques récentes non enregistrées pour le cas Geralda à Andasibe Gare :

Le débit de crue dans les ouvrages de la RNCFM est largement dépassé par rapport à la normale. Plusieurs dégradations sont constatées qui font l'objet des études de la SOMEAH pour le confortement du réseau. Ainsi, il est calculé les valeurs réelles des crues en observant les laisses de crue. Cette évaluation a actualisé les données de  $Q_{100}$  (Débit de crue de fréquence de 100 ans) utilisé dans le dimensionnement des ouvrages.

## **II.5- Solutions envisageables pour rectification d'une série des données erronées**

### **II.5.1- Analyse de régression entre les données maximales**

Il arrive fréquemment qu'une station hydrométrique présente des anomalies dans les relevés, rendant difficile l'utilisation de la station. Il convient par conséquent de remplacer les données anormales.

La méthode pratique utilisée pour vérifier une série de données d'une station A donnée repose sur l'analyse de régression linéaire entre les données  $X_A$  de cette station avec les données  $X_B$  d'une station de base B voisin e dont la série de données est lus complète pour laquelle au préalable.

- On s'est assurée la fiabilité des données ;
- On a vérifié graphiquement (double masse ou  $X_B = f(X_A)$ ) qu'il y a une corrélation suffisamment étroite entre les deux stations.

Le nombre de couples  $(X_A, X_B)$  devra être supérieur à 15 pour que la corrélation soit acceptable.

### **II.5.2- Principe de la méthode de double masse**

- Soient deux stations A et B disposant de relevés pluviométriques depuis l'année 1 jusqu'à l'année N incluse ;
- Soient  $PA_i$  et  $PB_i$  la pluviométrie respectivement pour A et B pendant l'année i.

En portant sur un graphique  $SP_{B_i}$  en fonction de  $SP_{A_i}$ , i variant de 1 à N, on obtiendra n points. Si chaque série de relevées pluviométrique est homogène, les n points seront situés à proximité d'une droite de pente m, voisine du rapport moyenne inter annuelles (Moyenne  $P_B$  / Moyenne  $P_A$ ).

Par contre si l'homogénéité d'une série est rompue à partir de l'année X, les points qui suivront seront à proximité d'une seconde droite de pente différente.

Il est probable que les données ne sont pas fiables si la courbe obtenue ne prenne pas l'allure d'une droite.

## **Chapitre III : Les principaux sources de perturbations des données hydrologiques**

Plusieurs facteurs ont tendance à modifier les données hydrologiques. Parmi eux, on souligne :

- les cataclysmes naturels et les enregistrements des valeurs ;
- les activités rurales ;
- l'urbanisation des villes.

### **III.1- Les cataclysmes naturels**

Les cyclones engendrent des crues importantes qui pourraient dépasser les estimations de valeurs dans les différentes réalisations (Route, aménagement hydroagricole, ...). Il y a des modifications de milieu naturel et des conséquences sur les ouvrages en exploitation. Nous illustrons par des réels (Dabara, TCE, ...)

#### **III.1.1- Les dépassements des valeurs estimées dans les études d'Avant-Projet**

- **Cas de la TCE Brickaville-Moramanga (31/01-05/02/1994) :** Le cyclone Geralda a frappé cette zone en 1994. Les crues de projet pour les infrastructures ferroviaires ont été estimées à environ 50 ans (*Source de données RNCFM*). D'après les rapports pour le projet de confortement de la ligne TCE, Geralda est équivalente à une crue centennale. Cette cote PHEC de la rivière Sandratana est marquée sur la gare d'Andasibe. Les enregistrements des valeurs qui ont été fait dans les stations de Sainte Marie et Toamasina confirment encore l'importance de ces crues. (Cf. *Tableau N°1 Valeur de pluies apportées par Geralda*).
- **Cas de l'aménagement hydroagricole de Dabara :** Les cyclones Geralda et Dessilia ont été passées dans ce périmètre en date de 24 mars 1994. Les crues de projet dans les études d'Avant-Projet de 1965 (*Réf. B-10*) ont été estimées pour 50 ans. En 1991, Cynthia dépasse largement cette valeur suivant les données météorologiques prises dans certaines stations.

**Tableau 2 : Pluie Maximale de 24 heures, relevée pour le cyclone Cynthia**

Station	Date	Pluie Max. de 24 H
Maintirano	17/02/91	483
Besalampy	17/02/91	70
Toamasina	17/02/91	196
Morondava		

#### **III.1.2- Les modifications du BV**

- **Cas de la TCE :** Les éboulements ont été produits dans ces zones faisant l'objet du projet de confortement de la ligne. Des terrassements et aménagements ont été réalisés sur plusieurs kilomètres par la société SNTPI (Société Nationale de Travaux Publics). Ceux-ci modifient pleinement le régime d'écoulement de Sandratana.
- **Cas de Dabara :** Le passage des cyclones (Dessilia/Geralda) a provoqué une précipitation et un débit de crue de fréquence rare à cette époque. Cette précipitation et ce débit de crue

ne sont pas prévus lors du dernier projet avant le Projet de Réhabilitation du Canal de Dabara. C'était pour cette raison que la crue et la précipitation ont provoqué des bouleversements sur le fonctionnement du canal.

### **III.1.3- Les conséquences sur les ouvrages en exploitation et les solutions avancées**

#### **III.1.3.1- Cas de la TCE**

Des dalots anciennement construits pendant la colonisation ont été détruits pendant le passage de Geralda. Des réhabilitations ont été réalisées par la Société SNTPI (ex : à Ambatovola – Brèche D) qui tiennent compte de la modification du Bassin Versant et du régime hydrologique de Sandratana.

#### **III.1.3.2- Cas du canal de Dabara après le passage de deux cyclones**

Le passage des deux cyclones, à savoir Dessilia et Geralda, a causé une lourde conséquence des secteurs alimentés par le Canal.

- **Ensablement de l'ouvrage chute de Bezezika :** L'ouvrage chute, assurant l'irrigation de quelques parcelles à Bezezika Commune Ankilivalo, District Mahabo a été ensablé. La cause probable de cet ensablement est la brutalité de crue causée par la dégradation du bassin versant. L'ouvrage ne peut pas retenir les sables par le manque de végétations causé par le décapage, la déforestation.
- **Inondation dans la zone située entre Soanafindra et Antevamena :** La dépression entre la route et le canal de Dabara (autour d'un point bas situé à 1200 m environ à l'aval de l'ouvrage chute) a été inondée par les crues consécutives des deux cyclones au cours desquelles le lit de la Morondava s'est rapproché du canal de Dabara.
- **Inondation de la rizière à Antevamena :** Les rizières du secteur Antevamena RG du canal de Dabara, du côté de la RN 35 sont souvent inondées lorsque le niveau d'eau des marais monte surtout pendant les cyclones. Les paysans ont demandé la création d'un drain pour évacuer ces eaux vers la Morondava.
- **Débordement du fleuve de Morondava :** Deux ouvrages chutes d'Antevamena/Analaiava ont subi le débordement du fleuve de Morondava.
- **Inondation de la zone entre Dabara et RN 35 :** L'eau retenue entre la digue rive gauche du canal de Dabara et le remblai de la RN 35 a du mal à s'évacuer, pendant la saison des pluies. Ce problème se pose de manière accrue là où le canal et la route se rapprochent. La plupart des passages inférieurs d'assainissement, sous forme de dalots ou de buses qui existaient sous la route RN 35, sont partiellement ou complètement bouchés par des dépôts de terre et les abords amont et aval sont envahis par la végétation. Pour l'évacuation des eaux excédentaires des rizières irriguées illicitement dans cette zone, pratiquement aucun système de drainage n'était prévu.
- **Dépôts solides laissés dans le Canal Dabara :** Des dépôts solides emportés par les crues sont le responsable de déversement des eaux sauvages chargées en matières solides dans le canal. Le curage du drain Tandila a été fait par le chantier FFW depuis son entrée dans le périmètre jusqu'à la limite aval de la zone Amont, (au débouché du drain). Le curage a été nécessaire pour diminuer les risques de débordement aussi bien dans la zone amont que vers la zone intermédiaire (notamment le domaine de la SIRANALA). Le déversement d'eaux sauvages dans le canal de Dabara, lorsqu'il est en déblais, provoque, dans la zone

intermédiaire, des dégâts sous forme de ravines sur la piste et de griffes d'érosion sur les talus intérieurs du canal.

- **Ensablement** : Les causes possibles de ces ensablements sont les dégradations du bassin versant. Il ne peut retenir les sols par les manques de végétations causé par le décapage, la déforestation. En conséquence, les capacités des réseaux ensablés sont réduites et il y a rehaussement des niveaux des parcelles à irriguer d'où l'impossibilité de l'irrigation. Au point de vue agronomique, les ensablements ne permettent pas la pratique des rizicultures (caractéristiques des sols).

## **III.2- Le facteur humain**

### **III.2.1- Activités rurales**

#### **III.2.1.1- Le défrichement**

Le défrichement est essentiellement dû aux multiples activités humaines. Il élimine les végétations favorisant l'infiltration et ralentissement de ruissellement. Par conséquent, le volume de l'eau ruisselant le long du bassin versant lors d'une averse donnée devient énorme, de même que le débit écoulé à l'exutoire qui peut parfois atteindre une valeur imprévue. Dans certains cas, une averse pour une fréquence donnée engendrait un débit supérieur au prévu.

L'évolution du taux de défrichement accuse une tendance à la hausse très marquée. L'accroissement est très spectaculaire en 1992.

**Tableau 3 : Taux de défrichement en hectare**

PROVINCE	1991	1992	1994	1995
Antananarivo	565	2		438
Antsiranana	2 351	5 174	15 555	10 165
Fianarantsoa	80	6 013	1 971	330
Mahajanga	739	12 316	2 525	860
Toamasina		480	19 021	28 126
Toliary	63	42	2 510	163

*Source : INSTAT année 1995*

D'une part, l'utilisation des bois pour combustible est l'une de l'origine de cet acte humain. Dans le pays, le bois reste le combustible le plus utilisé. 81 % des ménages l'utilisent. En milieu rural représentant 80 % de la population, 9 ménages sur 10 utilisent le bois, et en milieu urbain, plus de 9 ménages sur 10 utilisent le bois, le charbon ou les deux à la fois.

	Ménages	Bois	Charbon	Bois et charbon	Autres (1)
Urbaine	579 004	279 238	232 286	26 834	40 646
Rurale	1 923 855	1 755 503	62 884	34 506	70 963
Madagascar	2 502 859	2 034 741	295 170	61 340	111 609

*Source : INSTAT année 1995.*

D'autre part, la pression économique favorise le défrichement. L'exploitation abusive des produits forestiers pour des raisons d'ordre économique et commercial constitue entre autre les causes de disparition de certaines espèces forestières. Les bois débités, le charbon et le bois de chauffage ont vu leur production sensiblement augmentée en 1995. Cette évolution est due à la politique de la libéralisation économique et à l'accroissement incessant de la consommation de bois d'énergie. Pour le bois débité, le taux élevé résulte de la reprise des exportations et de l'installation des entreprises franches.

### **III.2.1.2- Le feu de brousse**

En moyenne, 43 500 ha sont brûlées chaque année durant la période 1991-1995.

**Tableau 4 : Répartition de la surface brûlée en 1995**

Feux de prairie	98,7 %
Feux de forêts naturelles	0,5 %
Feux de reboisement	0,8 %

L'accélération de la réduction du couvert végétal est essentiellement attribuable à la pratique ancestrale de la culture itinérante sur brûlis à rendement médiocre.

**Tableau 5 : L'évolution des superficies brûlées en hectare à Madagascar (en ha)**

	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
<b>Antananarivo</b>	48 581	5 224	88 868	314 793	816 982
<b>Antsiranana</b>		4 771	2 074	2 375	3 544
<b>Fianarantsoa</b>	85 992	22 375	2 224	54 245	44 709
<b>Mahajanga</b>	47 770	16 955	230	162 295	201 848
<b>Toamasina</b>	263	2 067	1 734	5 934	1 873
<b>Toliary</b>	1 343	1 120		12 037	169 169
<b>Total</b>	183 948	52 513	95 130	555 689	1 238 124

*Source : Direction des Eaux et Forêts (Année 1995)*

**Tableau 6 : La répartition des superficies brûlées (en ha)**

	<b>Prairie</b>	<b>Forêt naturelle</b>	<b>Reboisement</b>	<b>Total</b>
<b>Antananarivo</b>	808 128	2 816	6 038	816 982
<b>Antsiranana</b>	3 484	28	32	3 544
<b>Fianarantsoa</b>	43 567	501	641	44 909
<b>Mahajanga</b>	199 549	1 290	1 009	201 848
<b>Toamasina</b>	1 857	0	16	1 873
<b>Toliary</b>	166 353	265	2 551	169 169
<b>Total</b>	1 222 938	4 900	10 287	1 238 125

*Source : Direction des Eaux et Forêts année 1995*

### **III.2.2- Urbanisation des villes**

#### ***III.2.2.1- PDU 66/74 et autres projets de villes ultérieurs***

Le PDU 66/74 concerne le plan directeur établi pour les aménagements des villes suivant les organisations administratives héritées de la colonisation. Ce projet est fondé sur la réflexion de la croissance démographique annuelle de Madagascar de l'ordre de 2.8%. En effet, cette expansion fait qu'il est difficile de maîtriser et organiser la croissance des agglomérations urbaines. De l'année 74, il est déjà observé que les problèmes sont particulièrement aigus dans la capitale et dans les principales villes du pays.

Les contextes politico-économiques ont bouleversé ce projet. Soucieux de trouver les remèdes à cette situation, le gouvernement malgache a lancé dès 1980 avec l'assistance du PNUD et l'assistance technique du CNUEH et la Banque Mondiale deux projets successifs de développements urbains conçus dans les directives de continuité :

- le premier projet « Développement des programmes d'habitat » en 1980-1982 ;
- le second projet « Programme de développement urbain du Grand Antananarivo » en 1983-1985.

Dans notre époque, l'établissement des stratégies des aménagements et les maîtrises de toutes les interviews tous concernant les plaines d'Antananarivo est mis sous la responsabilité du Ministère de l'Aménagement du Territoire et des Villes avec les organismes comme les BPPA – APIPA – AGETIPA – PAIQ...

Les réalisations des projets ont modifié pleinement Antananarivo surtout les Bassins Versants qui deviennent des zones urbanisées ainsi que le régime hydrologique des rivières qui drainent cette ville (Ikopa, Sisaony...)

#### ***III.2.2.2- Occupation du territoire par les aménagements***

Les infrastructures et l'habitat constituent les principaux facteurs intervenant dans le cadre de ce mémoire (Cf. 2<sup>ème</sup> partie).

## **Les infrastructures :**

D'après les définitions des infrastructures données dans les études de développement urbain 1985 (*Réf. B-11, page 8*), les infrastructures regroupent réseaux et ouvrages qui constituent le système nerveux de la ville. Le réseau de voirie est considéré comme réseau essentiel dans la mesure où il dicte le tracé des autres réseaux (eaux, égouts, éclairages publics, transports...). On étudie principalement voirie, assainissement et drainage qui contribuent dans les modifications des Bassins Versants (les grandes artères).

### **→ Voirie :**

Le réseau routier (les grandes artères) n'a pas subi des aménagements notables au cours des 10 dernières années dans les principales villes. Néanmoins, les bretelles et les voies d'accès et les servitudes (des maisons d'habitations, usine, centre commercial) se sont multipliées suivant les rythmes des constructions nouvelles. Ces voiries modifient pleinement le Bassin Versant en intervenant dans les facteurs suivants :

- les terrassements pour les implantations des axes de voiries ;
- les aménagements des talus ;
- les assainissements routiers ;
- les traitements des sols.

### **→ Terrassement :**

Le terrassement varie suivant les implantations des bâtiments. Des dispositions ont été prises pour convenir à ces structures. Les pentes raides sont affaiblies en étudiant les mouvements des terres (remblai et déblai). Ces actions sont différentes pour les villes côtières et les hautes terres centrales vis-à-vis de reliefs. Dans le cas des zones côtières, les pentes sont régulièrement faibles vers la mer. Les terrassements y sont moindres tandis que dans les Hautes Terres Centrales, on a tendance à construire dans les collines. On modifie les terrains naturels pour avoir des voies d'accès. Souvent, les flancs des collines sont suivis. Il y a des changements de cheminement des eaux de ruissellement dont les paramètres :

- coefficient de ruissellement ;
- pente ;
- surface des bassins versants ;
- longueur du rectangle équivalent ;
- temps de concentration.

### **→ Aménagements des talus :**

Les aménagements des talus sont conditionnés par les dispositions architecturales et géotechniques (stabilité des sols suivant les aménagements des voiries précitées). Ces constructions admettent à peu près les mêmes changements que les terrassements.

### **→ Assainissements routiers :**

Les assainissements routiers sont les solutions admises par les riverains des voiries pour résoudre les évacuations des eaux pluviales et des eaux usées. Ils comprennent les fossés latéraux, les réseaux en buses, les dalots...

→ Les traitements de sol :

Suivant les degrés d'aménagements (degré d'investissement des constructions), les sols sont traités d'une manière différente :

- revêtement en terre battue (Matériaux sélectionnés et autres...) ;
- bande de roulement (pavées, pierre plate) ;
- voirie gravillonnée ;
- chaussée bitumée.

Ces facteurs interviennent beaucoup dans le coefficient de ruissellement ( $C_R$ ) et temps de concentration.

→ Assainissement et drainage :

L'assainissement et drainage concernent les évacuations des eaux pluviales, les eaux usées et eaux vannes des bâtiments. Il est peu critique dans les grandes villes côtières qui se ramènent à des assainissements individuels et autonomes. Dans les hautes terres, ils suivent les occupations du sol en surface bâtie.

Les études de l'assainissement interviennent dans les régimes hydrologiques des rivières qui servent d'exutoires suivant les facteurs :

- des débits apportés (eaux pluviales, eaux usées, eaux vannes...) ;
- les qualités de rejets ;
- les contraintes de nivellement en tenant compte de PHEC et PBE.

On entre beaucoup plus en détail dans les études des cas d'Antananarivo.

**Les habitats :**

L'habitat dans les villes est caractérisé par les paramètres suivants :

- Les pouvoirs publics ne peuvent satisfaire directement la demande de logement ; les montants engagés seraient sans aucun rapport avec leurs capacités financières.
- Les coûts de viabilisation varient dans une proportion considérable selon la situation du terrain et la qualité des infrastructures. Les coûts de logement lui-même sont caractérisés par un « double marché » : celui des « filières informelles » permettant aux ménages de construire un logement, et celui de « secteur structuré » qui ne peut guère fournir de logement.

Les répartitions de l'habitat conditionnées par les paramètres ci-dessus peuvent être classées en 2 catégories :

- l'agglomération autour des chefs lieux de province ;
- les constructions illicites.

Les habitations dans les Fivondronana centrales ont été conçues par la population pour la facilité de l'accès dans les différents secteurs (administratifs, commerciaux et industriels) et les conditions de scolarisations les plus meilleures.

Les constructions illicites recouvrent des maisons qui n'ont pas des autorisations légales (permis de construire etc.) Elles sont d'origines des opérations commerciales de distribution des produits de nécessités, de restauration, de gargotterie. Elles servent la masse populaire professionnelle pour le besoin immédiat en cas d'éloignement de centres villes.

Les premières habitations sont recensées légalement et pouvant être estimées dans les perspectives d'avenir. Les aménagements correspondants qui modifient les Bassins Versants pourraient être envisagés. Les impacts dans les données hydrologiques du Bassin Versant sont appréciables suivant la statistique (Source CIEH).

Les constructions illicites sont spontanées et non planifiées si l'on veut mettre l'accent sur les carences et l'organisation du quartier. Elles résultent des modes de production de logements difficilement à étudier. Les aménagements sont précaires (non réglementaires). Les impacts au niveau des données hydrologiques ne pourraient jamais être estimés.

### ***III.2.2.3- Ralentissement dans les villes côtières***

La situation socio-économique diffère des différentes provinces de Madagascar. La ville capitale Antananarivo est en perpétuelle évolution et centralise tous les pouvoirs (politiques, administratifs, économiques etc.) Les aménagements de cette ville sont prépondérants par rapport aux autres provinces. C'est la raison que nous mettons en relief dans le cadre de ce mémoire (cf. 2<sup>ème</sup> partie : Etude des cas).

Les villes côtières dont les infrastructures routières subissent des dégradations notables se trouvent dans l'urbanisation « ralentie » par rapport à Antananarivo.

#### **Les paramètres conditionnant l'urbanisation de ces villes**

- Les infrastructures routières qui prédominent dans la condition de l'urbanisation des villes côtières. Les concentrations des maisons se trouvent en ville éloignant les conditions de transport (coût moyen etc.) Les soucis de la population pour les conditions de viabilisation deviennent prédominants (approvisionnement en marchandise).
- L'exode rural qui est freiné par rapport à Antananarivo selon la raison citée ci-dessus ;
- Le nombre limité des immigrants constaté du fait de lenteur administratif ;

### ***III.2.2.4- Perpétuelle évolution des chefs-lieux de province***

Face à la politique de l'Etat favorable à l'ouverture tous azimuts au niveau des investissements, les phénomènes suivants pouvant être enregistrés dans les provinces :

- les venus des étrangers pour les opérations économiques ;
- les constructions des zones franches ;
- les politiques de logement.

Les codes des investissements encouragent les opérateurs économiques nationaux et étrangers à s'investir à Madagascar. Le secteur commercial est beaucoup plus développé et constitue les pôles d'attraction de secteur informel (marketing etc.) Ce phénomène contribue au développement des infrastructures de l'habitat.

Pour la résorption du chômage, les installations des entreprises franches sont favorisées. Elles contribuent aussi au développement des constructions.

L'Etat a confié au SEIMAD et à des organismes étrangers, l'accomplissement du projet de 35000 logements.

**Toute intervention dans le Bassin Versant (construction etc.) modifie les caractéristiques hydrologiques des ouvrages en exploitation. Des études spécifiques méritent d'être réalisées pour tenir compte de ces évolutions. Ce qui nous amène aux études des cas, l'objet de la deuxième partie.**

## **Deuxième partie**

# **Etude de cas d'Aménagements Victime des Données Hydrologiques**

## **Deuxième partie : Etude de cas d'Aménagements Victime des Données Hydrologiques**

Le but de cette partie est d'étudier les comportements des réseaux et ouvrages faces aux variations des données hydrologiques et les données pluviométriques notamment aux crues cycloniques pour les capacités des ouvrages et les aménagements y afférents.

### **Chapitre IV : Cas de la protection de la plaine d'Antananarivo**

Les paramètres entrant dans les aménagements qui caractérisent les données hydrologiques avant 1985 peuvent être divisés principalement en :

- les infrastructures et les habitats dans les grandes plaines d'Antananarivo ;
- les modifications de la grande plaine et les évolutions de données de bases après 1985 ;
- les solutions envisagées pour les projets d'aménagement futur.

Puisque la ville d'Antananarivo est en perpétuelle évolution, les données hydrologiques sont très importantes afin de dimensionner les différentes infrastructures, notamment les dalots, les ponts, les rues, les canaux d'évacuation des eaux de pluies... C'est pour cette raison que nous entrons en détails les différentes infrastructures, ainsi que son expansion à travers la ville.

#### **IV.1- Les infrastructures et les habitats dans les grandes plaines avant 1985**

Les infrastructures des habitats regroupent réseaux, ouvrages et constructions. Le réseau de voirie est généralement considéré comme le réseau essentiel dans la mesure où il « dicte » le tracé des autres réseaux (eau, égouts, éclairage public, transports...) et les constructions des bâtiments. On étudiera successivement voirie, assainissement drainage, construction de bâtiments. Après une analyse, on essaie de mettre en relief les influences majeures dans les données hydrologiques seront mises en relief.

##### **IV.1.1- Constitution de la Grande Plaine d'Antananarivo**

###### ***IV.1.1.1- Deux sites discontinus de la zone d'urbanisation du Grand Antananarivo***

En se développant, Antananarivo a « éclaté » au-delà de son noyau d'origine pour couvrir aujourd'hui deux sites distincts marqués par une forte discontinuité.

La ville s'est développée à l'origine à partir de la colline d'Analamanga, avec 150 000 habitants. A cette échelle de population, il n'aurait pas posé de problèmes majeurs pour le développement urbain. En revanche, pour une ville de plus d'un million d'habitants, il y a « éclatement ». La croissance urbaine s'est faite en étoile le long des cinq axes partant du noyau central. La ville ne tient plus dans l'espace cohérent originel et c'est à partir de l'extension vers les périphériques qu'on est ainsi amené à définir le Grand Antananarivo, formé par deux sites :

- celui d'origine, que l'on appellera « site interne » ;
- celui des cinq zones périphériques, que l'on appellera « site externe ».

###### **Site interne : Trois vallées proches du centre délimitées par quatre crêtes**

Le site interne est constitué principalement par une zone de collines, marquée par l'alignement Nord-Sud de quatre crêtes, qui prolonge à l'Est le noyau primitif de la ville. Les

grands traits du relief et de l'urbanisation actuelle permettent de limiter ce site à l'Ikopa à l'Ouest et au Sud, à la Mamba au Nord, et à la grande colline d'Ambohibe-Ilafy à l'Est.

Pour mieux saisir ce site, on en retiendra trois caractéristiques :

- une plaine en voie d'urbanisation rapide, notamment entre l'Ikopa et le canal Andrianatany.
- des ensembles à contours très découpés séparés par le marais du Masay : au Sud du Rova, Analakely et les hauteurs de l'Université, au Nord les quartiers d'expansion récente, Ivandry et Analamahitsy.
- Les crêtes parallèles, orientées du Nord au Sud : crête du Rova, de l'Université d'Ankatso et d'Ambohibe-Ilafy. La crête du Rova, la plus célèbre et la plus anciennement urbanisée, est flanquée d'Ambohijanahary à l'Ouest, et épouse la forme d'un « Y » enserrant de val-lon d'Analakely. Culminant à une altitude de 1425m, elle domine la plaine du Betsimitatatra et concentre l'essentiel des fonctions motrices de la ville. La crête de l'Université s'étend de la cité d'Ambohipo au Sud jusqu'à Soavimbahoaka au Nord. La crête d'Ankatso, sectionnée dans la partie centrale par le marais du Masay, s'étend d'Ankatso à Ambatobe et Ambohitrarahaba. La crête d'Ambohibe-Ilafy marquerait la li-mite Est de la ville si l'urbanisation ne se développait à ses extrémités le long des routes d'Ambohimanga au Nord et de Toamasina au Sud.

Les conventions utilisées pour appeler les vallées :

- Première vallée : Celle qui se trouve entre les crêtes de Rova et de l'Université ;
- Deuxième vallé : Celle qui est délimité par les crêtes de l'Université d'Ankatso;
- Troisième vallée : Celle qui se trouve entre les crêtes d'Ankatso et d'Ambohibe-Ilafy. On notera que chaque crête est reliée à la suivante par un « col », séparant les vallées en bas-sins versants opposés se drainant soit vers le Nord, soit vers le Sud.

Au total, élément important pour le drainage, le site interne se découpe en trois bassins ver-sants :

- bassin du Sud se drainant vers l'Ikopa et limité au Nord par la ligne des « cols » : Ambani-dia, Ampasanimalo (première vallée), Andraisoro (deuxième vallée) et Soamanandrarinny (troisième vallée) ;
- bassin du centre se drainant vers le marais du Masay et limité par deux lignes en « V » : au Sud, celle des cols précédents ; au Nord, celle joignant le col de Masinandriana (troisième vallée) à Ivandry ;
- bassin du nord se drainant vers la Mamba, et comprenant en particulier les presqu'îles d'Androhibe, Ambohitrarahaba, Ambohipanja.

### **Le site externe : cinq secteurs en doigts de gant**

Le site externe comprend cinq secteurs territoriaux, desservis par les cinq routes nationales :

- Nord-Ouest, sur l'axe de la Route Nationale N°4
- Ouest, sur l'axe de la Route Nationale N°1
- Sud, sur l'axe de la Route Nationale N°7
- Est, sur l'axe de la Route Nationale N°2
- Nord-Est, sur l'axe de la Route Nationale N°3.

La définition de ces secteurs s'appuie sur : des limites physiques bien identifiables, telles la plaine inondable ou des reliefs ; les contours, parfois plus subjectifs, de zones soumises (ou

« promises ») à la pression urbaine et perçues comme telles par la population ; les frontières administratives au moins quand elles se conforment à des obstacles naturels.

#### ***IV.1.1.2- L'utilisation différenciée des deux sites***

On est conduit à insister fortement sur le rôle du site interne, qui doit faire l'objet d'une attention particulière pour deux raisons :

- raison d'économie urbaine globale : le site interne est destiné à une occupation dense, solution la moins coûteuse en infrastructures et en transport.
- raison social : les pauvres de la ville représentent la couche de population qui a le plus besoin d'être proche du centre. On ne résout pas le problème d'habitat de cette catégorie importante en s'imaginant qu'on va la rejeter sur le site externe. Ces gens sont pour ainsi dire « voués » à s'installer dans le site interne ce qui fait beaucoup de monde.

Il faut s'orienter vers deux formes de mise en valeur du terrain en fonction des deux sites :

- le site interne doit faire l'objet d'une attention particulière visant à en favoriser et à en contrôler la densification, à éviter le gâchis de terrain et à faire en sorte que l'intervention publique soit conforme aux objectifs que l'on veut atteindre.
- Le site externe peut faire l'objet de mesures destinées à en améliorer l'accès et l'équipement, mais son aménagement doit être modulé selon les zones.

#### ***IV.1.1.3- Le site et les limites administratives : une agglomération partagée entre plusieurs Communes***

Les limites du site externe correspondent schématiquement à celles du grand Antananarivo, telles que perçues par ses habitants. La « Ville des Milles » s'inscrit progressivement dans le périmètre des « douze collines sacrées ». Ainsi, l'agglomération du Grand Antananarivo s'étend largement, au-delà des limites du Fivondronana d'Antananarivo-Renivohitra, sur le territoire des Fivondronana voisin d'Antananarivo-Avaradrano, Antananarivo-Atsimondrano et Ambohidratrimo. Ceci pose naturellement un problème délicat de coordination des efforts entre plusieurs collectivités qui ont des capacités financières très différentes.

Quelle est la physionomie et quelle sont les caractéristiques des principaux quartiers de l'agglomération ?

#### **Les quartiers de la ville : douze ensembles distincts à population mélangée**

En rapport avec le site qui l'a déterminée, on décrira succinctement la ville en distinguant :

- le noyau originel et ses extensions dans le site interne ;
- les banlieues du site externe.

Une caractéristique commune à la majorité des quartiers est à souligner : le mélange de populations de niveaux socio-économiques différents. Il y a bien sûr des quartiers qui ont acquis un caractère plus résidentiel que d'autres, mais la différence à beaucoup d'autres villes est plutôt le mélange.

#### ***Les quartiers du site interne***

##### *Le noyau central*

Il est délimité par la « route circulaire », correspond à l'urbanisation de la première crête escarpée à partir de laquelle la ville s'est développée. On y distingue trois centres : le centre historique autour du Palais de la Reine, qui domine le site ; le centre commercial axé sur l'Avenue de l'Indépendance, qui occupe le vallon d'Analakely ; le centre politique et administratif, avec les ministères installées autour du lac Anosy ;

Les bas quartiers de l'Ouest

Construits au niveau de la plaine inondable, ils s'étendent au pied de la première crête jusqu'à l'Ikopa et comprennent une zone d'urbanisation spontanée, sans remblayage à caractère populaire, et une zone d'urbanisation organisée sur remblai : les « 67 ha », seule opération de construction de logements d'envergure réalisée depuis les années soixante-dix (3000 logements).

Les bas quartiers industriels du Nord

Ils s'allongent au niveau des rizières de part et d'autre des axes routiers qui mènent de la gare, respectivement, à la butte d'Ambohimanarina et à Alarobia (route des hydrocarbures) ; les entreprises industrielles qui bordent ces routes sont construites sur remblai.

La zone des collines de l'Est

De la deuxième crête à la troisième vallée si jalonnée par divers équipements militaires, agricoles, universitaires, hospitalier et religieux répartis au sein de trois ensembles.

Les quartiers populaires denses de l'Est

Ils vont de Besarety à Soamanandrariny, et s'articulent sur la route reliant la capitale au port de Toamasina.

Les quartiers mixtes du Nord-Est (Ivandry)

Ils regroupent les zones résidentielles et des ambassades ainsi que d'anciens noyaux villageois.

Les quartiers mixtes du Sud-Est (route d'Ambohipo, Mahazoarivo)

Ils représentent à peu près le même type de mélange de population et d'habitants dans les quartiers du Nord-Est

La butte d'Ambohimanarina

C'était une ancienne Commune Urbaine au temps de la colonisation, sorte d'îlot au milieu des rizières du Nord-Ouest avec maisons serrées de part et d'autre d'une route de crête.

**Les banlieues du site externe**

La banlieue résidentielle du Nord-Ouest

Sur la route de Mahajanga et en bordure des lacs proches de l'aéroport d'Ivato, lieu d'installation de divers clubs sportifs et entreprises industrielles.

La banlieue d'habitat plus modeste de l'Ouest

Sur la route de Fenoarivo et principalement sur la butte d'Itaasy, elle regroupe des quartiers occupés par des fonctionnaires, des habitations plus populaires, et quelques résidences. Le centre universitaire de Vontovorona se trouve dans ce secteur, assez proche de la Sisaony.

La banlieue industrielle du Sud (Tanjombato)

Elle est composée d'un noyau villageois et d'une importante zone industrielle planifiée, sur la route d'Antsirabe, qui dessert un peu plus au sud le nouveau palais présidentiel d'Iavoloha

Le noyau villageois périphérique d'Ambohimangakely

Sur la route de Toamasina

Le noyau villageois périphérique de Sabotsy au Nord

Sur la route d'Ambohimanga

#### **IV.1.2- Voirie**

Suite aux dégradations du réseau routier du Grand Antananarivo, les propositions visent à :

- redonner au réseau un niveau de viabilité suffisant, en définissant les priorités, selon la hiérarchie des voies ;
- développer l'accessibilité des zones en cours d'urbanisation, en ouvrant ou en aménageant des voies de désenclavement.

##### ***IV.1.2.1- Le réseau : une structure « en étoile » - peu d'évolution depuis 10 ans***

Le réseau de voirie de la région d'Antananarivo s'organise « en toile » autour des 5 axes principaux qui convergent vers le Centre Ville :

- au Nord-Ouest, la RN 4, route de Mahajanga ;
- au Nord-Est, la RN 3, route d'Anjozorobe ;
- à l'Est, la RN 2, route de Toamasina ;
- au Sud, la RN 7, route de Toliary ;
- à l'Ouest, la RN 1, route de Tsiroanomandidy.

Ce dispositif est complété au niveau de l'agglomération, par une ceinture déjà ancienne (Route Circulaire) construite autour de la ville historique et une demi-rocade plus récente (année 1963-68) contournant la ville par l'ouest en bordure de l'Ikopa et reliant les sorties Nord, Est et Sud (Route Digue).

Les caractéristiques du réseau n'ont pas subi de modifications notables au cours des dix dernières années. Le seul aménagement a porté sur le doublement de la sortie sud. Le réseau comprend environ 510 km répartis entre Renivohitra et la périphérie :

- Dans le Renivohitra, on compte 200 km de voies dont 45 km de voies nationales. La quasi-totalité (90%) est bitumée.
- En périphérie, le linéaire des voies est de 320 km, dont 60 de Routes Nationales et 120 d'Intérêt Provincial (RIP). Moins de la moitié des voies (40%) est bitumée.

##### ***IV.1.2.2- Un préalable aux définitions des priorités : la hiérarchie des voies***

L'aménagement urbain implique de distinguer des priorités d'actions, et donc, en matière de voirie, d'établir un classement « hiérarchique » ou « fonctionnel » : voies primaires, secondaires, tertiaires. C'est sur ce classement que s'appuiera l'analyse de l'état des voies et de leurs insuffisances éventuelles, pour déboucher sur les propositions. Or, le classement administratif est insuffisant en milieu urbain puisqu'il ne distingue que les voies nationales des autres : d'où la nécessité de répertorier les voies urbaines et les RIP selon l'importance pour le développement de l'agglomération. Les critères adoptés, pour ce faire, sont liés à la fonction que remplit ou pourra remplir la voie :

- **La voirie primaire** : Routes Nationales.
- **La voirie secondaire** : Elle joue un rôle de liaison entre les secteurs d'urbanisation et de distribution du trafic sur les voies primaires. Dans les zones d'urbanisation future, elle correspond aux tracés « stratégiques », notamment aux chemins et sentiers, dont une emprise « routière » devra désormais être réservée : cette remarque s'applique particulièrement aux zones de tanety, où les pistes se conforment généralement aux exigences du relief et constituent des passages obligés. Toutefois, l'ampleur de la définition proposée conduit à subdiviser cette voirie secondaire en deux catégories. A et B, selon l'importance de la voie.

- **La voirie tertiaire** : sa fonction prédominante est la desserte locale.

Le classement des voies du Grand Antananarivo est donné ci-après :

	Renivohitra	Périphérie
Voies primaires	54	64
Voies secondaires	60	131
Voies tertiaires	200	317

#### ***IV.1.2.3- Diagnostic : un réseau délabré et insuffisant***

##### **a) Le mauvais état du réseau**

L'état de dégradation avancé du réseau constitue aujourd'hui un obstacle sérieux au fonctionnement de l'agglomération et à son développement spatial sur les 488 km de voies recensées (bitumés ou en terre), 62 % sont en mauvais ou très mauvais état : la situation est toutefois meilleure dans le Renivohitra (47 %) qu'en périphérie (71 %).

Environ 40 % des voies bitumées ont atteint un état de dégradation sérieux auquel il n'est possible de remédier que par des travaux de réhabilitation lourds. Pour les voies en terre, la situation est encore plus mauvaise. Celles-ci sont quasiment impraticables en saison des pluies. Le contexte naturel du site et les conditions pluviométriques constituent des contraintes sévères. Les fortes pentes des collines favorisent l'érosion, tandis que dans les zones basses, les submersions fréquentes affectent la tenue des remblais. Dans ces conditions, l'insuffisance d'entretien a abouti à la situation qui prévaut aujourd'hui.

La combinaison du classement fonctionnel et de l'état du réseau étayera les propositions.

##### **b) Les carences structurelles du réseau**

Le réseau est par ailleurs marqué par des disparités mais surtout par des insuffisances, notamment dans les zones soumises à une vive urbanisation.

Les disparités ou « déséquilibres » dans la structure du réseau ne seront sans doute estampées qu'au cours d'action de longue haleine. On la rappellera toutefois quelques-unes : l'Ouest de l'agglomération bénéficie de voies amplement dimensionnées, route digue, sortie Sud et Sud-Ouest et sortie des 67 ha. En revanche l'accès au Centre Ville par l'Est, est plus difficile. Avant leur débouché sur la Route Circulaire, les RN2 et RN3 traversent des quartiers encombrés (Besarety, Anjanahary) et ne disposent que d'une emprise réduite. La Route Circulaire présente, elle aussi, quelques goulots d'étranglement dus à des discontinuités d'emprise et au mauvais état de la chaussée, notamment au Nord et au Nord-Est.

Les insuffisances d'infrastructures nécessitent, contrairement aux disparités ci-dessus, des interventions prioritaires sur des zones soumises à la pression de l'urbanisation. On y assiste à une densification très forte des constructions le long des axes circulables. Le processus s'étend ensuite en profondeur en prenant appui sur le parcellaire existant. Les conditions d'accès vont en se détériorant, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la voie principale. On assiste à une occupation anarchique des flancs de collines, qui peut déborder sur les rizières des fonds de vallées.

Le développement d'un tel processus présente plusieurs dangers : l'implantation de construction dans les fonds de vallée entraîne, à partir d'une certaine densification, un dépérissement, des activités rizicoles ; elle perturbe les mécanismes naturels de ruissellement et de régulation des écoulements pluviaux, elle expose les populations aux risques d'inondations et aboutit à des conditions d'insalubrité préoccupantes. Ce phénomène affecte particulièrement les quartiers est de la Ville : dans la première vallée (Ambanidia à Mahavoky), dans la deuxième (Andraisoro à Ambatobe et dans la troisième (Soamanandrany à Ankerana). Les constructions qui s'y implantent sont pour la majorité des constructions échappant à tout contrôle de l'Administration. Cette situation, à terme, peut aboutir à des blocages graves. L'occupation anarchique des flancs de vallées risque de rendre difficile une desserte future par des réseaux.

Comme il semble difficile, voire impossible, de contrôler de façon autoritaire le développement de ces constructions, la seule voie réaliste serait de précéder ou d'orienter l'urbanisation en programmant certaines infrastructures de base. Les propositions de voies de désenclavement, faites ci-après (notamment dans la deuxième et troisième vallée), répondent à cette préoccupation. Elles n'ont pas pour but d'attirer l'urbanisation à l'Est, mais de prévenir l'irréparable dans des zones où « le futur est déjà commencé ».

#### **c) Améliorer la desserte des zones en voie d'urbanisation**

L'insuffisance d'infrastructures de dessertes concerne les quartiers de l'Est, soumis à pression de l'urbanisation. En l'absence d'actions et de mesures d'accompagnement, la situation peut évoluer vers une occupation anarchique de l'espace et créer des conditions défavorables pour la mise en place d'infrastructures et d'équipements de base. La trame de voirie correspond souvent à celle d'anciens sentiers ou pistes : il s'agit souvent de voies en terre qui présente des conditions de praticabilité aléatoires.

Les propositions consistent à renforcer, aménager et développer cette trame, pour assurer des conditions d'accès et de desserte satisfaisantes. Les critères retenus pour les voies proposées sont les suivants :

- desservir les zones de collines en évitant, dans la mesure du possible, les tracés en fond de vallée, de manière à éviter l'urbanisation des rizières ;
- utiliser au maximum les voies existantes dont les tracés sont souvent parfaitement adaptés aux contraintes du relief (mais dont les emprises sont généralement insuffisantes).

On retiendra les caractéristiques géométriques suivantes : emprise de 15 m, largeur de chaussée minimum de 6 m. Le programme proposé jusqu'à l'horizon 1995 comprenait l'aménagement d'environ 20 km de voies. Sur la base d'un coût unitaire moyen de 200 millions par kilomètre, l'ensemble du programme représentait un investissement d'environ 4 milliards de Fmg.

#### **d) Importance des données hydrologiques dans le domaine hydraulique routière**

En hydraulique routière, les données hydrologiques sont indispensables pour le calcul de dimension des ouvrages à construire tels que le pont, les dalots, les rues, ...

### **IV.1.3- Assainissement et drainage**

Antananarivo connaît chaque année de sérieux problèmes d'évacuation des eaux : inondations plus ou moins longues dans les zones basses, érosion dans les zones de collines. Le réseau d'assainissement existant ne dessert qu'une partie de la ville (unitaire dans les zones de collines et séparatifs dans les quartiers d'aménagement récent de la plaine). Le réseau n'a pas évolué et ne répond plus aux besoins du développement urbain. La situation la plus critique

concerne les quartiers d'urbanisation spontanée de la plaine, qui subissent des inondations quasi permanentes en saison des pluies et connaissent des conditions sanitaires précaires dues aux difficultés d'évacuation des eaux usées. Le plan de réseau d'assainissement Centre Ville figure bien les systèmes adoptés à Antananarivo.

Le Plan Directeur d'Assainissement (PDA) élaboré en 1974 n'est entré dans sa phase de réalisation qu'en 1985. La première tranche devrait permettre de régler à court terme les problèmes de base : transit des eaux de ruissellement dans la plaine, réhabilitation des réseaux du Centre Ville, réalisation de bassins d'accumulation et de lagunage. Par ailleurs, le Plan Directeur devrait normalement tenir compte de certaines conclusions de l'étude de la protection de la plaine.

Au moyen et long terme, il faudra éviter que le développement de l'agglomération ne produise les mêmes effets que dans les zones denses actuelles. Il convient donc de préserver les systèmes de canaux et de rizières des fonds de vallées qui jouent un rôle essentiel dans les mécanismes d'évacuation et de régulation des eaux de ruissellement et participent, dans une certaine mesure, à l'épuration naturelle des effluents. Les mesures à envisager devraient porter, entre autres, sur l'aménagement et le recalibrage de canaux et de lagunage pour le traitement des effluents.

La création de nombreux réseaux d'assainissement conventionnels ne semble guère envisageable. Un taux de raccordement au réseau d'eau potable montre que ces conditions ne seront pas réunies avant longtemps (sauf rares exceptions qui correspondent en fait à des zones déjà pourvues en égouts).

#### ***IV.1.3.1- Le contexte physique : Un site contraignant et éclatant***

Le site sera d'abord examiné parce qu'il est le « contenant » d'une population aujourd'hui en croissance rapide, mais surtout parce qu'il est ici extrêmement contraignant. Sa structure conditionne l'extension de la ville d'une manière décisive. On songe aux milliers de sinistrés victimes des inondations du 1982 et dont l'installation en plaine a été induite à une époque récente par un certain type d'urbanisme.

Pour pouvoir établir de façon satisfaisante la relation essentielle entre la masse de population future à installer et la capacité d'accueil du site et de ses zones les plus favorables à l'urbanisation, on est donc conduit à analyser en premier lieu les caractéristiques, l'échelle et la configuration topographique de ce site.

Le paysage ayant été façonné par des cours d'eau, on examinera d'abord comment l'Ikopa, freiné par un seuil rocheux, a formé par alluvionnement un marécage progressivement transformé par l'homme en rizière et créé finalement une interpénétration unique d'activités urbaines et rurales. Puis, considérant le cadre plus restreint de la zone d'urbanisation d'Antananarivo, on analysera comment la ville, en se développant, a « éclaté » au-delà de son espace cohérent d'origine avec des ruptures spatiales qui constituent le problème urbanistique principal. On verra que les collines de l'Est offrent un potentiel qui pourrait permettre de rééquilibrer et recentrer la croissance de la ville en continuité avec le noyau d'origine par rapport aux zones qui se sont développées en périphérie le long des routes d'accès à la capitale, et on constatera que ces collines proches du centre ont une importance particulière pour installation des populations à revenu modeste. Enfin, après avoir décrit brièvement les principaux quartiers de la ville et souligné leurs caractéristiques, on recensera les potentialités du site en matière de terrains urbanisables.

##### **a) Le bassin versant de l'Ikopa, un vaste système hydrographique**

Le bassin versant de l'Ikopa et de ses affluents qui sont Varahina Nord et Sud, Sisaony, Andromba et Katsoaka s'inscrit schématiquement dans un vaste carré d'une centaine de kilomètre de côté. A l'Ouest le massif de l'Ankaratra ; au Nord, les chaînons de l'Andringitra ; à l'Est, la falaise de l'Angavo et les lacs Mantasoa et Tsiazompaniry. Les rivières convergent vers le Nord-Ouest et leurs eaux confluent à proximité de la Capitale, en amont du seuil de Bevomanga et les chutes de Farahantsana (35 m de hauteur).

**b) La plaine d'Antananarivo, une plaine transformée par l'homme**

La plaine alluviale d'Antananarivo, propice à la culture du riz, a laissé une part pour l'installation de la ville qui en tirait sa subsistance et a profondément accéléré la forme de l'urbanisation. Schématiquement, c'est le seuil rocheux de Bevomanga qui explique la formation de la plaine. Il freine l'écoulement des eaux et provoque un dépôt considérable d'alluvions dont la profondeur dépasse 30 m à Mahamasina, au pied de la colline où la ville s'est implantée. Au cours des siècles, cet alluvionnement a comblé le cours des rivières en amont de Bevomanga et a créé un vaste marécage, d'où émergence, comme des archipels, des buttes latéritiques telles Itaosy, Ambohimanarina ou Ambohitrimanjaka.

Dès le 16<sup>ème</sup> siècle, les princes d'Alasora saisirent le parti à tirer de cette topographie et transformèrent progressivement en rizières ce grand marécage. Mais c'est au Roi Andrianampoinimerina qu'il revient d'avoir achevé à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle la construction d'une unité politique et sociale bien assise à partir de la mise en valeur de cette plaine, et d'avoir choisi pour l'implantation de la « ville des mille » la colline d'Analamanga, la mieux à même de contrôler la plaine de Betsimitatatra et de ses environs.

Cette plaine est périodiquement inondée par les canaux d'irrigation rizicoles ou sporadiquement, lors de crues catastrophiques pendant la saison des pluies (1959, 1982). Des cyclones successifs gonflent le cours des rivières alors que la « passe » de Bevomanga n'assure qu'un débit limité. Les eaux s'accumulent, la plaine s'inonde et devient « miroir d'eau ». Perchée à 1250 m d'altitude, elle suit le contour des vallées et présente une forme arborescente. Elle comprend 34000 ha de rizières et mesure environ 35 km au Nord au Sud et d'Est en Ouest. La culture du riz, dans la plaine et dans les vallées environnantes, a marqué le paysage d'une constellation de villages et hameaux, au point qu'il n'est guère aisé de distinguer les marges urbaines de l'agglomération d'Antananarivo ni les limites de sa proche région.

**IV.1.3.2- Les problèmes sérieux d'assainissement**

La Capitale est confrontée à des sérieux problèmes d'évacuation des eaux pendant la saison des pluies, la plaine urbaine constituant le « point noir » de l'assainissement et du drainage, d'autant que subsiste par ailleurs le risque de rupture de la digue en rive droite de l'Ikopa.

**a) Situation actuelle : les raisons de difficultés**

A Antananarivo, l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées pose de sérieux problèmes dus à cinq principaux facteurs : morphologie du site, hydrographie, régime des pluies, développement de l'urbanisation, équipements d'assainissement.

a1- Morphologie du site

L'agglomération et notamment son noyau central (Renivohitra) se développe sur des collines abruptes, digitées en bordures d'une plaine alluvionnaire, partiellement urbanisée, et quasi-horizontale. Les eaux de ruissellement pluviales dévalent rapidement des reliefs, en les érodant. Elles s'accumulent en plaine, et ne s'évacuent que très lentement vers le Nord-Ouest en créant des submersions dans les quartiers bas.

a2- Hydrographie

La plaine est drainée par l'Ikopa et ses affluents, ce qui a favorisé le développement de la riziculture. Le drainage se fait toutefois difficilement en raison d'une barrière naturelle, constituée par le seuil de Bevomanga (à 20 km au Nord-Ouest du Centre Ville et à proximité des chutes de l'Ikopa). Les rivières ont été endiguées sur une partie de leur cours, pour limiter les inondations et permettre l'exploitation des rizières. En saison de pluies, le niveau de l'eau est presque toujours supérieur au niveau de la plaine. Lors des crues importantes, une grande partie de cette plaine est inondée pendant plusieurs semaines. En cas de rupture de digue, les conséquences peuvent être catastrophiques (crues de 1959) pour l'agriculture et l'habitat situé dans les zones basses de la Ville.

Par ailleurs, les parties Ouest de la plaine contiguës à la Ville et bordées par les digues de l'Ikopa et de la Mamba forment un vaste impluvium. Les eaux pluviales s'y accumulent lors des crues ; les digues empêchent leur évacuation gravitaire : car les vannages de communication sont fermés pour éviter le reflux (crue 1982).

En résumé, l'inondation des quartiers bas de la Ville peut avoir lieu, soit du fait de la rupture de la digue, soit impossibilité d'évacuer les eaux de l'impluvium.

a3- Régime des pluies

La saison des pluies alterne avec une saison sèche, durant laquelle le système collecte n'évacue que des eaux usées ; ces dernières ne transitent que très lentement en plaine, la plupart par le canal Andriantany, qui longe les reliefs de la Ville et va rejoindre l'Ikopa et la Mamba au Nord-Ouest. La mission normale de ce canal est l'irrigation des rizières, tant dans le périmètre urbain de Renivohitra qu'au Nord de la rivière Mamba. En saison sèche, ce canal est à son plein débit d'irrigation et les tronçons aval des collecteurs urbains, à leur point de rupture de pente, se trouvent en charge avec perte de vitesse et dépôts. La situation est identique pour les eaux pluviales en saison des pluies et là avec dépôts de sables, produits de l'érosion.

**b) L'utilisation quasi généralisée de système individuels : des conditions inquiétantes**

Le nombre de branchements particuliers à égouts est peu élevé et ne concerne que 10 % de la population. Ce faible pourcentage est à mettre en relation avec deux autres : 16 % seulement de la population utilisent des installations sanitaires avec chasses d'eau et 27 % seulement des ménages sont branchés au réseau d'eau potable. Le reste de la population s'alimente aux bornes fontaines et utilise des fosses septiques mais surtout de fosses à vidanger ou des fosses mortes.

**Tableau 7 : Pourcentage de ménages par installation**

Zones	1	2	3	4	5	6+	s.i	Total pop.
Renivohitra	43%	17%	15%	12%	5%	5%	3%	695 000
Périphérie	38%	23%	19%	10%	3%	5%	2%	355 000
Grand Antananarivo	41%	19%	17%	11%	4%	5%	3%	1 050 000

s.i : sans installation

*Source : Schéma directeur 1984*

### **Conclusion partielle**

En résumé, la situation concernant l'assainissement de l'agglomération peut ainsi se caractériser par :

- La difficulté de l'évacuation des rejets au niveau de la plaine, notamment lors des crues de l'Ikopa (Fermeture de l'impluvium) ;
- Le mauvais état du réseau dont le fonctionnement est compromis par le niveau trop élevé du canal Andriantany ;
- La quasi-impossibilité de séparer les eaux pluviales des eaux usées ;
- L'inondabilité des quartiers non remblayés par la plaine et la quasi-impossibilité de les assainir ;
- La pollution organique et microbienne généralisée dans les quartiers bas aux débouchés des vallées ;
- L'insuffisance des installations sanitaires.

#### **IV.1.4- Habitat**

La poussée de l'urbanisation et les difficultés économiques se reflètent beaucoup dans l'habitat.

##### ***IV.1.4.1- Vue d'ensemble des études présentées***

La croissance démographique annuelle de Madagascar est de l'ordre de 2,8% ; cette expansion fait qu'il est difficile de maîtriser et organiser la croissance des agglomérations urbaines.

Les problèmes sont particulièrement aigus dans la Capitale. Si Antananarivo Renivohitra ne comptait en 1985 que 695 000 habitants, l'ensemble de l'agglomération incluant les banlieues urbanisées Grand Antananarivo a rassemblé une population de 1,05 millions d'habitants en 1994. Croissant à un taux moyen de 3,5% par an. La population sera doublée en 2010.

La production formelle de logements dans l'agglomération est dérisoire, ce qui se traduit par la prolifération de l'habitat illicite précaire dans les zones inondables dépourvues des infrastructures élémentaires, et par une suroccupation des logements existants.

Par ailleurs, la configuration topographique du site de la capitale est particulièrement contraignante avec une plaine rizicole inondable qui pourrait être remblayée qu'à grand prix, des collines escarpées difficiles à densifier, et un éclatement géographique de l'agglomération qui pose un redoutable problème de transport urbain.

#### **IV.1.4.2- La demande de logement**

##### **a) Estimation des besoins**

La « demande théorique » est la demande estimée. Cette demande théorique de logements dans l'agglomération était de l'ordre de 8 800 logements par an en moyenne de 1985 à 1990, de 12 300 logements par an de 1990 à l'an 2000, et de 16 000 logements par an de l'an 2000 à l'an 2010 (B-11).

Par rapport à cette demande théorique, on ne possède que des éléments très fragmentaires relatifs à la demande non satisfaite. Le seul indicateur disponible est représenté par les chiffres de la SEIMAD touchant les demandes de location non satisfaites à Antananarivo : 1030 en 1982, 1988 en 1983, 1717 en 1984, 8176 pour le cumul des demandes non satisfaites de 1976 à 1984. Ces chiffres ne peuvent évidemment prétendre représenter la totalité de la demande non satisfaite. On constate cependant qu'il y a peu de sans abri au sens strict du mot à Antananarivo. Cela signifie qu'une part non négligeable de la demande théorique est satisfaite par le développement de la construction spontanée non réglementaire, la part non satisfaite de la demande provoquant une aggravation de l'entassement qui se reflète au niveau des indicateurs relatifs aux conditions de logement dans l'agglomération.

Notons qu'une analyse plus précise de la demande quantitative est pratiquement impossible pour plusieurs raisons. D'abord, parce que les quelques 300 à 500 permis de construire délivrés annuellement dans l'agglomération ne sont absolument pas représentatifs du nombre de logements qui sont réellement construits ; ils ne concernent, pour l'essentiel, que l'habitat résidentiel à prix élevé, et ne représentent sans doute que 2 à 5 % des logements construits. En second lieu, la surveillance et l'enregistrement des constructions faites sans permis demanderaient un temps et des moyens très importants. Les logements exigus (deux pièces au maximum pour près de 80% des ménages) s'étendent ou se multiplient le plus souvent par ajouts successifs à des constructions existantes.

Les besoins de 1985 à 1990 s'établissent à 44 000 logements. En se basant à l'image du parc actuel avec environ 25 m<sup>2</sup> par logement, cela correspond à 1 100 000 m<sup>2</sup>. Si on traduit ce volume de construction en nombre de pièces avec la moyenne actuelle de 1,95 pièces par logement, il équivaut à environ 86 000 pièces (réparties en 16 300 logements d'une pièce, 18 000 logements de deux pièces, 6 000 logements de trois pièces, 3 000 logements de quatre pièces, et 700 logements de cinq pièces et davantage).

Les besoins de 1990 à l'an 2000 s'établissent à 123 000 logements correspondant à environ 3 100 000 m<sup>2</sup> (620 000 m<sup>2</sup> par an en moyenne sur la période), et à 240 000 pièces (réparties approximativement en 45 000 logements d'une pièce, 50 400 logements de deux pièces, 16 000 logements de trois pièces, 8 600 logements de quatre pièces, et 2 500 logements de cinq pièces et davantage).

La demande de logements non satisfaite est très difficile à estimer, vu l'importance de la production non enregistrée (construction sans permis) sur laquelle on ne possède aucune statistique. Mais la « demande théorique » correspondant à l'accroissement annuel de la population de l'agglomération peut être évaluée (8 500 logements par an de 1985 à 1990, et 123 000 logements par an de 1990 à 2000).

#### **IV.1.4.3- La promotion publique de logement**

Elle a atteint en moyenne 320 logements par an entre 1960 et 1975. Le parc public de logements dans la zone du Grand Antananarivo s'élève à 5 222 unités en 1985. Les 4 857 logements gérés par la SEIMAD ont été construits de 1960-75 (324 logement/an).

Dans les conditions avantageuses où elle se déroulait pourtant, cette production n'a guère pu dépasser 320 logements par an, c'est-à-dire un nombre de logements qui n'a aucun rapport avec les besoins de l'agglomération (environ 8 500 logements par an en 1985).

#### **IV.1.4.4- Les conditions de logement à Antananarivo (1985)**

##### **a) Description du parc de logements**

###### **a1- Définition et principaux résultats**

Le parc : par définition, un logement est l'espace habité par un ménage. En 1985, on estime le parc logement du Grand Antananarivo à 161 000 logements dont 102 600 à Renivohitra et 58 400 en périphérie. Le parc compte 4 000 000 m<sup>2</sup> pour 315 000 pièces d'habitation. La moitié des logements compte moins de 20 m<sup>2</sup> (surface médiane) et la surface moyenne est de 25 m<sup>2</sup> environ. On compte en moyenne 12,7 m<sup>2</sup> par pièce et 1,95 pièce par logements.

###### **a2- Description générale du parc logement de la capitale**

La caractéristique principale du parc est l'exiguïté du logement (espace habité par un ménage). La surface moyenne (25 m<sup>2</sup>) rend bien compte de cette exiguïté, mais la répartition en tranches égales de 10 % (déciles) la rend encore plus saisissante. On voit en effet que 50 % des logements mesurent moins de 20 m<sup>2</sup> et 90 % d'entre eux, moins de 44 m<sup>2</sup>. L'intérêt de reporter rapidement à ce type de pourcentages a guidé la présentation d'un certain nombre de résultats, sous forme de répartition en pourcentages. La distribution en tranches de 20 % (quintile) a été adoptée.

##### **b) Cas des constructions « illicites »**

L'expression « construction illicite » recouvre abusivement des cas fort différents. Le premier est celui des maisons érigées sur des terrains qui n'appartiennent pas aux constructeurs ; il s'agit là d'une « squatterisation » de terrains (appartenant le plus souvent à l'Etat). Le second est celui des maisons érigées sans permis de construire mais sur des terrains qui appartiennent aux constructeurs. On pourra souvent qualifier ces constructions de « précaires » ou « non réglementaire », si l'on veut désigner la qualité du bâti qui ne répond pas aux normes officielles. On parlera d'urbanisation « anarchique », « spontanée », ou « non planifiée », si l'on veut mettre l'accent sur les carences de l'organisation du quartier qui résultent de ce mode de production du logement. De façon générale, ces phénomènes sont liés aux faibles revenus des populations concernées, à l'insuffisance de l'offre de logements correspondant à leurs possibilités financières et, en ce qui concerne le développement anarchique des quartiers, à l'incapacité des pouvoirs publics de promouvoir un minimum d'organisation par la mise en place de quelques infrastructures élémentaires. En d'autres termes, la construction « spontanée » est le seul moyen de se loger qu'ont trouvé certaines couches de la population dans les conditions générales actuelles.

## **IV.2- Les modifications de la grande plaine et les évolutions de données de bases après 1985**

### **IV.2.1- Rappel des études d'Avant-Projet pour les aménagements d'Antananarivo**

Le développement de la Ville dans la plaine se fait actuellement dans des conditions catastrophiques selon un processus rendant quasi-impossible tout assainissement. Les nouvelles parties remblayées en dehors des zones de 67 ha amplifient cette remarque. En outre, le processus d'occupation « spontanée » de la plaine, par des habitations construites sans remblai con-

tinue à s'étendre. Ces quartiers sont inondés périodiquement. Ce type de situation que tente améliorer le Projet de Développement Urbain. On peut citer :

- Les études de l'OTU-OTH pour les secteurs assainissements et le renforcement de l'alimentation en eau de la Ville d'Antananarivo ;
- Les études de SOMEAH-SOGREAH pour les projets PIRD ;
- Les études internes de BPPA avec les organismes intérieurs.

### **IV.3- Solutions envisagées pour l'amélioration des projets d'aménagement futurs de la Plaine d'Antananarivo**

#### **IV.3.1- Réactualisation de PDU**

##### ***IV.3.1.1- Raisons de la réactualisation***

Le PDU 1966-1974 qui concerne le Plan Directeur établi pour les Aménagements des Villes, déjà mentionné dans le chapitre antérieur ne s'adapte plus à la condition actuelle d'Antananarivo. Les raisons découlent :

- La croissance démographique annuelle dépassant largement de 2,8 % ;
- Les demandes de logement totalement accrues ;
- L'expansion de la Ville de tous les côtés (Ouest, Est, Sud, Nord-Ouest, Nord-Est) ;
- Le programme de l'Etat en vue de la promotion immobilière.

##### **a) La croissance démographique**

A la suite des derniers recensements et des enquêtes lors de l'Opération MADIO, la croissance estimée en 1974 est presque doublée (Voisine de 4 %). Le phénomène de l'exode rural amplifie encore les nombres des habitants de la Ville.

##### **b) Les demandes de logement**

Etant donnée la difficulté des estimations (Non fiabilité de la statistique), les demandes ne sont jamais connues avec précisions. Les projections à partir des données antérieures (Base de données de SEIMAD) pourraient être considérées comme solutions.

##### **c) L'expansion de la Ville**

La Ville s'étend de côtés périphériques. Ces expansions pourraient être divisées dans les secteurs suivants :

- Le secteur Nord-Ouest : Ivato, Ambohidratrimo, Talatamaty, Antelomita, Ambohitrimanjaka ;
- Le secteur Ouest : Ambohidadrapeto, Itaosy, Ampitatafika, Fenoarivo, Antsahadinta ;
- Le secteur Sud-Est : Tanjombato, Soavina, Alasora, Ambohijanaka, Iavoloha, Androntra
- Le secteur Est : Ambohimambola, Ambohimangakely, Ambohitranano, Ilafy
- Le secteur Nord-Est : Sabotsy, Manandriana, Lazaina, Manankasina

**d) Le programme de l'Etat**

La politique de l'Etat s'oriente dans les promotions immobilières en vue de répondre aux demandes de logements (35000 logements/an) et les aménagements des Villes. Plusieurs organismes interviennent dans ce domaine, dont on peut citer :

- Organisme de l'Etat (SEIMAD, AGETIPA, PAIQ) ;
- Organismes privés (SOGEOA, SCIDI, GETIM etc.) ;
- Organismes Internationaux (Volontaire du Progrès dans le Pays d'Outre-Mer).

Ces opérations sont patronnées par le Ministère de l'Aménagement du Territoire (MinATV) et la Commune Urbaine d'Antananarivo. Les stratégies de suivies et de contrôle doivent s'imposer et intégrer dans des plans bien définis.

***IV.3.1.2- Actions proposées dans les domaines de l'hydrologie et les exploitations des ouvrages existantes***

Les principales actions suivantes sont proposées en vue d'améliorer les stratégies appliquées dans l'hydrologie et les exploitations des ouvrages existants en cas d'annonce des crues :

- Mise en place des données cartographiques détaillées et actualisées ;
- Renforcement de l'organisme APIPA pour les besoins en moyens matériels de précisions (Pour les opérations topographiques, l'Assainissement, l'Environnement etc.) ;
- Recollement des ouvrages existants ;
- Mise en place de manuel de gestion et de Services auprès de chaque secteur de l'APIPA ;
- Renforcement des actions des Comités de l'Eau et l'Assainissement pour la mise en application des codes de l'eau et de charte de l'environnement.

**IV.3.2- Réalisation de la Base de Données ONE**

Etant données les expansions de la Ville qui touchent principalement les environnements, l'ONE est mise en place pour établir les Base de Données correspondantes. Les actions entreprises aux niveaux de la Commune pour toute étude d'impact environnemental avant l'approbation de toutes les constructions méritent d'être approfondies. Les recherches suivantes devront être aussi énumérées dans les Bases des Données :

- Recherche sur la pollution de l'atmosphère ;
- Recherche sur les conséquences de la dégradation mentionnée précédemment ;
- Mise en application des lois en vigueur.

***IV.3.2.1- Recherche sur la pollution de l'atmosphère***

L'air, élément vital et partie intégrante de notre écosystème, n'échappe pas à la perturbation que subissent toutes les composantes de l'environnement urbain. C'est ainsi que le problème de la pollution atmosphérique se pose :

- Les rejets et émissions produits par le transport, la consommation d'énergie, par les ménages et par les industries de transformation énergétique et les feux de brousse ont des graves incidences sur la productivité en général, et sur l'ensemble de l'écosystème.
- L'effet de serre se produit par le réchauffement de la planète (Terre et atmosphère) dû à une rétention excessive de la chaleur. Ce réchauffement est le responsable de l'augmentation incessante de température sur plupart point du globe. Elle rend l'évapotranspiration trop forte qui risque d'assécher les plantes.

Source de pollution	Part. en susp.	CO <sub>2</sub>	Pb	CO	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	Légende
Transport	++++	++	++++	++++	+++	++++	++ : Quantité moyenne
Combustion de biomasse	+++	+++		++++	+++	++	+++ : Quantité forte
Défrichement	+++	+++		+++		++	++++ : Quantité très forte
Feux de brousse	+++	+++		+++		++	
Tabac	++++	+++		++++	++++	+++	
Industrie	++++	+++					

Les gaz à effet de serre :

- Vapeur d'eau : Evaporation, Evapotranspiration ;
- Oxyde de carbone CO<sub>2</sub> : Défrichement, Feu de brousse, Production d'énergie.
- CH<sub>4</sub> : Terrain marécageux, Rizières, Elevages, Production de gaz naturel, Combustion de biomasse, Termites
- Oxyde nitreux : Libérés par les océans et sol, combustion de biomasse, utilisation d'engrais
- Ozone : 1<sup>er</sup> Couche gazeux atmosphérique.
- Fluorohydrocarbure (CFC).

Les impacts directs de cette recherche au niveau de l'hydrologie et les ouvrages en exploitation méritent d'être approfondis dans les mémoires d'études ultérieures.

#### ***IV.3.2.2- Recherche sur les conséquences de la dégradation susmentionnée***

Le sol est composé de :

- Grains de silice ;
- Argile ;
- Matière organique ou humus ;
- Base échangeable : Ca, P, N.

Phénomène de dégradation du sol et de bassin versant :

##### **a) L'évolution du phénomène**

##### **Première phase de dégradation : Désagrégation de l'humus**

Le sol brûlé entraîne la désagrégation de l'humus d'où perte du pouvoir adsorbant du complexe argilo-humique (CAH) à cause de la destruction de l'humus. Les ions sont lessivés. C'est le lessivage des bases échangeables. Il vient ensuite un éclatement de la structure du sol. A cause de la chaleur, l'argile se décompose en Fe<sup>2+</sup>, Alumine qui deviennent mobiles.

##### **2<sup>ème</sup> phase de dégradation : Ascension par capillarité**

Entraînement des grains de silicium (sable) si on continue de brûler le sol.

La conséquence sera l'apparition de l'ascension par capillarité et par ce mouvement ascensionnel, le fer ainsi que l'alumine tendent à monter en surface. C'est l'origine de couleur rouge du sol.

A ce stade là, on dit que le sol est ferrugineux.

### **3<sup>ème</sup> phase de dégradation : Phénomène d'oxydation**

L'ion  $\text{Fe}^{2+}$  devient  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$  combiné avec Alumine donne la ferralitisation, ce qui entraîne l'absence complète de perméabilité du sol. Ce phénomène est le responsable de l'absence d'infiltration entraînant un écoulement en grand ou augmentation de l'éclatement superficiel.

### **4<sup>ème</sup> phase de dégradation : Lavakisation**

C'est l'érosion des parties tendres du sol.

Cette recherche qui modifie pleinement les caractéristiques des Bassins Versants de la Plaine d'Antananarivo doivent être réalisée au niveau de l'organisme de l'Etat.

## **IV.3.3- Mise en application des lois en vigueur**

Les non suivis des réglementations et des prescriptions de l'urbanisme notamment en matière de l'Assainissement engendrent des problèmes sérieux au niveau de l'hydrologie et des exploitations des ouvrages existants. Les propositions suivantes pourraient être énumérées dans les mesures judiciaires :

- Renforcement des institutions judiciaires au niveau des applications des lois et des codes (code de l'urbanisme, code de l'eau, charte de l'environnement...);
- Conscientisation des intérêts publics pour l'existence des lois.

### ***IV.3.3.1- Renforcement des institutions judiciaires***

Toutes les institutions judiciaires existantes doivent travailler ensemble afin de mettre en place une structure de suivie et de la mise en application des lois.

Les secteurs judiciaires compétents doit être intégrés dans tous les organismes œuvrant dans l'aménagement urbain.

Dans la politique de bonnes gouvernances, les gestions des infrastructures devront prendre en considération ses institutions judiciaires.

### ***IV.3.3.2- Conscientisation des intérêts publics***

Au niveau de la politique de l'Etat, des instructions devront faire parties dans les informations des publics. Ces actions pourraient être intégrées dans les Mass Média que des publications. Les interventions sociales à de différentes parties intégrantes de la Commune Urbaine (Arrondissement, etc.) devraient être menées par l'Etat.

## **Troisième partie**

# **Solutions envisagées pour la modernisation des stations et centres d'études hydrologiques**

## **Troisième partie : Solutions envisagées pour la modernisation des stations et centres d'études hydrologiques**

### **Chapitre V : L'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM)**

Madagascar fait partie des pays membres de l'OMM depuis 1960. Les Bases de Données pluviométriques et hydrologiques de Madagascar sont conçues avec l'OMM. Nous rappelons ainsi les structures de l'OMM.

#### **V.1- Présentation de l'OMM**

L'un des buts principaux de l'OMM est d'encourager la normalisation des observations météorologiques et connexes et d'assurer la publication uniforme d'observations et de statistiques. En fait, les pays publient d'énormes quantités de données climatologiques relatives à leur propre territoire, en suivant les directives techniques promulguées par l'OMM.

La décision de publier des statistiques portant sur de longues périodes a été dictée par la nécessité d'assurer la comparabilité des données recueillies par les stations du monde entier. Il fallait en effet que ces données portent sur des périodes uniformes qui fourniraient des valeurs de références, des « normales », portant des périodes plus courtes (par exemple des données mensuelles). Les pays membres de l'OMM sont donc tenus d'établir, pour certaines de leurs stations, des normales pluviométriques et des normales hydrologiques, qui sont définies dans le règlement technique de l'OMM comme étant des « moyennes » pour une période uniforme et relativement longue comprenant au moins 3 périodes consécutives de 10 années ainsi que des normales standard, définies comme étant les moyennes de données calculées pour les périodes consécutives de 30 ans ci-après : 1<sup>er</sup> janvier 1901 au 31 décembre 1930, 1<sup>er</sup> janvier 1931 au 31 décembre 1960. L'OMM a naturellement entrepris de diffuser ces données et en particulier de publier les normales climatologiques standard établies par les membres.

#### **V.2- Normalisations publiées par l'OMM**

Dans le but de la modernisation de nos stations, nous voulons énumérer les éléments suivants :

- Les symboles et unités recommandés (*Annexe 7*) ;
- Densités minimales recommandées des stations pluviométriques ;
- Exigences et conseils proposés par OMM ;
- Les conditions admissibles dans les systèmes de recueils de données hydrologiques ;
- Formation professionnelle en hydrologie.

### **V.2.1- Densités minimales recommandées des stations pluviométriques**

**Tableau 8 : Densité minimale par station (km<sup>2</sup>/station)**

Unité physiographique	Densité d'une station non enregistrée	Densité d'une station enregistrée
Zones côtières	900	9 000
Zones montagneuses	250	2 500
Plaines intérieures	575	5 950
Petites îles	25	250
Régions collines	575	5 750
Zones urbaines		10 à 20
Zones polaires et arides	10 000	100 000

**Tableau 9 : Densités minimales recommandées des stations débitométriques (km<sup>2</sup>/station)**

Unité physiographique	
Zone côtière	2 750
Zone montagneuse	1 000
Plaines intérieures	1 875
Régions collines	1 875
Petites îles	300
Zones polaires et arides	20 000

### **V.2.2- Exigences et conseils proposés par OMM**

- a- Etant donnée des relations très étroites qui existent entre les données météorologiques et hydrologiques, une bonne coordination entre les réseaux climatologiques et hydro-métriques est utile.
- b- Les stations faisant partie du réseau de base devraient en général fonctionner durant une période relativement longue, c'est-à-dire pendant au moins 10 ans, afin de fournir des renseignements satisfaisants sur les valeurs moyennes des paramètres observés et sur leurs variations aléatoires.
- c- Outre les stations appartenant au réseau de base, on peut installer des stations hydro-métriques à des fins spéciales, qui sont appelées à fonctionner uniquement pour des études particulières durant une période limitée. Le programme d'observation de ces stations peut contenir de nombreux éléments. Pour assurer le fonctionnement continu

et fiable des stations, il est absolument nécessaire qu'elles soient toutes inspectées régulièrement et fréquemment.

- d- Afin d'éviter tout malentendu, il est nécessaire d'identifier les stations par leur nom et leurs coordonnées géographiques, et dans la mesure du possible, d'indiquer le nom du bassin fluvial principal et le nom de la rivière et du lac naturel ou artificiel sur lequel est située la station. Il est indispensable de tenir à jour un répertoire précis des caractéristiques des stations ainsi que des modifications qui se sont produites durant la période d'exploitation.
- e- Il est souhaitable d'uniformiser dans une certaine mesure les heures d'observation des différentes stations appartenant au même bassin versant, en tenant compte des intervalles les plus appropriés pour l'observation des éléments. Dans les conditions exceptionnelles, par exemple en cas de crues, il conviendrait d'effectuer des mesures plus fréquentes et de transmettre dès que possible les données ainsi obtenues.
- f- Pour les échanges internationaux, il est souhaitable d'utiliser des unités suivantes : l'année civile, le mois ainsi que le jour solaire moyen, du minuit à minuit, selon le fuseau horaire.
- g- Il est souhaitable de présenter les données sous forme de valeurs statistiques telles que moyenne, max, min, écart-type, distribution de fréquence (tableaux ou courbes etc.) Les fréquences calculées à partir de données rassemblées sur des périodes relativement courtes devraient être comparées sur des longues périodes (30 ans ou plus). Certaines des données obtenues seront publiées dans des annuaires hydrologiques. Pour chaque station, un tel résumé statistique déterminera clairement la signification des données de l'année considérée. Un annuaire devrait contenir des renseignements complets de toutes les stations, à savoir nom, coordonnées, altitude, surface du bassin, phénomènes observés, heure d'observation, période sur laquelle portent les relevés etc.
- h- Pour les activités internationales, employer exclusivement les lettres, symboles, abréviations et unités reconnues sur le plan international.
- i- Les données hydrologiques observées et traitées donneront un bon aperçu des conditions hydrologiques de la zone considérée. Elles seront utiles pour améliorer ou établir un programme de prévision à des fins hydrologiques, lorsqu'un tel programme sera nécessaire. Le programme devrait comprendre des prévisions du niveau de l'eau, de l'écoulement, de l'état des glaces, des crues et des marées de tempête.

### **V.2.3- Les conditions admissibles dans les systèmes de recueils de données hydrologiques (Site pour jaugeage au moulinet)**

Le site choisi pour le jaugeage devrait idéalement répondre aux conditions suivantes :

- a- Les lignes du courant sont en tous parallèles entre elles et sont normales à la section de mesure ;
- b- Les courbes de répartition des vitesses dans la section sont régulières dans les plans horizontaux et verticaux ;
- c-  $V > 0,15 \text{ cm/s}$  ;
- d- Lit régulier et stable ;
- e- Profondeur  $> 0,3 \text{ m}$  ;
- f- Inexistence de végétation aquatique.

## **V.2.4- Formation professionnelle en hydrologie**

### **a) Hydrologues professionnels**

Ce sont les personnels qui ont reçu une formation supérieure au niveau universitaire en génie civil, agriculture, géologie ou géophysique ou formation équivalente, et qui se sont ensuite spécialisés en hydrologie ou dans un autre domaine ayant trait aux sciences de l'eau. Leur rôle peut consister à diriger un service hydrologique, tout comme à assurer des travaux de recherche et de formation professionnelle et même à mettre au point la partie hydrologique des projets relatifs aux ressources en eau et à analyser des données hydrologiques.

### **b) Techniciens en hydrologie**

Groupe I : Ceux qui, durant 12 à 14 ans, ont bénéficié d'une formation générale dans les écoles primaires et secondaires, puis d'une formation spécialisée dans un secteur particulier de l'hydrologie.

Groupe II : 10 ans primaires + secondaire et bénéficié d'une formation technique en hydrologie

### **c) Observateurs en hydrologie**

Les personnels de cette catégorie ont reçu une formation générale durant une période d'au moins 9 années dans des établissements primaires et secondaires, puis une formation technique dans l'un des secteurs d'activité de l'hydrologie. Tâche faire des relevés, à tenir à jour les états d'enregistrement et à maintenir en bon état de fonctionnement les matériels peu complexes qu'ils ont à utiliser.

L'OMM + UNESCO ont aussi fait des recommandations sur l'effectif nécessaire pour chaque catégorie de personnel défini ci-dessus en fonction de la taille d'observation.

## **Chapitre VI : Les installations préconisées pour les stations à Madagascar**

Les stations existantes à Madagascar sont très anciennes et, datent avant 1960. En vue de la modernisation de ces stations, nous devons passer à :

- l'inventaire des stations existantes en leur état ;
- la mise en place de la structure organisationnelle du service météorologique et hydrologique ;
- les modernisations et les actions envisagées.

### **VI.1- Inventaire des stations existantes**

Les études des stations existantes sont déjà énumérées dans la première partie. Nous rappelons les états suivants :

- Insuffisance des stations par rapport aux densités préconisées par OMM ;
- Non régularité des données acquises dans ces différentes stations ;
- Vieillesse et le dysfonctionnement des équipements de ces stations : Remarquées dans les inventaires des stations (Cf. Liste des stations en Annexe 5), les matériels utilisés par les services sont vieux. Plusieurs d'entre eux ne fonctionnent plus à défaut des entretiens et des usures.

## **VI.2- Structure organisationnelle du service météorologique et hydrologique**

Etant donnée que le Service d'Hydrologie et de la Météorologie fait partie de l'organisme de l'Etat, les structures correspondantes sont déduites des hiérarchies de pouvoir et de directive de l'Etat. Les organigrammes ci-après figurent cette structure d'organisation.

Les analyses de cette organisation permettent de déduire :

- l'alourdissement de système de communication : Etant données les différentes hiérarchies dans la structure d'organisation du service de la météorologie et de l'hydrologie, les communications ascendantes et descendantes sont longues ;
- les difficultés dans les décisions : A cause de lenteur administratif, il présente toujours des difficultés au niveau des décisions. Toutes interventions en dehors du service font l'objet des réunions du Gouvernement et/ou des Ministres. Les liaisons avec les autres Ministères (Transport, Travaux Publics, etc.) amplifient encore les applications des décisions ;
- les non opérationnalités de système de contrôle et de suivi : Les non remplacements des matériels et/ou des entretiens nécessaires dans les différentes stations marquent bien les non opérationnalités des systèmes de contrôle et de suivi.

## **VI.3- Nécessité de modernisations et actions envisagées**

Les actions de modernisations des stations devront être intégrées dans la politique de l'Etat. Des investissements devraient être octroyés à ces effets. Nous envisagerons les principales actions suivantes :

- **Remplacement et/ou entretien des stations en services plus anciennes non fonctionnelles** : Afin de continuer les observations des données dans les différentes stations non fonctionnelles, des remplacements et entretiens méritent de leurs apporter. Il faut agir au bon moment pour encore bénéficier toutes les infrastructures existantes ou ruinées.
- **Renforcement des stations existantes recouvrant plusieurs territoires** : Plusieurs stations recouvrent des grands domaines notamment dans les périmètres hydroagricoles. Afin d'avoir des précisions et de vérifier les fiabilités des données, le renforcement des stations devront être réalisé.
- **Modernisation des équipements suivants les normes actuelles** : Afin de suivre les nouveautés technologiques et les systèmes d'informations mondiales, des modernisations devraient être apportées au niveau des équipements. Nous proposons les systèmes satellitaires et les communications dans les différents secteurs.

## **Chapitre VII : Les financements de l'opération de modernisation des stations**

### **VII.1- Les ressources de financements**

Comme étant que les membres eux-mêmes de l'OMM qui assument la plus grosse partie de dépenses afférentes au fonctionnement de système nationaux d'observations, de télécommunication et de traitement de données, les ressources nécessaires devront être intégrées dans le budget de l'Etat.

Les ressources extra-budgétaires qui devraient être dégagés sont :

- Pour la coopération technique ;
- Pour enseignement et formation ;

- Pour amélioration de la feuille météorologique mondiale ;
- Pour activité urgente de surveillance et de coopération dans le domaine de l'environnement du climat.

Ces ressources extra-budgétaires pourraient être obtenues par l'OMM et par les résultats de ces exploitations de Service de la Météorologie et de l'Hydrologie.

## **VII.2- Les activités intégrantes du Service pouvant être rémunératrices**

Les programmes d'application de la Météorologie et de l'Hydrologie dans les différents domaines (Aménagement Hydroagricole, Aménagement du Territoire, Travaux Publics etc.) devraient être aussi financés parallèlement avec les différents projets concernés. A chaque projet, les interventions dans le domaine de l'hydrologie et de la météorologie méritent d'apporter des améliorations au niveau du service.

## **Conclusion Générale**

La présente étude démontre la nécessité absolue et indiscutable de moderniser les systèmes de prévisions et de mesure de la Direction de la Météorologie Nationale. En effet, la dotation en moyen matériel et humain de cette direction est à renforcer. Dans ce cas, les dégâts causés par les méfaits d'une mauvaise étude hydrologique dont la base en est les mesures hydrologiques et/ou pluviométriques seront minimisés.

La tenue d'un atelier qui regroupera outre la Direction de la Météorologie Nationale les divers départements concernés, entre autres le Ministère des Travaux Publics, le Ministère de l'Aménagement de Territoire, le Ministère des Eaux et Forêts, le Ministère de l'Industrie et des Mines et surtout le Ministère de l'Environnement, le Ministère de l'Agriculture et Elevage est nécessaire.

Le financement est public et pourquoi pas privés des opérations de mesure et collecte de données hydrologiques telles que préconisées dans la troisième partie de ce document.

L'élaboration d'un système efficace de recouvrement de coûts pour pérenniser ces opérations ci-dessus mentionnées.

Nous espérons que les propositions que nous venons de faire rencontreront l'adhésion de tous les concepteurs de projets, du Gouvernement Malgache et surtout des bailleurs de fonds nationaux et étrangers, bilatéraux et multilatéraux.

### Référence Bibliographique

N°	Intitulé	Auteur	Date
B-01	Observation Environnementale	ONE	1998
B-02	Hydraulique Routière	Nguyen VAN TUU	1981
B-03	Estimation des débits de crue à Madagascar	Louis Duret	1976
B-04	Fleuves et Rivières de Madagascar	P. Chaperron, J. Danloux, L. Ferry	1986
B-05	Hydrologie Tropicale et Appliquée	Bernard CHUZEVILLE	1990
B-06	Memento Micro	OMHL	1989
B-07	Probabilités et statistiques	Jacqueline FOURASTIE et Benjamin SAHLER	1965
B-08	Norme de l'OMM	OMM	1994
B-09	Manuel du Technicien de Génie Rural	SOGREAH	1964
B-10	Etude de l'équipement pour le dessablage	SOGREAH (Rapport)	1965
B-11	Etude sectorielle	Ministère	1985

Nom et prénom :	ANDRIANASOLO Andisoa
Titre de mémoire :	« CONTRIBUTION A L'ETUDE D'IMPACT DES DONNEES HYDROLOGIQUES SUR LE COMPORTEMENT DES OUVRAGES EN EXPLOITATION »

## RESUME

Les données pluviométriques et hydrologiques sont les éléments de base pour le dimensionnement de tous les ouvrages nouveaux. Ceux qui permettent aussi les exploitations des ouvrages existants (Gestion, Entretien et Réhabilitation). Seule la direction de la Météorologie Nationale possède ces bases de données à partir des stations existantes. Ces stations peuvent être regroupées suivant les types des équipements. L'analyse de ces données disponibles permet de dégager le manque de certaines données jugées utiles dans certaines stations et des erreurs de relevées dans d'autres. On peut évoquer les sources de perturbation des données hydrologiques par les cataclysmes naturels et les facteurs humains.

Le Projet pour la Protection de la Plaine d'Antananarivo illustre bien ces études de cas. Les cyclones modifient pleinement les aménagements.

On peut observer aussi dans l'autre cas la protection de la plaine d'Antananarivo les impacts de l'urbanisation sur les données hydrologiques. Il y a le schéma directeur PDU66/74 qui est bouleversé par les contextes politico-économique dans l'urbanisation suivant les diagnostics prévus dans les projets de développement d'habitat en 80-82 et du 83-85 par PNUD et CNUEH.

Enfin, on a proposé des solutions pour l'amélioration des projets d'aménagements de la plaine d'Antananarivo.

En outre, les études sont focalisées sur la normalisation des stations et des installations à prévoir dans les différentes stations suivant l'Organisation Mondiale de la Météorologie. Des analyses conduisent à la nécessité de la modernisation et des financements de ces opérations envisagées.

# ANNEXES

## **ANNEXE 1**

Annexe 1-a :

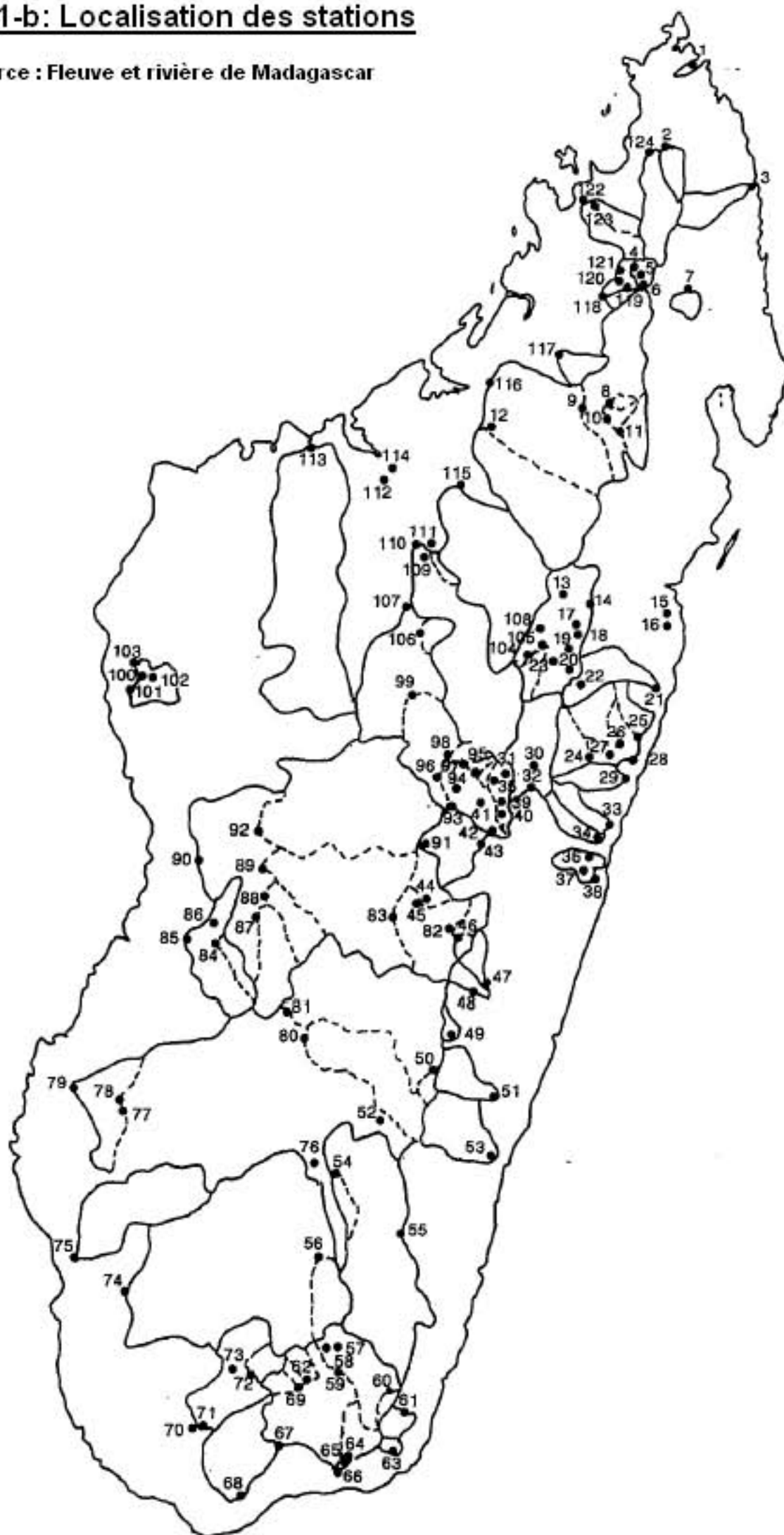
Localisation des stations

Annexe 1-b :

Réseau hydrographique et principaux  
bassins

## Annexe 1-b: Localisation des stations

Source : Fleuve et rivière de Madagascar



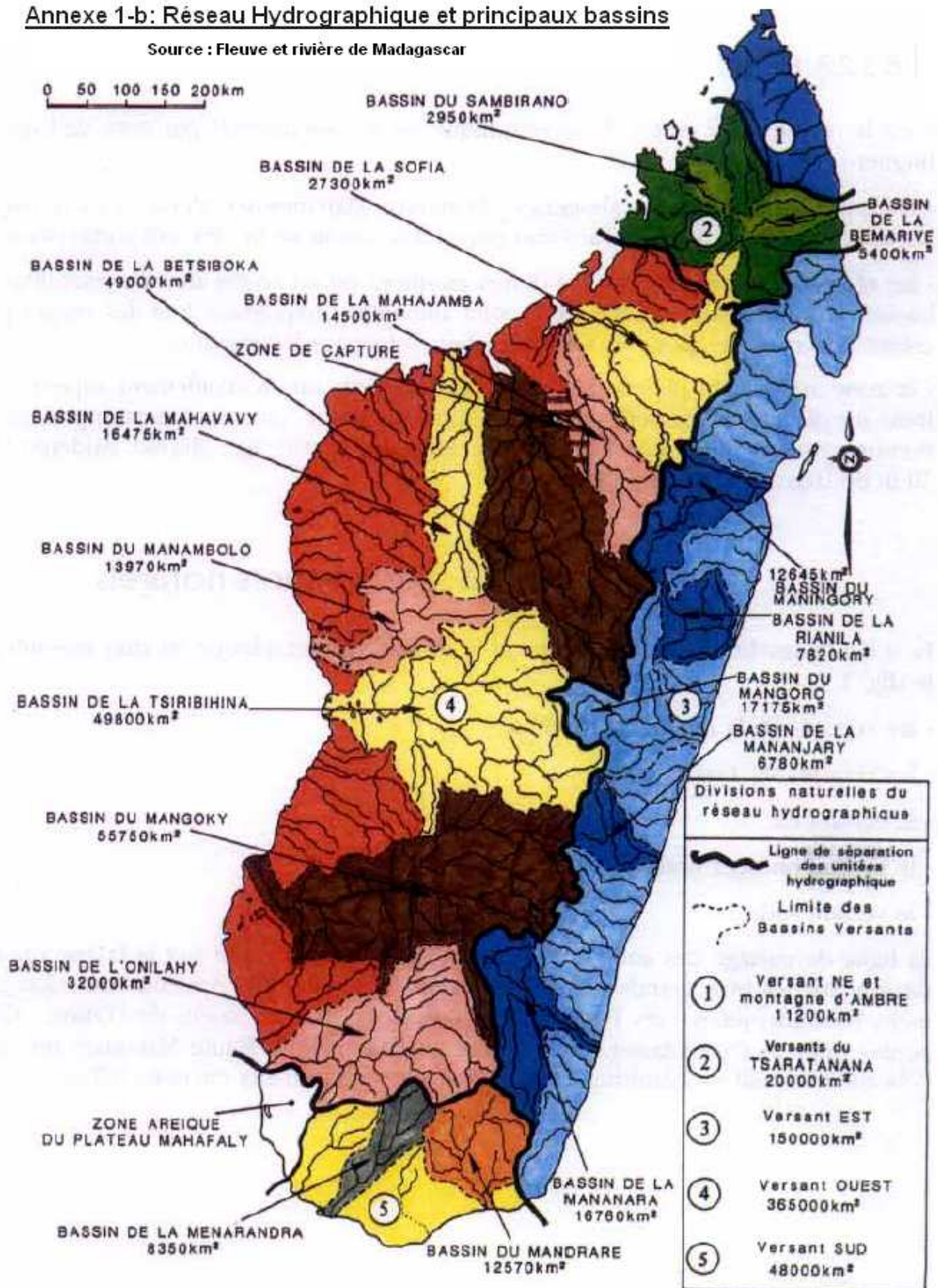
**Annexe 1-a : Référence des stations par rapport à la carte de localisation des stations**

N°	Station	Localisation	N°	Station	Localisation	N°	Station	Localisation
1	Saharenana	Pont RN6	45	Sandrandahy	Sandrandahy	88	Sakeny	Andraketa
2	Mananjeba	Antakoto	46	Mania	Sandrandahy	89	Mania	Ankotrofotsy
	Mananjeba	Marivorahona		Mania	Amboromania	90	Tsiribihina	Betomba
3	Fanambano	Morafeno	47	Mananjary	Antsindra	91	Amborompotsy	Antsampandrano
4	Maevarano	Beroitra	48	Ivoanana	Fatihita	92	Mahajilo	Antsakoamadinika
	Maevarano	Antafiandakana	49	Namorona	Vohiparara		Mahajilo	Miandrivazo I
5	Bealanana	Ambinanindrano	50	Matsiatra	Fanoro	93	Tafaina	Ambohldrano
6	Maevarano	Antelopolo	51	Faraony	Sahasinaka	94	Andromba	Behenjy
7	Ankaibe	Betsakotsako		Faraony	Vohllava		Andromba	Tsinjony
8	Salohy	Andampihely	52	Zomandao	Ankaramena	95	Ikopa	Ambohimanambola
9	Sofia	Antafiatsaiana	53	Matitanana	Mahasoabe	96	Katsoaka	Niakotsoarano
10	Sandrangitra	Kaiandy	54	Sahambano	Sahambano	97	Ikopa	Anosizato
11	Mangarahara	Mandritsara	55	Mananara Sud	Maroangaty		Ikopa	Mahitsykely
	Mangarahara	Ambodiavavy	56	Mangoky	Betroka	98	Ikopa	Bevomanga aval I
12	Bemarivo	Andranomiditra	57	Tsivory	Ambia		Ikopa	Bevomanga amont
	Bemarivo	Ampombitika	50	Ranomainty	Anivorano		Ikopa	Ambohitrinimerina
13	Anony	Ambohiboanjo	59	Mandrare	Andabolava amont		Ikopa	Anosimparry
14	Maningory	Andromba		Mandrare	Andaboiaava aval		Ikopa	Farahantsana
15	Mananonoka	Rn22	60	Mandrare	Andetsy	99	Ikopa	Fiadanana
16	Iazafo	Morafeno	61	Manampanihy	Elanary	100	Kimazimazy	Soatanana
17	Mananontanana	Rn44	62	Andrantina	Marotsiraka	101	Demoka	Bevatry
18	Andragorona	Rn44	63	Efaho	Fanjahira		Demoka	Rn8
19	Sasomangana	Marianina	64	Mananara	Bevia	102	Tsiombikary	Tsiombikary
	Sasomangana	Pont MLA	65	Mananara	Beraketa	103	Namela	Antanandava
	Sasomangana	Ambohiboromanga	66	Mandrare	Amboasary Sud	104	Sahamilahy	Maheriara
20	Sasomangana	Antanifotsy	67	Ianamolora	BVR	105	Sahabe	Betambako
21	Ivondro	Ringaringa	68	Manambovo	Tsihombe		Sahabe	Prise PC23
	Ivondro	Volobe	69	Besaly	Amboasary Est	106	Mamokomita	Maroharana
22	Ivondro	Ambodifana	70	Menarandra	Tranoroa	107	Ikopa	Antsatrana
23	Ranofotsy	Andilanatoby	71	Tranoroa	BVR	108	Ivakaka	Vohidiala
24	Vohitra	Rogez	72	Menakompy	Andriambe	109	Isinko	Ambodiroka
25	Rongaronga	Ambinaninony		Menakompy	Ankilimahazo	110	Betsiboka	Ambodiroka
26	Rianila	Fetraomby	73	Menarandra	Bekily		Betsiboka	Ancien pont
27	Vohitra	Andekaleka	74	Onilahy	Tongobory	111	Ankaboka	BVR aval
28	Rianila	Vohibinany	75	Fiherenana	RN9	112	Karambo	Betsireboka
29	Iaroka	Ampitabe	76	Ihossy	Ihossy	113	Mahavavy Sud	Marovato
30	Mangoro	Mangoro	77	Banian	BVR		Mahavavy Sud	Sitampiky
31	Varahina	Mantasoa	78	Mangoky	Banian	114	Marovoay	Rn4
32	Mangoro	Ambodimanga		Mangoky	Vondrove	115	Kamoro	Rn4
33	Sakalina	Tsarasambo	79	Mangoky	Bevoay	116	Sofia	Rn6
34	Manampotsy	Ilaka	80	Mananantanana	Tsitondroina	117	Tsinjomorona	Ankobakobaka
35	Ikopa	Antelomita	81	Matsiatra	Bedray	118	Maevarano	Ambodivohitra aval
36	Ihossy	Ampitakihossy		Matsiatra	Malakialina		Maevarano	Tetezambato
37	Lohariana	Maroambo	82	Manandona	Sahanivotry	119	Bealanankely	Betainkankana
30	Sahasaka	Miakara	83	Mania	Fasimena	120	Antsamaka	Ambatoria
39	Manandriana	Manandriana	84	Sakamaly	Migodo	121	Beandrazona	Beandrazona
40	Vaharina Sud	Tsiazompaniry	85	Morondava	Tsiandava	122	Sambirano	Ambanja

41	Sisaony	Andramasina		Morondava	Dabara	123	Ramena	Ambodimanga
42	Ambatomainy	BVR Sud	86	Beritsoka	Site barrage	124	Mahavavy Nord	Rn6
43	Onive	Tsinjoarivo		Beritsoka	Rn35		Mahavavy Nord	Amont prise
44	Sahanivotry	PK 1973	87	Manamboia	Ambatolahy			

## Annexe 1-b: Réseau Hydrographique et principaux bassins

Source : Fleuve et rivière de Madagascar

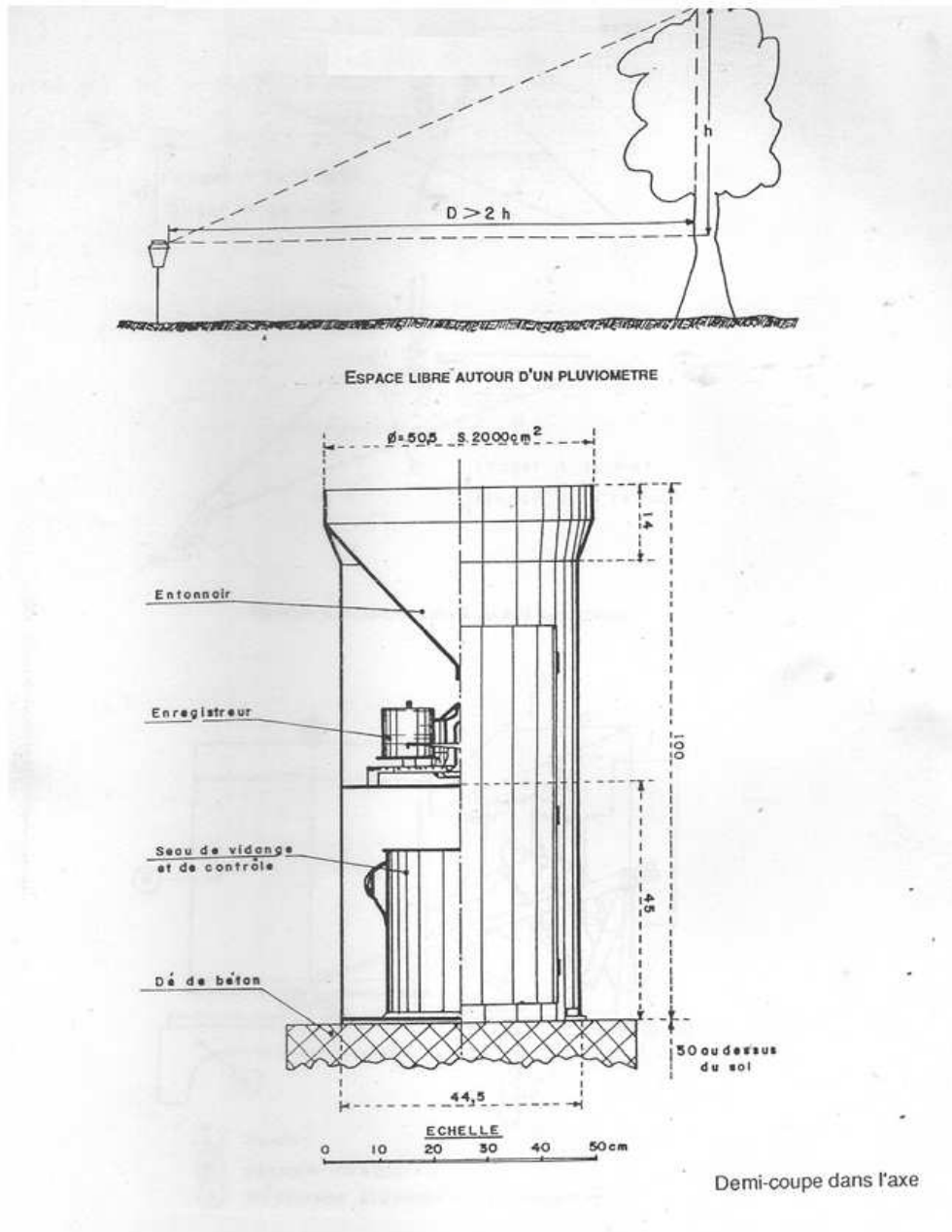


Annexe 1-b

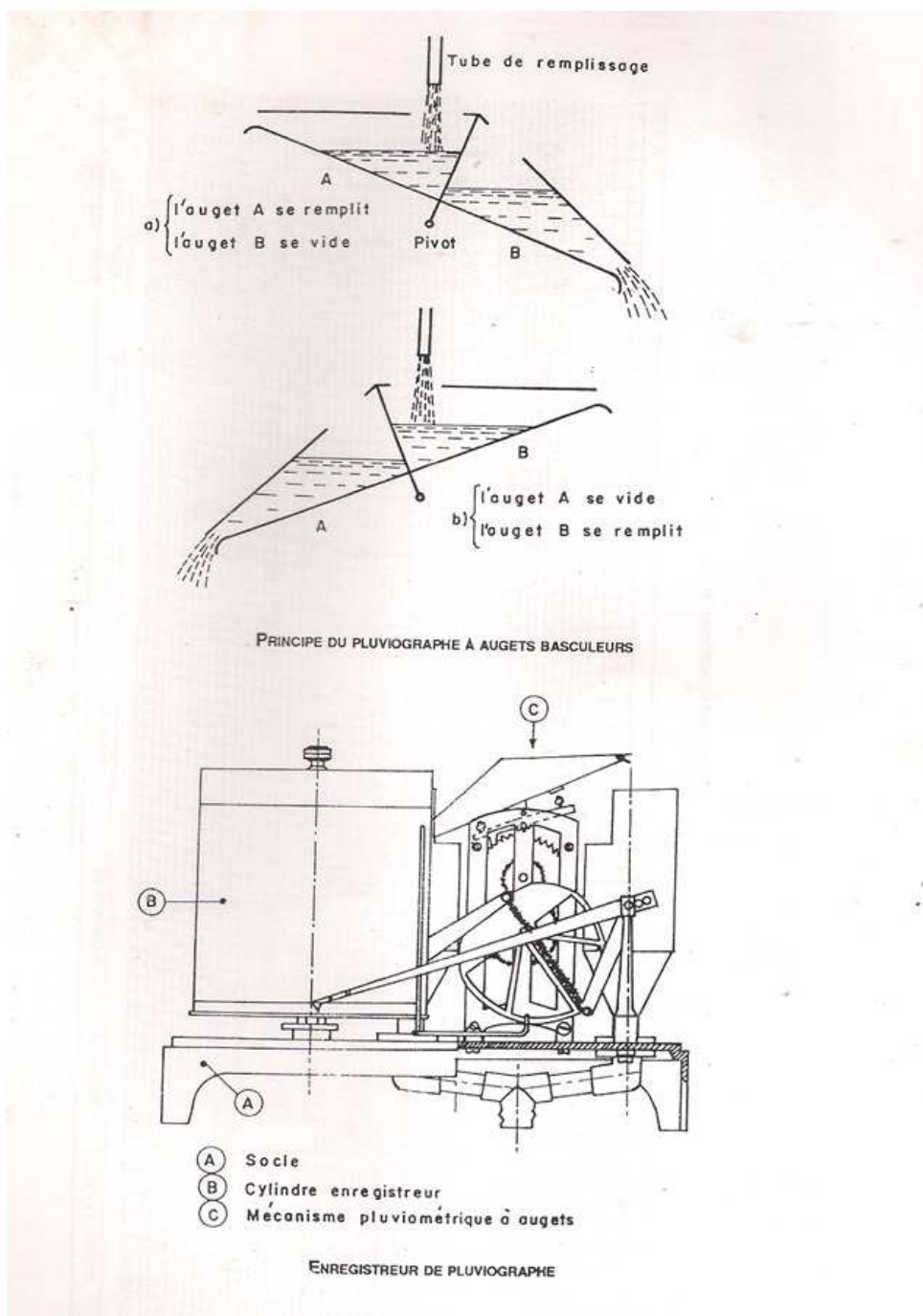
## **ANNEXE 2**

Annexe 2-a :	Appareil pluviométrique et pluviographe
Annexe 2-b :	Pluviographe à augets basculeurs et Enregistreur de pluviographe
Annexe 2-c :	Pluviogramme hebdomadaire
Annexe 2-d :	Moulinet
Annexe 2-e :	Représentation du débit

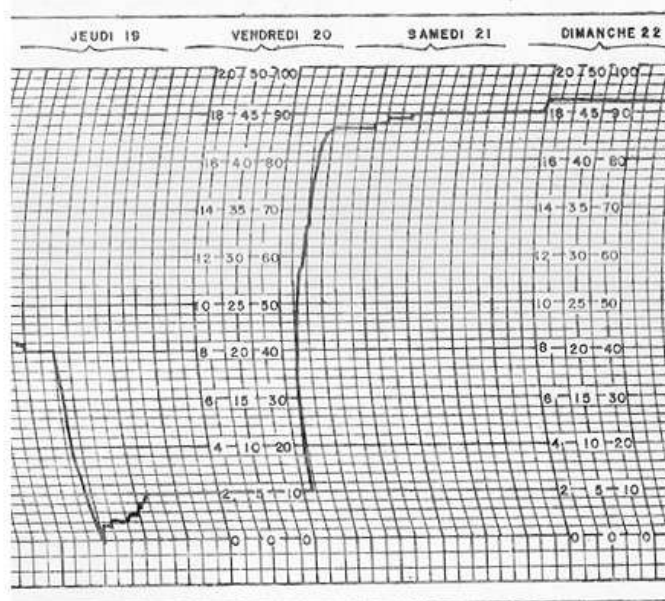
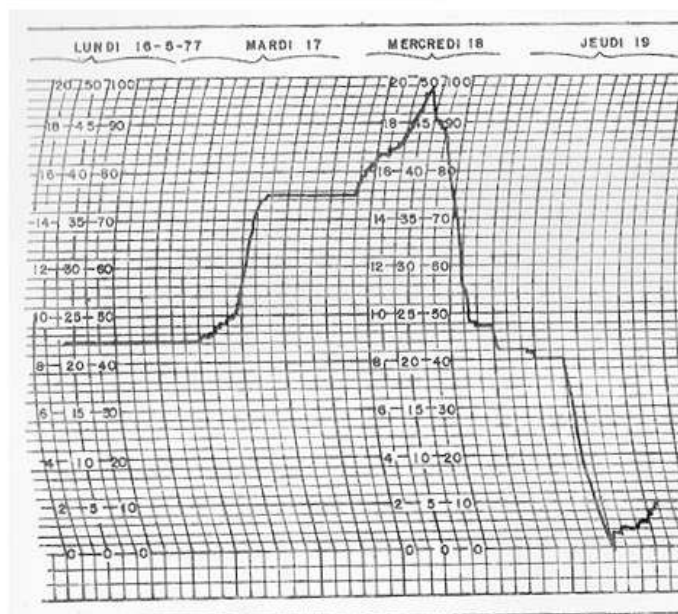
## Annexe 2-a : APPAREIL PLUVIOMETRIQUE ET PLUVIOGRAPHE



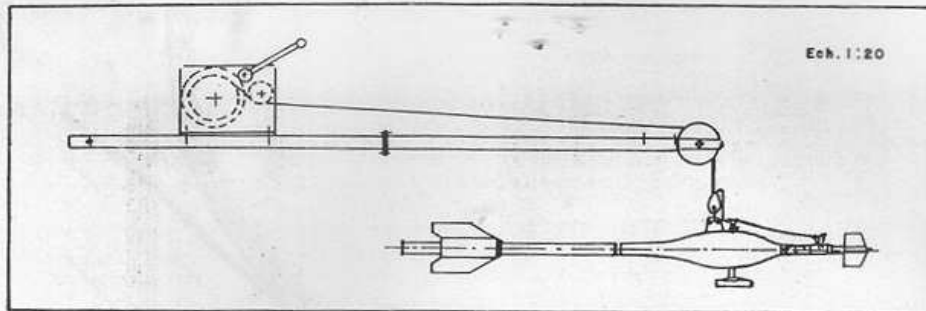
Annexe 2-b : Pluviographe à augets basculeurs et enregistreur pluviographe



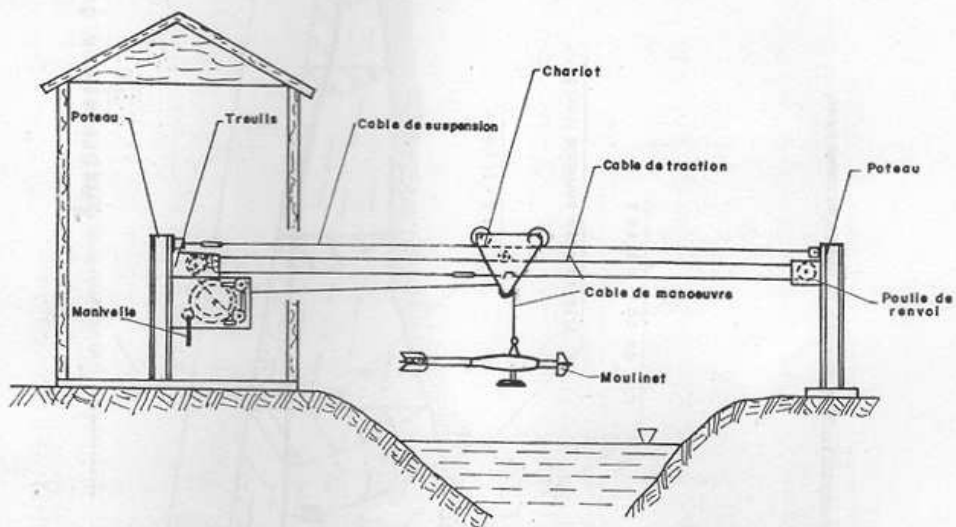
# Annexe 2-c : Pluviogramme Hebdomadaire



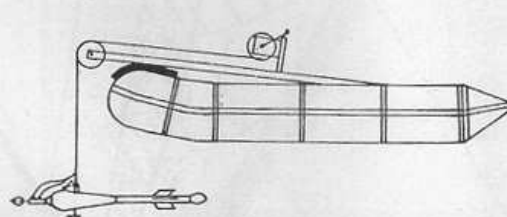
Annexe 2-d : Moulinet



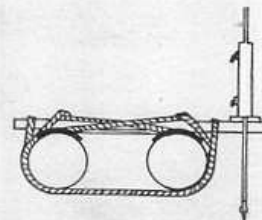
MOULINET MONTÉ SUR SAUMON



INSTALLATION D'UN MOULINET SUR TRANSPORTEUR PAR CABLE

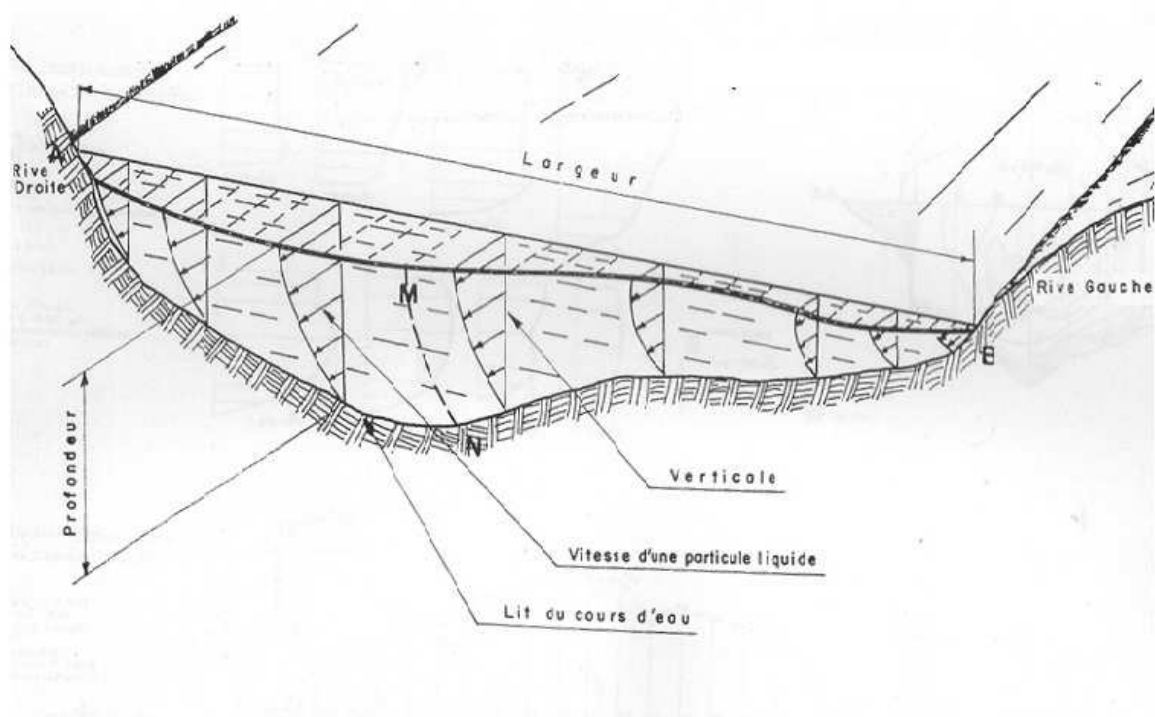


UTILISATION DU CANOT PNEUMATIQUE  
(MONTAGE POUR SAUMON)

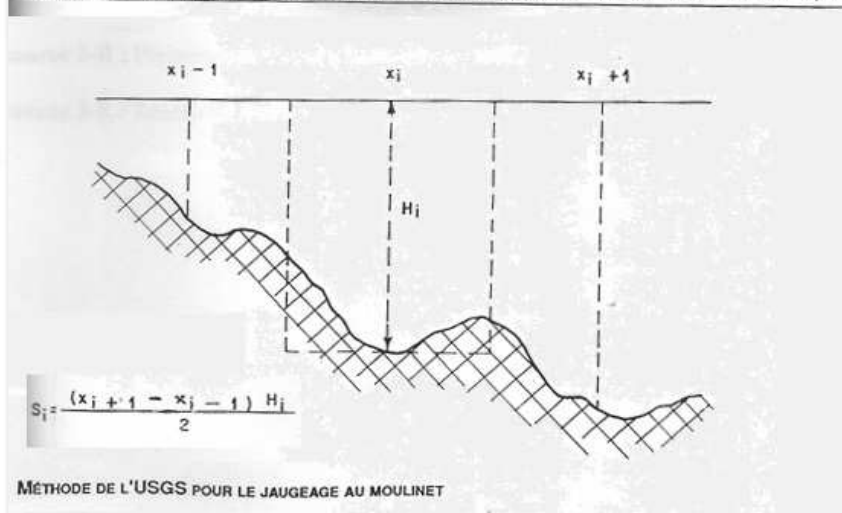


UTILISATION DU CANOT PNEUMATIQUE  
(MONTAGE POUR PERCHE)

Annexe 2-e : Représentation schématique d'un débit de cours d'eau



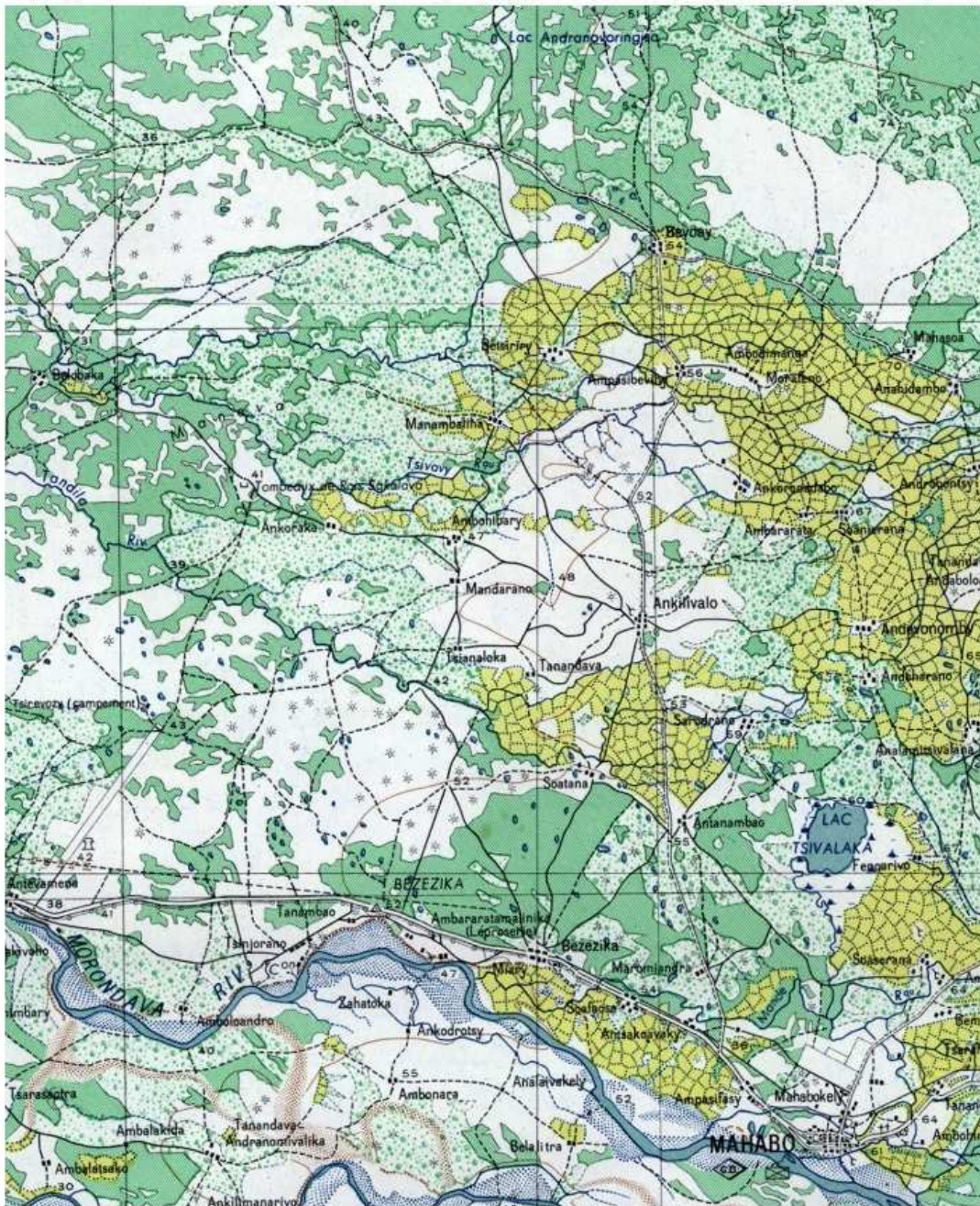
Calcul de la surface s'appliquant à la moyenne de la verticale  $x_i =$



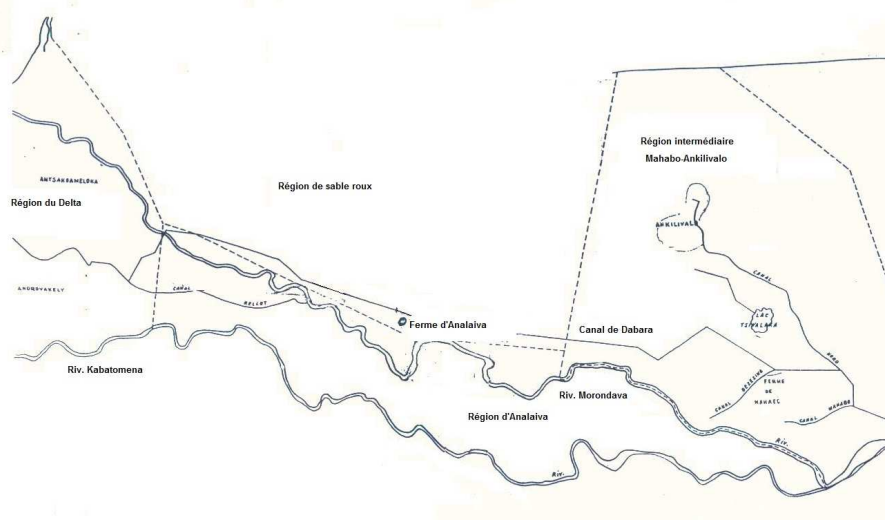
## **ANNEXE 3**

Annexe 3-a :	Carte géographique du périmètre Dabara
Annexe 3-b :	Réseau du Dabara
Annexe 3-c :	Canal Nord Dabara

Annexe 3-a : Carte géographique de la région du périmètre Dabara

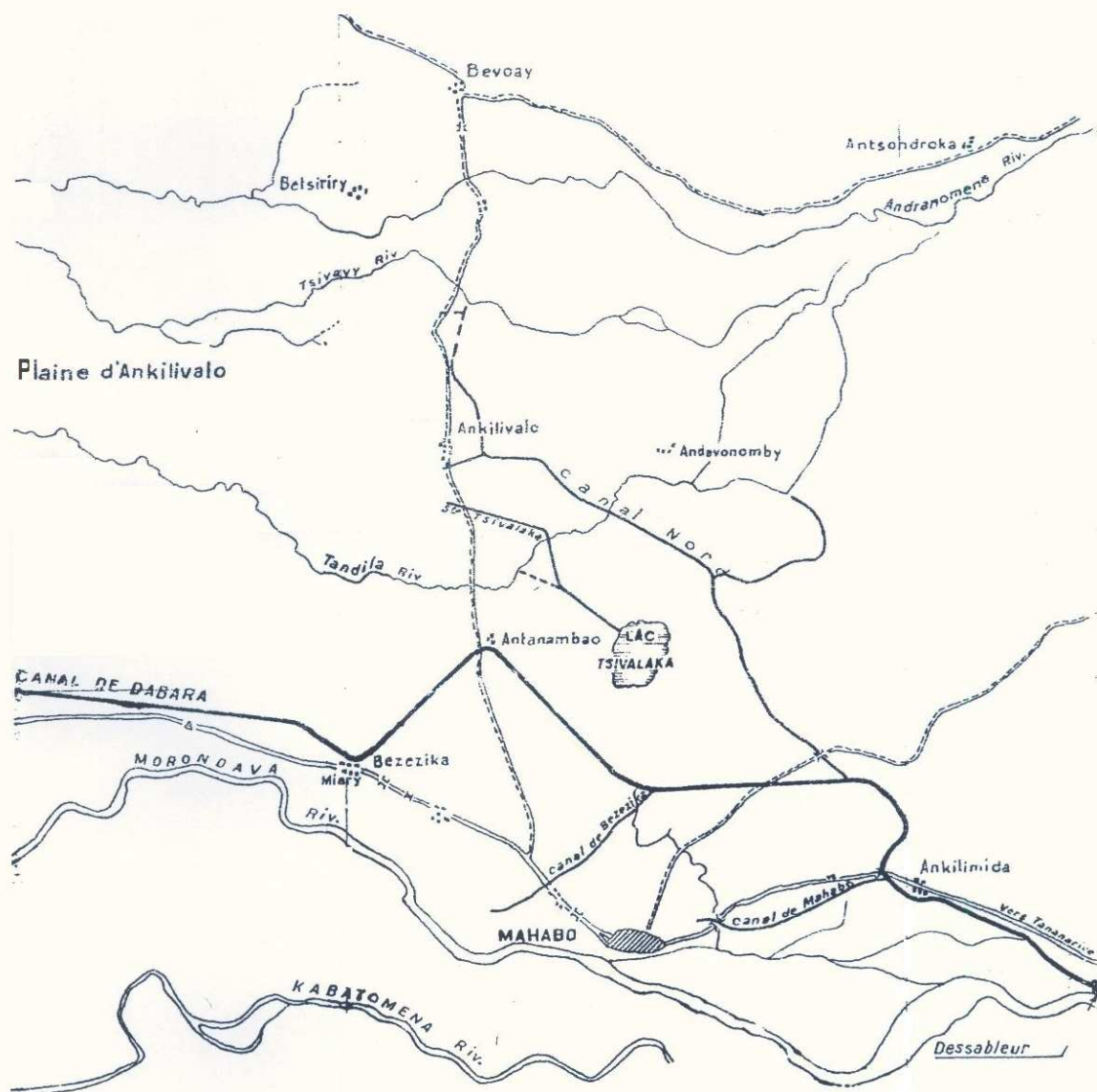


Annexe 3-a



**Annexe 3-b : Réseau du dabara**

Annexe 3-c : Canal Nord Dabara



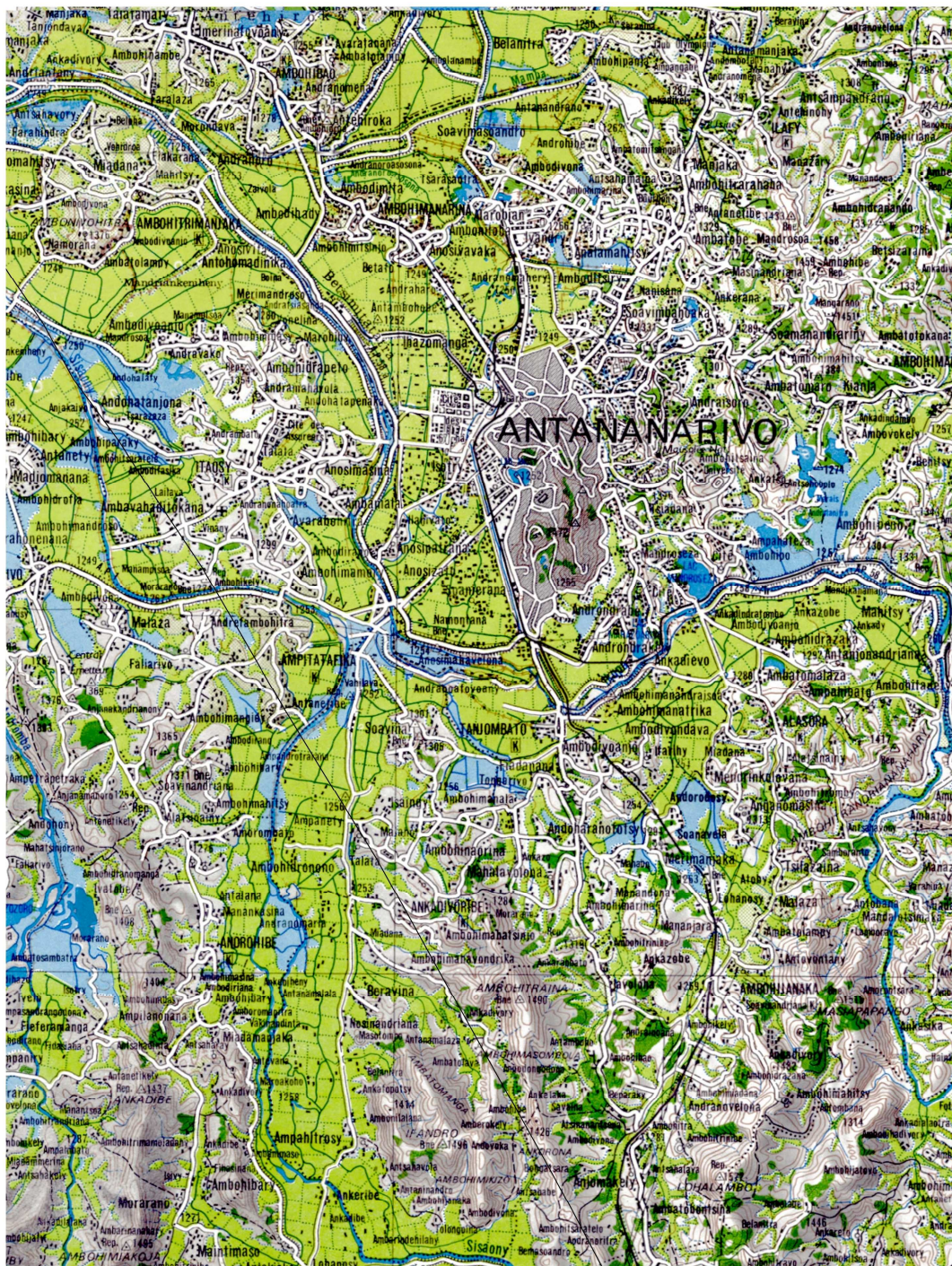
Annexe 3-c

## **ANNEXE 4**

Annexe 4-a :

Agglomérations et plaines  
d'Antananarivo

Annexe 4-a : Agglomérations et plaines d'Antananarivo



Annexe 4-a

## **ANNEXE 5**

Annexe 5-a :	Station Pluviométrique
Annexe 5-b :	Station Climatologique
Annexe 5-c :	Station Synoptique
Annexe 5-d :	Station Annexe
Annexe 5-e :	Les années d'existences des stations
Annexe 5-f :	Localisation des stations

**Annexe 5-a : STATION PLUVIOMETRIQUE (Années d'existences)**

N°	Station	District	Début	Fin
001	Alakamisy A/himaha	Fianarantsoa II	71	
002	Alakamisy	Fianarantsoa II	71	81
003	Alarobia Centre	Manjakandriana	34	82
004	Alarobia Mahasoabe	Fianarantsoa II	72	90
005	Alarobia TSF	Antananarivo I	39	82
006	Alatsinainy Bakaro	Andramasina	34	80
007	Alatsinainy Bekitapo	Arivonimamo	69	70
008	Albrand Phare	Sainte Marie	43	88
009	Ambahikily	Morombe	50	82
010	Ambahita	Bekily	59	87
011	Ambakireny	Tsaratanàna	50	70
012	Ambalabe	Amparafaravola	86	86
013	Ambalabe	Mahajanga II	49	75
014	Ambalabe (Somalac)	Ambatondrazaka	63	64
015	Ambalahoraka	Brickaville	38	60
016	Ambalajanakomby	Maevatanàna	50	81
017	Ambalamanga	Maintirano	58	69
018	Ambalamarina	Ankazoabo Sud	59	76
019	Ambalamisaony	Fianarantsoa II	50	75
020	Ambalatany	Farafangana	50	75
021	Ambalavao	Ambalavao	57	60
022	Ambalavao Centre	Atsimondrano	34	79
023	Ambalavao Sud	Ambalavao	35	
024	Ambaliha	Analalava	41	88
025	Ambanisarika	Ambovombe	60	83
026	Ambanja Usine	Ambanja	59	68
027	Ambararata	Ihosy	70	74
028	Ambato-Boeni ZP	Ambato-Boeni	57	60
029	Ambatofinandrahana ZP	Ambatofinandrahana	57	60
030	Ambatofotsy Gare	Atsimondrano	41	
031	Ambatolahy	Miandrivazo	41	81
032	Ambatolampy	Ambatondrazaka	49	68
033	Ambatomampy ZP	Ambatolampy	57	60
034	Ambatolaona	Manjakandriana	34	88
035	Ambatomafana	Amparafaravola	49	89
036	Ambatomainty	Ikalamavony	49	91
037	Ambatomasina	Ambato-Boeni	50	64
038	Ambatomitsangana	Andramasina	69	84
039	Ambatosoratra MLA	Ambatondrazaka	59	70
040	Ambatotsipihina	Antanifotsy	52	88
041	Ambatovola	Moramanga	71	71
042	Amborovy	Mahajanga	71	71
043	Ambatry	Betioky Sud	41	51
044	Ambila Fitcher	Manakara	39	73
045	Ambila Lemaitso	Brickaville	35	76
046	Ambilivily	Marovoay	65	75
047	Ambinany	Fort-Carnot	39	76
048	Amboanana	Arivonimamo	69	80
049	Amboanjobe	Ikongo	39	73
050	Amboasary	Moramanga	57	58
051	Moramanga ZP	Moramanga	57	77
052	Tolagnaro Sud	Tolagnaro	76	85
053	Ambodianjezoka	Andapa	50	74
054	Ambodiatafana	Brickaville	84	89
055	Ambodibonara	Ambilobe	70	72
056	Ambodimanga	Amparafaravola	85	88
057	Ambodimolaina	Brickaville	84	
058	Ambodifotatra	Sainte Marie	72	72
059	Ambodinifody	Moramanga	36	60
060	Ambodiriana	Toamasina II	66	69
061	Ambodivandrika	Vohibinany	41	87
062	Ambodivohitra	Bealanana	77	78
063	Ambohivary	Anjozorobe	50	88
064	Ambohivary II	Manjakandriana	69	83
065	Ambohidava	Arivonimamo	69	74
066	Ambohidena	Sainte Marie	72	72
067	Ambohidrabiby	Avaradrano	34	

N°	Station	District	Début	Fin
068	Ambohidratrimo	Ambohidratrimo	34	88
069	Ambohidray MLA	Moramanga	49	88
070	Ambohidrony	Ambatondrazaka	44	85
071	Ambohijanaka	Atsimondrano	35	89
072	Ambohimasina	Ambalavao	68	69
073	Ambohimahasoa	Ambohimahasoa	35	89
074	Ambohimahasoa ZP	Ambohimahasoa	57	60
075	Ambohimahatsara	Fandriana	68	71
076	Ambohimahavelona	ToliaryII	59	70
077	Ambohimandroso	Antanifotsy	49	80
078	Ambohimandroso	Antanifotsy	82	
079	Ambohimandroso	Atsimondrano	69	
080	Ambohimambola	Betafo	49	70
081	Ambohimandriana	Fandriana	68	71
082	Ambohimanga	Avaradrano	68	89
083	Ambohimangakely	Avaradrano	69	81
084	Ambohimanga Sud	Ifanadiana	49	81
085	Ambohimanjaka	Moramanga	35	60
086	Ambohimanjaka	Manjakandriana	69	74
087	Ambohimiadana	Andramasina	34	74
088	Ambohimandranona	Arivonimamo	34	88
089	Ambohipeno	Avaradrano	67	68
090	Ambohitrandriamanitra	Manjakandriana	55	88
091	Ambohitromby	Moramanga	79	83
092	Ambohitsara	Mananjary	51	76
093	Ambohikapika	Ambanja	59	68
094	Ambolomoty	Marovoay	65	73
095	Ambomanga	Andramasina	69	71
096	Ambondro	Ambovombe	50	90
097	Ambondroala	Amparafaravola	49	89
098	Ambondromifehy	Andramasina	65	65
099	Ambondrona	Amparafaravola	49	86
100	Ambondrona	Andramasina	34	83
101	Amboromalandy	Marovoay	65	75
102	Amborompotsy (ZP)	A/tofinandrahana	57	60
103	Amborompotsy (ZP)	Midongy	33	65
104	Ambovombe Ferme	Ambovombe	60	86
105	Ampamakia	Ambanja	38	84
106	Ampameo	Maintirano	61	69
107	Ampahanambo	Brickaville	85	
108	Ampanatavana	Manjakandriana	69	89
109	Ampanavoana	Antalaha	51	59
110	Ampanihy Feheza I	Ampanihy	59	80
111	Ampanihy Ouest ZP	Ampanihy	57	60
112	Ampanotokana	Mahabo	62	75
113	Amparafaravola	Amparafaravola	44	63
114	Ampandriana	Ambatolampy	49	53
115	Ampasimatera	Mampikony	50	64
116	Ampasimbe	Fenerive Est	43	71
117	Ampasimpolaka	Amboasary Sud	33	82
118	Ampasimpotsy	Moramanga	38	89
119	Ampasinambo	Nosy Varika	57	60
120	Ampasinambo	Nosy Varika	35	84
121	Ampasy	Ambanja	57	61
122	Ampijoroa	Ambato Boeni	70	84
123	Ampotaka	Ampanihy	58	73
124	Anakao	Betioky	50	71
125	Anaborano	Ambilobe	50	76
126	Analamarina	Ifanadiana	63	83
127	Anavoha	Ampanihy	60	67
128	Andaingo	Moramanga	61	89
129	Andapa-Ville	Andapa	35	67
130	Andapa-Vavantenina	Vavantenina	56	78
131	Andavakomby	Ambanja	59	65
132	Andekaleka	Vohibinany	35	
133	Andetsy	Amboasary Sud	52	78
134	Andevoranto	Vohibinany	50	79

135	Andilanatoby	Ambatondrazaka	49	71
136	Andimaka	Ambanja	57	83
137	Andoanjango	Mandritsara	66	68
138	Andohasakoa	Morombe	60	82
139	Andrafainkona	Vohémar	50	63
140	Andrafi	Nosy Be	57	80
141	Andrafiomena	Antsiranana II	38	58
142	Andramasina ZP	Andramasina	58	77
143	Andramasina	Andramasina	34	
144	Andrambovato	Ikongo	39	89
145	Andramosabe	Amparafaravola	44	86
146	Andranoboka	Mahajanga II	50	74
147	Andranofanjava	Antsiranana II	50	79
148	Andranolava	Sakaraha	59	73
149	Andranomanelatra	Antsirabe II	49	71
150	Andranomahitsy	Betioky	41	69
151	Andranomena	Amparafaravola	49	76
152	Andranonasia	Fandriana	68	69
153	Andranopary	Manjakandriana	52	68
154	Andranovaky	Ambohidratrimo	57	63
155	Andriambilany	Ambatolampy	41	89
156	Andriamboasary	Fianarantsoa	68	82
157	Andriamena	Tsaratana	35	66
158	Andriba Ecole	Maevatanana	11	87
159	Andrimbavontsina	Analalava	61	64
160	Androhibe	Antananarivo I	59	68
161	Androrangavola	Ifanadiana	61	68
162	Andzavibe	Ambanja	38	87
163	Angodongodona	Andramasina	69	
164	Anivorano Est	Brickaville	35	78
165	Anivorano Nord	Antsiranana II	35	76
166	Anjanaborona	Bealanana	49	82
167	Anjeva	Avaradrano	41	77
168	Anjiro	Moramanga	35	78
169	Anjozorobe ZP	Anjozorobe	57	60
170	Ankadimanga	Manjakandriana	34	89
171	Ankadinandriana	Atsimondrano	55	85
172	Ankaramena	Ambalavao	64	66
173	Ankarana	Farafangana	49	64
174	Ankaratra Auto	Ambatolampy	57	58
175	Ankarimbelo	Ikongo	49	62
176	Ankasakasa	Besalampy	50	74
177	Ankatafa	Ambanja	57	82
178	Ankazobe ZP	Ankazobe	57	83
179	Ankazomborona	Marovoay	67	74
180	Ankeribe	Ambohidratrimo	69	76
181	Ankeribe	Antsohihy	69	67
182	Ankiabe	Ambanja	57	83
183	Ankiabe	Bealanana	49	81
184	Ankiliabo	Manja	52	81
185	Ankilihily	Ambilobe	68	69
186	Ankilisarotra	Miandrivazo	35	50
187	Ankilizato	Mahabo	49	89
188	Ankily ZP	Ihosi	49	57
189	Ankily	Ihosi	67	89
190	Ankisatra	Maintirano	71	73
191	Ankivanja	Antsiranana II	35	77
192	Ankoririka	Amparafaravola	45	70
193	Anony	Amboasary Sud	58	79
194	Anoratsangana	Ambanja	50	77
195	Anosibe	Andramasina	55	88
196	Anosibe ZP	Anosibe An'Ala	57	60
197	Anosibe An'Ala	Anosibe An'Ala	45	85
198	Anororo	Amparafaravola	49	86
199	Anosiroa	Amparafaravola	49	86
200	Anoviara	Andapa	51	88
201	Antambohobe	Ivohibe	72	77
202	Antalaha Vanille	Antalaha	59	85

203	Antambolo	Arivonimamo	69	82
204	Antanamalaza	Avaradrano	34	71
205	Antanambao	Amparafaravola	49	83
206	Antanambe	Mananara Nord	43	82
207	Antanimitara	Antsiranana II	38	48
208	Antanandava	Brickaville	85	86
209	Antanetibe	Anjozorobe	50	83
210	Antanifotsy	Antanifotsy	52	82
211	Antanifotsy	Antanifotsy	57	60
212	Antanimainty	Manja	57	61
213	Antanimena TSF	Antananarivo I	34	66
214	Antanimenabaka	Andilamena	56	
215	Antanimeva	Morombe	59	71
216	Antaritarika	Tsihombe	60	76
217	Antelomita	Manjakandriana	41	88
218	Antelovololo	Ankazoabo Sud	64	67
219	Antenina	Soanierana Ivongo	57	75
220	Antete Sotrasum	Tolagnaro	60	67
221	Antindra	Sambava	49	64
222	Antofotra	Ambanja	57	81
223	Antohobato	Betioky	60	88
224	Antondabe	Midongy	49	83
225	Antongambato	Antsiranana II	57	68
226	Antonibe	Analalava	35	76
227	Antoribe	Andramasina	68	74
228	Antsahamarofoza	Avaradrano	68	73
229	Antsahampano	Nosy Be	59	68
230	Antsahampano	Antsiranana II	29	86
231	Antsahatanteraka	Andramasina	68	72
232	Antsalaka	Antsiranana II	53	83
233	Antsanitia	Mahajanga II	70	77
234	Antsarafidy	Miandrivazo	35	49
235	Antsatrana	Maevatanana	58	88
236	Antsampangrano	Ambatolampy	49	65
237	Antsenavolo	Mananjary	57	
238	Antsevabe	Ambatondrazaka	49	77
239	Antsiafabositra	Maevatanana	49	
240	Antsiamalahy	Ambanja	59	68
241	Antsirabe Ecole	Antsirabe	2	74
242	Antsirabe Nord	Vohémar	37	76
243	Antsohihy ZP	Antsohihy	57	80
244	Boanamary	Mahajanga II	49	80
245	Basibasy	Befandriana Nord	60	62
246	Bealanana ZP	Bealanana	57	60
247	Bealanana Ville	Bealanana	49	75
248	Beantsy	Toliary II	63	66
249	Bedidy	Tsaratana	57	80
250	Befanamy	Toliary II	38	69
251	Befandefa	Morombe	49	
252	Befandriana-Sud	Morombe	37	75
253	Befasy	Morondava	49	70
254	Befeta	Ambohimahasoa	71	85
255	Befotaka Nord	Analalava	55	80
256	Befotaka Sud	Midongy	38	79
257	Befotaka Bezaha	Betioky	59	69
258	Behenja	Ambatolampy	34	88
259	Bejofa	Ambanja	59	68
260	Bekaliha	Marovoay	50	55
261	Bekifafa	Ihosi	64	85
262	Bekipay	Mitsinjo	51	61
263	Bekitro	Bekily	59	79
264	Belambo	Ambatolampy	69	71
265	Belamoty	Betioky	60	85
266	Belanitra	Ambatolampy	57	58
267	Belindro	Bekily	59	70
268	Belo-sur-Mer	Morondava	49	77
269	Belobaka	Tsiroanomandidy	49	77
270	Bemangidy	Belo	43	68

271	Bemanonga	Morondava	71	80
272	Bemarivo	Beroroha	60	86
273	Bemasoandro	Fianarantsoa II	50	51
274	Bemelo	Toliary II	59	66
275	Bemonto	Antsalova	59	63
276	Benenitra	Benenitra	35	76
277	Bepoaha	Miandrivazo	58	66
278	Beraketa	Bekily	59	78
279	Beravina	Morafeno	50	76
280	Berenty	Ankazoabo Sud	48	86
281	Berevo	Maintirano	49	89
282	Belo-sur-Tsiribihina	Belo	35	73
283	Beroy	Ampanihy	60	89
284	Besakoa	Betioky	59	69
285	Betafo	Betafo	43	
286	Betafo JRAM	Betafo	71	73
287	Betafo ZP	Betafo	57	60
288	Betafo TB	Betafo	67	68
289	Betanatanana	Maintirano	50	89
290	Betioky Mandatsa	Toliary II	49	63
291	Betsiaka	Ambilobe	37	89
292	Betsipotika	Morondava	56	63
293	Betsohana	Mandoto	65	69
294	Bevala	Amboasary Sud	57	86
295	Bezaha	Betioky	61	70
296	Blevec Phare	Sainte Marie	43	84
297	Bodana	Ambatofinandrahana	49	59
298	Bosy	Morondava	49	74
299	Brickaville ZP	Vohibinany	57	60
300	Cap d'Ambre	Antsiranana II	37	81
301	Cap d'Est	Antalaha	36	85
302	Cap Mine	Antsiranana II	49	83
303	x	x		
304	Didy	Ambatondrazaka	35	89
305	Djangoa	Ambanja	57	61
306	Doany Andapa	Andapa	50	76
307	Ebelo	Amboasary Sud	55	74
308	Ebelo R.	Amboasary Sud	49	55
309	Efoetse	Betioky	57	73
310	Eminiminy	Tolagnaro	49	81
311	ESIRA	Ambovombe	35	67
312	Faliarivo	Ambohidratrimo	69	
313	Fanasana	Brickaville	35	83
314	Fandrandava	Fianarantsoa II	29	82
315	Fandriana ZP	Fandriana	57	60
316	Fanjahira	Tolagnaro	58	82
317	Fanovana	Moramanga	35	71
318	Farahantsana	Ambohidratrimo	69	
319	Faratsiho ZP	Faratsiho	57	60
320	Fatihita	Ifanadiana	60	83
321	Fénériver-Est	Fénériver-Est	31	82
322	Fénériver ZP	Fénériver-Est	57	60
323	Fénériver-Ouest	Fénériver-Est	34	65
324	Fenoarivo Sud	Ambalavao	50	86
325	Fenomby	Manakara	39	83
326	Fiadanana	Fandriana	52	66
327	Fieferana	Avaradrano	68	85
328	Fihaonana	Ankazobe	49	89
329	Fihasinana	Atsimondrano	35	85
330	Fort-Carnot	Fort-Carnot	57	60
331	Fotivolo	Ankazoabo Sud	57	81
332	Foulpointe	Toamasina II	43	78
333	Gaabes	Ambanja	59	68
334	Iakora	Ihosal	35	78
335	Iakora ZP	Ihosal	57	60
336	Ifanadiana	Ifanadiana	57	6
337	Ifarantsa	Tolagnaro	35	76
338	Ifotaka	Amboasary Sud	50	83

339	Ihadilalana	Ambositra	59	71
340	Ihoda	Ambovombe	60	68
341	Ihosal ZP	Ihosal	57	60
342	Ikalamavony	Ikalamavony	50	74
343	Ikalamavony ZP	Ikalamavony	57	60
344	Ilafy	Avaradrano	68	77
345	Ilaka Centre	Ambositra	44	74
346	Ilaka Est ZP	Vatomandry	57	75
347	Iles aux prunes	Toamasina II	50	88
348	Ilempona	Antanifotsy	49	81
349	Ilempona Echelle	Antanifotsy	67	72
350	Imanombo	Ambovombe	43	64
351	Imerimandroso	Amparafaravola	49	77
352	Imerintsiasosika	Arivonimamo	34	78
353	Imoty	Amboasary Sud	72	73
354	Ionilahy	Manakara	39	75
355	Isaka	Tolagnaro	35	86
356	Isoanala	Tolagnaro	43	
357	Isorajo	Toliary II	51	77
358	Isorana	Fianarantsoa II	71	80
359	Itampiana	Fianarantsoa II	71	73
360	Itampolo	Ampanihy	52	75
361	Ivato (La Hutte)	Ambohidratrimo	41	53
362	Ivohibe	Ivohibe	35	88
363	Ivohibe	Ivohibe	57	60
364	Joffre-Ville	Antsiranana II	49	55
365	Karianga	Vondrozo	35	64
366	Katsepy	Mitsinjo	36	83
367	Kelivondraka	Ihosal	49	
368	Kiangara	Ankazobe	36	82
369	Kiranomena	Miarinarivo	38	79
370	Lambanomena	Ihosal	69	81
371	La forêt	Moramanga	38	60
372	La Grille	Grande Comores	56	58
373	Lavaraty	Midongy	49	85
374	Lazaina	Avaradrano	69	84
375	Lazarivo	Ampanihy	60	61
376	Loharindava Junck	Brickaville	35	77
377	Lokinty	Sainte Marie	50	53
378	Lokombo	Manakara	56	78
379	Longozabe	Anosibe An'Ala	60	67
380	Londokomana	Tsaratana	35	48
381	Madiorano	Ikongo	39	79
382	Madiorano	Arivonimamo	69	73
383	Madiromiarina	Ambilobe	39	51
384	Mahabako	Manakara	39	73
385	Mahabe	Besalampy	50	89
386	Mahaboboka	Sakarah	69	89
387	Mahaitra	Fianarantsoa II	71	83
388	Mahadrodraka	Analava	51	80
389	Mahakary	Ambatondrazaka	49	82
390	Mahaly	Amboasary Sud	53	78
391	Mahanoro	Mahanoro	57	60
392	Mahasoa	Ihosal	50	86
393	Mahasolo	Tsiroanomandidy	57	74
394	Mahatalaky	Tolagnaro	49	69
395	Mahatsandry	Ampanihy	60	84
396	Mahatsara	Anjozorobe	61	68
397	Mahatsinjo	Maevatanana	38	78
398	Mahilaka	Ambanja	12	82
399	Mahitsy	Ambosi	34	88
400	Mahitsy CP	Ambohidratrimo	57	59
401	Malakialina	Ikalamavony	50	57
402	Mampikony	Ikalamavony	35	
403	Manakana	Vohémar	50	91
404	Manakara ZP	Manakara	57	60
405	Manambara	Tolagnaro	49	89
406	Manambato	Ambilobe	50	84

# **Annexe 5-b : Station climatologique**

**D** : Début d'installation de station ; **A** : Année d'installation des stations annexes ; **F** : Année où la station cesse de fonctionner

N°	Station	District	D	A	F
001	Ambavahadibe	Antsiranana II	33	33	68
002	Ambalabe	Bealanana	62	62	89
003	Ambalakindresy	Ambohimahasoa	57	57	57
004	Ambalakondro	Mananjary	33	33	77
005	Ambalamanasy II	Andapa	76	76	79
006	Ambalamarina	Ankazoabo	63	69	69
007	Ambanja	Ambanja	4	4	80
008	Ambanja IFCC	Ambanja	65	65	73
009	Ambararaka	Befandriana	53	53	84
010	Ambatobe	Tanà Renivohitra	56	56	82
011	Ambato-Boeni	Ambato-Boeni	36	36	79
012	Ambatofinandrahana	Ambatofinandrahana	35	61	
013	Ambatomainty	Ambatolampy	34	58	
014	Ambatomainty	Andramasina	80	80	89
015	Ambatomainty ORSTOM	Morafenobe	35	40	65
016	Ambatomanga	Tanà Renivohitra	73	73	75
017	Ambatomanoina	Manjakandriana	55	70	87
018	Ambatomika	Anjozorobe	73	73	73
019	Ambatondrazaka Ville	Amboasary	56	56	67
020	Ambodimanga	Ambatondrazaka	41	41	69
021	Ambodirano	Mampikony	63	62	65
022	Ambodimandresy	Moramanga	42	42	78
023	Ambodiroka	Toamasina II	66	66	66
024	Ambohibary	Maevatanàna	58	63	75
025	Ambohidrano Nord	Antsirabe	16	32	37
026	Ambohidray Analabe	Ambatolampy	58	55	75
027	Ambohijanahary	Moramanga	68	66	78
028	Ambohimahabibo	Amparafaravola	49	84	89
029	Ambohimandroso	Marovoay	70	69	85
030	Ambohimena	Ambalavao	55	55	85
031	Ambohimirivo	Ambanja	59	59	68
032	Ambohitraivo	Antsirabe	56	61	66
033	Ambongolava	Ambohidratrimo	62	62	
034	Amborovy Ifac	Amparafaravola	63	83	83
035	Ambositra Ecole	Mahajanga	65	65	66
036	ambovombe Ville	Ambositra	65	65	68
037	Ambovombe Cat	Ambovombe	3	32	86
038	Ambovombe PK7	Ambovombe	70	70	81
039	Ampahibe	Ambovombe	64	64	75
040	Ampamaherano	Ambatolampy	69	69	94
041	Ampandrandava	Fianarantsoa II	44	44	
042	Ampangabe	Bekily	38	38	68
043	Ampangabe	Ambohidratrimo	75	75	80
044	Ampangabe	Moramanga	42	42	63
045	Ampanihy Ouest	Ampanihy	28	32	90
046	Amparaky	Soavinandriana	50		
047	Amparihy Est	Vangaindrano	34	35	70
048	Ampasimpolaka	Amboasary	33	40	66
049	Ampatakamaroreny	Mandritsara	36	36	68
050	Ampefy-Seita	Miarinarivo	64	63	71
051	Ampokopoko	Tolagnaro	69	68	72
052	Ampotsehy	Ambilobe	37	37	46
053	Analakanto	Moramanga	77	77	88
054	Analamazaotra	Moramanga	28	32	
055	Analameva	Moramanga	77	77	88
056	Anarafahy	Amboasary	52	57	73
057	Andanona	Manjakandriana	62	62	63
058	Andemaka	Vohipeno	38	38	74
117	Betampona	Antsirabe	68	68	74
118	Betangirika	Mahajanga II	66	66	75
119	Betanimena	Toliary II	34	34	78
120	Betioky	Betioky	17	33	

N°	Station	District	D	A	F
059	Andilamena	Andilamena	34	54	88
060	Andranobe	Amparafaravola	63	63	79
061	Andranomanitsy	Befandriana	69	68	73
062	Andranomody	Ambositra	70	69	76
063	Andranovory	Toliary II	60	70	74
064	Andriba Forêt	Maevatanàna	70	70	81
065	Androka	Ampanihy	33	33	83
066	Angavokely	Manjakandriana	44	44	
067	Anjozorobe	Anjozorobe	35	61	90
068	Ankadiondry	Tsiroanomandidy	53	53	82
069	Ankadirano	Ampanihy	60	60	65
070	Ankavandra	Miandrivazo	28	33	69
071	Ankilimadinika	Toliary	60	60	63
072	Ankaraobato	Toliary II	60	61	89
073	Ankazoabo	Ankazoabo	11	32	
074	Ankazobe	Ankazobe	0	31	
075	Ankazomiriotra	Betafo	60	60	67
076	Ankililaoka	Toliary II	86	86	97
077	Ankilivalo	Mahabo	62	68	77
078	Ankily "Antiacridien"	Mahabo	62	68	77
079	Ankivanja	Antsiranana II	66	66	69
080	Ankorahotra	Moramanga	79	79	82
081	Ankorombe	Ambositra	1	32	
082	Anosibe	Andramasina	35	32	68
083	Antanifotsy	Ambalavao	56	56	91
084	Antanimora Forêt	Ambovombe	57	57	86
085	Antanimora Ville	Ambovombe	33	33	66
086	Antaratasy	Betioky	49	49	50
087	Antevamena	Morondava	71	71	76
088	Antokazo	Ambatondrazaka	39	39	74
089	Antoremba	Ambanja	52	52	58
090	Antsakabary	Befandriana	35	35	66
091	Antsalova	Antsalova	34	61	72
092	Antsampsandrano	Antsirabe	52	52	80
093	Antsapazana	Moramanga	86	86	
094	Antsatrana	Maevatanàna	58	72	80
095	Antsely	Ambalavao	76	76	79
096	Antsimimbondro	Ambilobe	22	55	
097	Antsirabe Ecole	Antsirabe	32	32	67
098	Antsirabe Lycée	Antsirabe	65	65	70
099	Antsirabe Pépinière	Antsirabe	32	32	72
100	Antsovelo (Lac Anony)	Amboasary	56	56	64
101	Banian	Manja	55	55	56
102	Befandriana	Befandriana	22	24	67
103	Befandriana Sud	Morombe	38	86	88
104	Beforona	Moramanga	73	73	85
105	Beraha	Amboasary	33	33	79
106	Bekily	Bekily	33	33	
107	Bekodoka	Besalampy	28	34	68
108	Belo	Belo	35	35	89
109	Beloha	Beloha	32	32	
110	Bemolanga	Morafenobe	80	80	83
111	Benenitra	Benenitra	35	40	68
112	Bemangidy	Belo	65	65	67
113	Beroboka	Mahajanga	50	50	54
114	Beronono	Marovoay	42	42	46
115	Beroroha	Beroroha	34	40	75
116	Betainkankana	Belananana	34	34	89
177	Maroantsetra Ville	Maroantsetra	1	31	72
178	Marofarihy	Manakara	57	57	
179	Marohazo	Mahajanga	49	70	81
180	Marolambo	Marolambo	35	35	82

121	Betomba	Belo	36	36	65
122	Betroka	Betroka	11	32	75
123	Bezaha	Betioky	42	42	89
124	Bezaha Fofifa	Betioky	76	76	78
125	Brickaville	Brickaville	35	53	
126	Didy	Ambatondrazaka	21	74	88
127	Dzamazdar	Nosy Be	51	51	
128	Edjeda	Ampanihy	42	60	
129	Faharetana	Arivonimamo	74	74	83
130	Fanandrana	Toamasina II	66	66	69
131	Fandriana	Fandriana	52	52	
132	Faratsiho	Faratsiho	12	32	80
133	Fénérive-Est	Fénérive-Est	31	31	69
134	Fianarantsoa	Fianarantsoa II	64	64	70
135	Fokakara	Morafenobe	37	43	52
136	Fort-Carnot	Ikongo	35	61	63
137	Fotadrevo	Toliary II	60	60	76
138	Gogogogo	Ampanihy	60	60	68
139	Talatsara	Ambohimahasoa	44	53	89
140	Tamborano	Vatomandry	71	71	82
141	Ifanadiana	Ifanadiana	12	32	86
142	Ifanja	Miarinarivo	86	86	89
143	Ihosy	Ihosy	1	32	
144	Ijely	Miarinarivo	65	65	73
145	Ilaka	Vatomandry	63	63	
146	Institut Pasteur	Tanà Renivohitra	52	52	55
147	Isalo	Miandrivazo	37	37	80
148	Ivoloina	Toamasina II	1	31	
149	Kandreho	Kandreho	28	33	80
150	Kianjasoa	Tsiroanomandidy	44	59	75
151	Kianjavato	Mananjary	55	55	
152	Lakera	Fianarantsoa	77	77	85
153	Laniera	Tanà Renivohitra	81	81	83
154	Le Myre de Villers	Tanà Renivohitra	49	49	49
155	Madirokely CEAMP	Marovoay	68	68	72
156	Madirovalo	Marovoay	68	68	72
157	Mahajamba	Mahajanga II	27	34	72
158	Mahabo	Mahabo	43	50	89
159	Mahabo	Fianarantsoa	37	37	45
160	Malambandy	Mahabo	34	40	82
161	Malakialina	Fianarantsoa	50	50	50
162	Manandriana	Bealanana	40	40	52
163	Mangaroa	X	52	52	58
164	Manakambahiny	Ambatondrazaka	41	41	80
165	Manankazo	Ankazobe	48	54	83
166	Manankazo CTFT	Ankazobe	64	64	89
167	Mandiaratsy	Fianarantsoa II	77	77	89
168	Mandraka	Manjakandriana	35	54	84
169	Mangidrano	Bealanana	34	34	68
170	Mangoro Peupliers	Moramanga	69	69	89
171	Manja	Morondava	35	52	69
172	Manjakatombo	Ambatolampy	34	49	84
173	Manomboka	Morombe	60	60	68
174	Mantasoa	Manjakandriana	34	47	85
175	Marais d'Ambila	Manatsara	67	67	68
176	Maroangaty	Ivohibe	73	73	83
181	Marolinta	Ambovombe	35	35	76
182	Marololo	Ambatondrazaka	51	51	73
183	Maromamy	Brickaville	84	84	
184	Marotandrano	Mandritsara	35	35	68
185	Marovitsika	Moramanga	38	38	83
186	Matsondakana	Bealanana	38	50	63
187	Miandrivazo	Miandrivazo	13	33	
188	Miarinarivo Itasy	Miarinarivo	39	59	81
189	Midongy	Midongy Sud	11	32	68
190	Mitsinjo	Mitsinjo	49	54	66
191	Morafenobe	Morafenobe	33	33	77
192	Namakia	Mitsinjo	56	56	89
193	Namakia	Tolagnaro	35	37	82
194	Nanisana	Tanà Renivohitra	1	42	83
195	Nanokely	FAratsiho	38	38	81
196	Nosybe Oceano	Nosy Be	58	58	59
197	Perinet	Moramanga	63	63	74
198	Port-Berger	Boriziny	29	35	62
199	Ramena	Antsiranana II	66	66	68
200	Ranopiso Usine	Tolagnaro	71	71	73
201	Ranotsara Nord	Iakora	71	73	83
202	Rendrirendry	Toamasina II	41	41	88
203	Roussette	Antsiranana II	37	39	75
204	Ste Anne	Fandriana	62	62	63
205	Ste Luce	Toliary II	54	54	61
206	Sakaraah	Sakaraah	52	52	87
207	Sakaraah Ville	Sakaraah	34	34	68
208	Sakaramy	Antsiranana II	58	58	62
209	Samontalahy	Toliary II	63	63	65
210	Sampona	Amboasary	62	62	69
211	Soalala	Soalala	28	33	81
212	Soanierana Ivongo	Soanierana	32	32	68
213	Soanindrariny	Antsirabe II	49	49	68
214	Soavina	Ambatofinandrahana	59	59	68
215	Soavinandriana Itasy	Soavinandriana	14	32	81
216	Talata Volonondry	Avaradrano	72	72	75
217	Tambohorano	Maintirano	27	33	78
218	Tanandava Samangoky	Morombe	53	53	74
219	Tanandava IRCT	Morombe	64	64	76
220	Tolongoina	Ambalavao	74	74	81
221	Tranoroa	Beloha	33	33	86
222	Tsaramandroso	Ambato-Boeni	67	67	72
223	Tsaramandroso	Ambato-Boeni	42	42	77
224	Tsaratanàna	Tsaratanàna	28	35	65
225	Tsiafahy	Atsimondrano	69	69	74
226	Tsiazompaniry	Andramasina	54	54	73
227	Tsihombe	Tsihombe	25	32	68
228	Tsimbazaza	Tanà Renivohitra	36	41	89
229	Tsinjoarivo	Ambatolampy	21	32	
230	Tsiroanomandidy	Tsiroanomandidy	66	66	67
231	Tsiroanomandidy	Tsiroanomandidy	33	40	89
232	Tsivory	Amboasary	3	32	67
233	Vilanandro	Soalala	42	42	68
234	Vinaninkarena	Antsirabe II	69	69	72
235	Vinesta SMC	Sakaraah	52	52	67
236	Vohidiala	Ambatondrazaka	39	39	

**Annexe 5-c : Station synoptique**

N°	Stations	Fivondronana	Début d'installation de la station
01	Ambohitsilaozana	Ambatondrazaka	1928
02	Analalava-Aéroport	Analalava	1901
03	Andapa-Aéroport	Andapa	1935
04	Ambatoratsy-Radar	Antalaha	1905
05	Antananarivo-Ëscm	Antananarivo	1938
06	Antsirabe-Aéropor	Antsirabe	1957
07	Antsohihy	Antsohihy	1928
08	Antsiranana-Aéroport	Antsiranana	1901
09	Besalampy-Aéroport	Besalampy	1928
10	Farafangana-Aéroport	Farafangana	1902
11	Fascène Nosy Be	Nosy Be	1901
12	Faux-Cap Tsihombe	Tsihombe	1933
13	Fianarantsoa-Aéroport	Fianarantsoa	1902
14	Ivato-Aéroport	Ambohidratrimo	1941
15	Maevatanàna Météo	Maevatanàna	1901
16	Mahajanga-Aéroport	Mahajanga	1897
17	Mahanoro-Aéroport	Mahanoro	1903
18	Maintirano-Aéroport	Maintirano	1903
19	Mananjary-Aéroport	Mananjary	1901
20	Morombe-Aéroport	Morombe	1925
21	Morondava-Aéroport	Morondava	1901
22	Ranohira Météo	Ihosa	1935
23	Sainte Marie-Aéroport	Sainte-Marie	1922
24	Sambava-Aéroport	Sambava	1930
25	Toamasina-Aéroport	Toamasina	1898
26	Tolagnaro-Aéroport	Tolagnaro	1903
27	Toliary-Aéroport	Toliary	1904
28	Vohémar-Aéroport	Vohémar	1907
29	Arivonimamo	Arivonimamo	1902

**Annexe 5-d : Station Annexe**

N°	Stations	District	Début d'installatio n de station pluviométriq ue	Année d'installation des stations annexes	Année où la stationn cesse de fonctionner
01	Ambatondrazaka	Ambatondrazaka	59	59	88
02	Ambilobe	Ambilobe	11	11	83
03	Cap Masoala	Maroantsetra	57	57	80
04	Manakara	Manakara	28	31	91
05	Manakara Nord	Mananara Nord	35	41	91
06	Mandritsara	Mandritsara	1	33	77
07	Maroantsetra	Maroantsetra	31	59	84
08	Miandrivazo-Aéroport	Miandrivazo	69	73	73
09	Moramanga	Moramanga	27	32	
10	Nosy Varika	Nosy Varika	28	32	83
11	Tsaratanàna	Tsaratanàna	28	65	87
12	Vatomandry	Vatomandry	1	31	77

**Annexe 5-e: Les années d'existences des stations hydrologiques**

N°	Station	Bassin	Rivière	Début d'installation de station	Année où la station cesse de fonctionner
001	Fatihita	Mananjary	Ivoanana	83	87
002	Tsiandava	Morondava	Morondava	69	
003	Dabara	Morondava	Morondava	52	70
004	Andranomena	Morondava	Andranomena	80	83
005	Site Barrage	Morondava	Betsiboka	80	83
006	Migodo Barrage	Morondava	Sakamaly	71	83
007	Anosizato	Betsiboka	Ikopa		
008	Dabara Pont	Morondava	Morondava	71	93
009	Dabara Canal	Morondava	Morondava	81	90
010	Ambatofotsy PK 22	Betsiboka	Sisaony	32	74
				75	97
011	Pont Route d'Arivonimamo	Betsiboka	Andromba	33	39
				40	74
				75	98
012	Behenjy	Betsiboka	Andromba	63	98
013	Anosizato	Betsiboka	Ikopa	32	39
				40	74
				75	98
014	Bevomanga Av.	Betsiboka	Ikopa	48	69
				70	89
015	Andramasina	Betsiboka	Sisaony	33	59
				60	60
				76	75
016	Ambohimambola	Betsiboka	Ikopa	63	94
017	Sahanivotry	Tsiribihina	Manandona	80	90
018	Ampangabe	Mangoro	Mangoro	91	93
019	Anosizato	Mangoro	Mangoro	32	97
020	Tsiazompaniry	Betsiboka	Varahina Sud	49	64
021	RN4 Pont	Betsiboka	Andranomandevy	80	83
022	Niakotsorano	Betsiboka	Katsaoka	63	64
				65	89
023	Pont d'Arivonimamo	Betsiboka	Katsaoka	63	64
024	Anjozorobe	Betsiboka	Mananara	84	87
025	Anjozorobe Mangamila	Betsiboka	Ambodiriana	84	87
026	Ambilivily Canal	Betsiboka	Ambilivily	81	83
027	RN4	Betsiboka	Ampijoroa	81	83
028	Manandriana	Betsiboka	Manandriana Nord	51	55
029	Ambohimahasoa	Betsiboka	Manandriana Nord	79	80
030	Antanimasaka Nord	Betsiboka	Iombifotsy	79	80
031	Ambatomafana	Betsiboka	Ambatomafana	79	80
032	Antsahalava	Betsiboka	Antsahalava	79	80
033	Antambolo Marais	Betsiboka	Antsangatsanga	79	80
034	Androvakely Amont	Betsiboka	Soamanarivo	66	89
035	Androvakely Aval	Betsiboka	Soamanarivo	54	60
036	Androvakely Limn	Betsiboka	Soamanarivo	54	60
037	Ambohidrano	Betsiboka	Tafaina	55	62
038	Bassin Nord BVE	Betsiboka	Ambatointy	72	72
039	Bassin Nord BVE	Betsiboka	Ambatointy	72	76
040	Bassin Sud BVR	Betsiboka	Ambatointy	72	76
041	Ambatofotsy PK 22	Betsiboka	Sisaony	86	94
042	Faliarivo Ampangabe	Betsiboka	Sisaony	66	90
043	Banian RD Aval	Mangoky	Mangoky	54	65
044	Banian RD Amont	Mangoky	Mangoky	57	65
045	Beroroha	Mangoky	Mangoky	61	62
046	Beroroha	Mangoky	Mangoky	63	69
047	Androva	Betsiboka	Betsiboka	48	52
048	Andohavato	Betsiboka	Ikopa	79	93
049	Ambohimambola	Betsiboka	Ikopa	56	72
050	Ambohimambola	Betsiboka	Ikopa	73	90
051	Ambohitrimimerina	Betsiboka	Ikopa	52	67
052	Ambohitrimimerina	Betsiboka	Ikopa	68	73
053	Anosimpary	Betsiboka	Ikopa	52	73

**Annexe 5-e: Les années d'existences des stations hydrologiques**

N°	Station	Bassin	Rivière	Début d'installation de station	Année où la station cesse de fonctionner
001	Fatihita	Mananjary	Ivoanana	83	87
002	Tsiandava	Morondava	Morondava	69	
003	Dabara	Morondava	Morondava	52	70
004	Andranomena	Morondava	Andranomena	80	83
005	Site Barrage	Morondava	Betsiboka	80	83
006	Migodo Barrage	Morondava	Sakamaly	71	83
007	Anosizato	Betsiboka	Ikopa		
008	Dabara Pont	Morondava	Morondava	71	93
009	Dabara Canal	Morondava	Morondava	81	90
010	Ambatofotsy PK 22	Betsiboka	Sisaony	32	74
				75	97
011	Pont Route d'Arivonimamo	Betsiboka	Andromba	33	39
				40	74
				75	98
012	Behenja	Betsiboka	Andromba	63	98
013	Anosizato	Betsiboka	Ikopa	32	39
				40	74
				75	98
014	Bevomanga Av.	Betsiboka	Ikopa	48	69
				70	89
015	Andramasina	Betsiboka	Sisaony	33	59
				60	60
				76	75
016	Ambohimambola	Betsiboka	Ikopa	63	94
017	Sahanivotry	Tsiribihina	Manandona	80	90
018	Ampangabe	Mangoro	Mangoro	91	93
019	Anosizato	Mangoro	Mangoro	32	97
020	Tsiazompaniry	Betsiboka	Varahina Sud	49	64
021	RN4 Pont	Betsiboka	Andranomandevy	80	83
022	Niakotsorano	Betsiboka	Katsaoka	63	64
				65	89
023	Pont d'Arivonimamo	Betsiboka	Katsaoka	63	64
024	Anjozorobe	Betsiboka	Mananara	84	87
025	Anjozorobe Mangamila	Betsiboka	Ambodiriana	84	87
026	Ambilivily Canal	Betsiboka	Ambilivily	81	83
027	RN4	Betsiboka	Ampijoroa	81	83
028	Manandriana	Betsiboka	Manandriana Nord	51	55
029	Ambohimahasoa	Betsiboka	Manandriana Nord	79	80
030	Antanimasaka Nord	Betsiboka	Iombifotsy	79	80
031	Ambatomafana	Betsiboka	Ambatomafana	79	80
032	Antsahalava	Betsiboka	Antsahalava	79	80
033	Antambolo Marais	Betsiboka	Antsangatsanga	79	80
034	Androvakely Amont	Betsiboka	Soamanarivo	66	89
035	Androvakely Aval	Betsiboka	Soamanarivo	54	60
036	Androvakely Limn	Betsiboka	Soamanarivo	54	60
037	Ambohidrano	Betsiboka	Tafaina	55	62
038	Bassin Nord BVE	Betsiboka	Ambatomainty	72	72
039	Bassin Nord BVE	Betsiboka	Ambatomainty	72	76
040	Bassin Sud BVR	Betsiboka	Ambatomainty	72	76
041	Ambatofotsy PK 22	Betsiboka	Sisaony	86	94
042	Faliarivo Ampangabe	Betsiboka	Sisaony	66	90
043	Banian RD Aval	Mangoky	Mangoky	54	65
044	Banian RD Amont	Mangoky	Mangoky	57	65
045	Beroroha	Mangoky	Mangoky	61	62
046	Beroroha	Mangoky	Mangoky	63	69
047	Androva	Betsiboka	Betsiboka	48	52
048	Andohavato	Betsiboka	Ikopa	79	93
049	Ambohimambola	Betsiboka	Ikopa	56	72
050	Ambohimambola	Betsiboka	Ikopa	73	90
051	Ambohitrinimerina	Betsiboka	Ikopa	52	67
052	Ambohitrinimerina	Betsiboka	Ikopa	68	73
053	Anosimpari	Betsiboka	Ikopa	52	73

054	Anosizato	Betsiboka	Ikopa	32	74
055	Anosizato	Betsiboka	Ikopa	75	89
056	Amboasary Sud	Mandrare	Mandrare	51	86
057	Andabolava Sud Amont	Mandrare	Mandrare	49	83
058	Andabolava Sud Amont	Mandrare	Mandrare	84	90
059	Andabolava Sud Aval	Mandrare	Mandrare	67	91
060	Andetsy	Mandrare	Mandrare	50	78
061	Ampasimpolaka	Mandrare	Mandrare	73	76
062	Ampasimpolaka	Mandrare	Mandrare	77	
063	Ifotaka (Ampaipaika)	Mandrare	Mandrare	53	78
064	Ifotaka (Ampaipaika)	Mandrare	Mandrare	79	87
065	Berenty	Mandrare	Mandrare	74	85
066	Ambia	Mandrare	Tsivory	74	85
067	Marotsiraka	Mandrare	Andratina	60	
068	Marotsiraka	Mandrare	Andratina	61	83
069	Beraketa Riv Amont	Mandrare	Mananara	73	78
070	Beraketa Riv Amont	Mandrare	Mananara	79	93
071	Bevia	Mandrare	Mananara	51	69
072	Bevia	Mandrare	Mananara	70	74
073	Amboasary Est	Mandrare	Besaly	60	87
074	Amboasary Est	Mandrare	Besaly	88	93
075	Bekily	Menarandra	Menarandra	63	82
076	Lovikarivo	Menarandra	Menarandra	52	60
077	Tranoroa	Menarandra	Menarandra	51	74
078	Tranoroa	Menarandra	Menarandra	75	92
079	Andriambe	Menarandra	Menakompy	67	81
080	Andriambe	Menarandra	Menakompy	82	88
081	Behompy	Fiherenana	Fiherenana	81	84
082	Behompy Microcentral	Fiherenana	Ranofotsy	59	
083	Manaboboka	Fiherenana	Fiherenana	52	59
084	Nosiarivo (Pont Route)	Fiherenana	Fiherenana	81	83
085	Brickaville (Vohimbinany)	Rianila	Rianila	51	63
086	Vohimbinany	Rianila	Rianila	64	94
087	Au Bac Fetraomby	Rianila	Rianila	64	66
088	Au Bac Fetraomby	Rianila	Rianila	67	87
089	Au Bac d'Ampitabe	Rianila	Taroka	64	76
090	Au Bac d'Ampitabe	Rianila	Taroka	77	94
091	Ambinaninony	Rianila	Rongaronga	64	79
092	Ambinaninony	Rianila	Rongaronga	80	89
093	Andekaleka Aval	Rianila	Vohitra	64	80
094	Andekaleka Aval	Rianila	Vohitra	81	94
095	Ankorahotra	Rianila	Vohitra	77	82
096	Rogez	Rianila	Vohitra	8	4
097	Rogez	Rianila	Vohitra	5	45
098	Rogez	Rianila	Vohitra	46	89
099	Sahanomana	Rianila	Vohitra	77	79
100	Mangadihady	Rianila	Fanafana	77	79
101	Ampatakama	Rianila	Ranofotsy	77	82
102	Sahanomana	Rianila	Sahanomana	77	
103	Sahanomana	Rianila	Sahanomana	78	79
104	Antsindra	Mananjary	Mananjary	55	86
105	Antsindra	Mananjary	Mananjary	87	90
106	Fatihita	Mananjary	Ivoanana	56	82
107	Andromba	Maningory	Maningory	73	87
108	Andilamena Canal	Maningory	Sandratsiho	80	87
109	Bar Ambodivato	Maningory	Sandratsiho	82	84
110	Bar Ambodivato	Maningory	Sandratsiho	85	87
111	Bar Ambodivato	Maningory	Sandratsiho	85	87
112	Antsiradava	Maningory	Anosibelaza	80	
113	Ambohiboanjo Canal Rive Droite	Maningory	Anony	73	81
114	Ambohiboanjo Canal Rive Droite	Maningory	Anony	82	87
115	Ambohiboanjo	Maningory	Anony	73	87

116	Ambohiboanjo	Maningory	Anony	73	81
117	Ambohiboanjo Déversion Seuil	Maningory	Anony	82	87
118	Betenina	Maningory	Anony	85	87
119	Radier Amparamanina (Seuil)	Maningory	Collecteur Nord	77	79
120	Aval Radier Amparamanina	Maningory	Collecteur Nord	76	
121	Aval Amparamanina au Parshall	Maningory	Collecteur Nord	77	79
122	Ambohimandroso Deversoir Seuil	Maningory	Imamba	76	87
123	Ambohimandroso Canal Rive	Maningory	Imamba	76	79
124	Ambohimandroso Canal Rive	Maningory	Imamba	80	87
125	Ambohimandroso Canal Rive	Maningory	Imamba	76	87
126	Vohidiala Canal Rive Gauche	Maningory	Ivavaka	76	79
127	Vohidiala Canal Rive Gauche	Maningory	Ivavaka	80	87
128	Vohidiala Déversoir	Maningory	Ivavaka	76	87
129	Ambalamirahona	Maningory	Ivavaka	84	87
130	Ambodinononka Marovoay Aval	Maningory	Lovoka	76	80
131	Andilanatoby	Maningory	Ranofotsy	77	86
132	Pont RN 44 A Ranofotsy	Maningory	Ranofotsy	87	
133	Betambako	Maningory	Sahabe	76	87
134	Ambatofotsy Marais	Maningory	Sahabe	76	79
135	Sahamaloto Déversoir	Maningory	Sahamaloto	78	79
136	Sahamaloto Déversoir	Maningory	Sahamaloto	80	87
137	Sahamaloto Canal RG	Maningory	Sahamaloto	76	87
138	Sahamaloto Canal Central	Maningory	Sahamaloto	76	79
139	Sahamaloto Canal Central	Maningory	Sahamaloto	80	87
140	Sahamaloto Canal RD	Maningory	Sahamaloto	76	87
141	Sahamaloto ECH Amont	Maningory	Sahamaloto	55	57
142	Maheriaka	Maningory	Sahamilahy	80	87
143	Voie Ferrée	Maningory	Sasomangana	79	85
144	Amont Voie Ferrée	Maningory	Sasomangana	85	87
145	Ambohiboromanga Déversoir	Maningory	Sasomangana	87	
146	Antanifotsy Canal	Maningory	Sasomangana	75	87
147	Antanifotsy Déversoir	Maningory	Sasomangana	76	84
148	Antanifotsy Déversoir	Maningory	Sasomangana	85	87
149	Antanifotsy Retenue	Maningory	Sasomangana	48	88
150	Amparamanina Prise	Maningory	P.C. 23 Nord	77	87
151	Amparamanina Prise	Maningory	P.C. 23 Nord	77	87
152	Prise d'Amparamanina ou Prise	Maningory	P.C. 23 Nord	77	
153	Prise d'Amparamanina ou Prise	Maningory	P.C. 23 Nord	78	87
154	PC 23 Prise Canal P1	Maningory	Sahamilahy	76	87
155	Ambatosoratra	Maningory	Contrôle LAC	76	77
156	Ambatosoratra	Maningory	Contrôle LAC	78	79
157	Andilamena Sud	Maningory	Contrôle Marais	76	79
158	Ejeda	Linta	Linta	51	88
159	Ambohisankakely (Aval Antete)	Maevarano	Maevarano	55	70
160	Ambohivohitra Amont	Maevarano	Maevarano Kely	55	66
161	Ambohivohitra Aval	Maevarano	Maevarano Be	54	90
162	Antelopolo	Maevarano	Maevarano	73	76
163	Ambatosia	Maevarano	Maevarano	75	
164	Beroitra Aval	Maevarano	Maevarano	75	
165	Antafiandakana (Beroitra AMT)	Maevarano	Maevarano	75	76
166	Mangindrano	Maevarano	Maevarano	74	76
167	Ambodiampana (AFL Maevarano)	Maevarano	Antsahalava	75	
168	Ambatoria 1	Maevarano	Antsamaka	75	80
169	Betainkankana (Andriana)	Maevarano	Bealanankely	73	75
170	Betainkankana (Andriana)	Maevarano	Bealanankely	76	
171	Beandrarezona	Maevarano	Beandrarezona	80	83
172	Ambinaninandro	Maevarano	Bealanana	75	76
173	Tsihombe	Manambovo	Manambovo	56	61
174	Tsihombe	Manambovo	Manambovo	62	89
175	Mahasoabe (Andemaka)	Matitanana	Matitanana	69	74
176	Mahasoabe (Andemaka)	Matitanana	Matitanana	75	89
177	Mahasoabe (Vohipeno)	Matitanana	Masoandro	68	71

178	Vohindava	Matitanana	Masoandro	68	71
179	Vohitrambo	Matitanana	Longoza	68	71
180	Matitanana Confl. (Vohipeno)	Matitanana	Manandriana Nord	68	71
181	Marovato	Tsinjomorona	Tsinjomorona	80	83
182	Ankobakobaka	Tsinjomorona	Tsinjomorona	68	90
183	Ambararata	Tsinjomorona	Anjingo	68	70
184	Ambohimanga RN 32	Tsinjomorona	Ankazambo	68	70
185	Au Bac de Mazavalala Amont	Manampatrana	Manampatrana	68	88
186	Au Bac de Mazavalala Aval	Manampatrana	Manampatrana	68	79
187	Ambodilazana	Ivondro	Ivondro	64	71
188	Au Bac de Ringaringa	Ivondro	Ivondro	52	54
189	Au Bac de Ringaringa	Ivondro	Ivondro	55	91
190	Au Bac de Ringaringa	Ivondro	Ivondro	92	94
191	Ambodifano Inf ou Aval	Ivondro	Ivondro	59	80
192	Ranomainty Suyp ou Amont (SCET)	Ivondro	Ranomena	59	74
193	Anosivola SCETE1 Ivondro	Ivondro	Ranomena	59	67
194	Anosivola SCETE1 Ivondro	Ivondro	Ranofotsy	68	74
195	Fiherenana SCETE3	Ivondro	Ranofotsy	59	73
196	Ambohimanjaka SCET E7	Ivondro	Manantoana	71	
197	Ambohimanjaka SCET E7	Ivondro	Manantoana	72	74
198	Sajabevary E12 bis	Ivondro	Sahabevary	71	73
199	Ambilobe Pont Ancienne Echelle	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	37	54
200	Ambilobe Pont Ancienne Echelle	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	55	84
201	Ambilobe Amont Prise	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	53	56
202	Ambilobe Amont Prise	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	57	62
203	Ambilobe Pont Nouv. Echelle	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	54	73
204	Abattoir Ambilobe	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	53	55
205	Aval Abattoir Ambilobe	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	53	55
206	Ambilobe Canal Principal	Mahavavy Nord	Canal SIRAMA	79	83
207	Pont de la Carrière SOSUMAV	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	53	54
208	Pont de la Carrière SOSUMAV	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	55	
209	Ambanja	Sambirano	Sambirano	52	77
210	Ambanja	Sambirano	Sambirano	78	83
211	Ambodimanga	Sambirano	Ramena	52	76
212	Sahasinaka	Faraony	Faraony	55	60
213	Au Bac de Vohilava	Faraony	Faraony	60	82
214	Au Bac de Vohilava	Faraony	Faraony	83	89
215	Mitanonoka	Onibe	Onibe	50	60
216	Betomba	Tsiribihina	Tsiribihina	58	91
217	Ankotrofotsy	Tsiribihina	Mania	69	83
218	Fasimena	Tsiribihina	Mania	55	71
219	Fasimena	Tsiribihina	Mania	72	89
220	Sandrandahy	Tsiribihina	Mania	80	83
221	Antsakoamadinitika	Tsiribihina	Mahajilo	80	
222	Antsakoamadinitika	Tsiribihina	Mahajilo	81	83
223	Miandrivazo	Tsiribihina	Mahajilo	69	89
224	Andraketa	Tsiribihina	Sakeny	68	83
225	Marofahitra	Tsiribihina	Kitsamby	66	79
226	Marofahitra	Tsiribihina	Kitsamby	80	94
227	Ivato	Tsiribihina	Ivato	81	83
228	Ambatolahy	Tsiribihina	Manambolo	71	76
229	Ambatolahy	Tsiribihina	Manambolo	77	90
230	Malaimbandy	Tsiribihina	Manampanda	80	83
231	Sahanivotry	Tsiribihina	Manandona	63	67
232	Sahanivotry	Tsiribihina	Manandona	68	94
233	Sandrandahy	Tsiribihina	Sandrandahy	80	83
234	Ivolo	Tsiribihina	Haute Sandrandahy	80	
235	Ilanjana	Tsiribihina	Haute Sandrandahy	80	
236	Ifano	Tsiribihina	Haute Sandrandahy	80	
237	Antalaviana (MHL)	Tsiribihina	Antalaviana	79	80
238	Vohibory Atsimo (MHL)	Tsiribihina	Marofodiana	80	
239	Ambohondrano (MHL)	Tsiribihina	Andriantsago	79	80

240	Andrahalana (MHL)	Tsiribihina	Imorona	79	80
241	PK 197,5	Tsiribihina	Sahanivotry	63	68
242	PK 197,5	Tsiribihina	Sahanivotry	69	94
243	Antafofo Chute Amont	Tsiribihina	Lily	78	84
244	Antafofo Chute Amont	Tsiribihina	Lily	85	94
245	Antafofo Chute Aval	Tsiribihina	Lily	78	84
246	Antafofo Chute Limni	Tsiribihina	Lily	78	94
247	Ifanja	Tsiribihina	Kotombolo	80	83
248	Ifanja	Tsiribihina	Bizy	80	
249	Ifanja	Tsiribihina	Bizy	81	83
250	RN 42 (MHL)	Tsiribihina	Sambalahy	79	
251	Benenitra	Onilahy	Onilahy	51	70
252	Benenitra	Onilahy	Onilahy	71	93
253	Bezaha Mahamena	Onilahy	Onilahy	81	84
254	Tongobory	Onilahy	Onilahy	51	90
255	Isoanala Riv Métallique	Onilahy	Isoanala	81	83
256	Isoanal Canal Barrage	Onilahy	Isoanala	81	83
257	Ianakafy	Onilahy	Mangoky	67	78
258	Ianakafy	Onilahy	Mangoky	79	90
259	Betroka	Onilahy	Mangoky	67	82
260	Betroka	Onilahy	Mangoky	83	93
261	Ambarinakoho	Onilahy	Tahela	81	84
262	Antsatrana (Ampotaka)	Betsiboka	Ikopa	48	82
263	Antsatrana (Ampotaka)	Betsiboka	Ikopa	83	89
264	Bevomanga Aval	Betsiboka	Ikopa	48	73
265	Bevomanga Aval	Betsiboka	Ikopa	74	94
266	Bevomanga Amont	Betsiboka	Ikopa	52	57
267	Bevomanga Amont	Betsiboka	Ikopa	58	90
268	Farahantsana (Amont)	Betsiboka	Ikopa	31	
269	Farahantsana (Amont)	Betsiboka	Ikopa	32	75
270	Farahantsana (Amont)	Betsiboka	Ikopa	76	94
271	Farahantsana Aval (Anosibe)	Betsiboka	Ikopa	66	80
272	Farahantsana Aval (Anosibe)	Betsiboka	Ikopa	81	89
273	Bac de Fiadanana	Betsiboka	Ikopa	58	82
274	Bac de Fiadanana	Betsiboka	Ikopa	83	88
275	Meridaza Confl Sisaony Ikopa	Betsiboka	Ikopa	67	94
276	Pont de Mahitsikely	Betsiboka	Ikopa	32	74
277	Pont de Mahitsikely	Betsiboka	Ikopa	75	86
278	Tanjombato Amont	Betsiboka	Ikopa	57	75
279	Tanjombato Amont	Betsiboka	Ikopa	76	77
280	Tanjombato Aval	Betsiboka	Ikopa	57	77
281	Tsiazompaniry	Betsiboka	Varahina Sud	49	64
282	RN 4 Pont	Betsiboka	Andranomandevy	80	83
283	Niakotsorano	Betsiboka	Katsaoka	63	64
284	Niakotsorano	Betsiboka	Katsaoka	65	94
285	Pont d'Arivonimamo	Betsiboka	Katsaoka	63	64
286	Anjozorobe	Betsiboka	Mananara	84	93
					93
287	Anjozorobe Mangamila	Betsiboka	Ambodiriana	84	87
					84A
288	Ambilivily Canal	Betsiboka	Ambilivily	81	83
289	RN 4	Betsiboka	Ampijoroa		
290	RN 4	Betsiboka	Ampijoroa	81	83
291	Manandriana	Betsiboka	Manandriana Nord	51	55
292	Amboisoa (MHL)	Betsiboka	Renirano	79	80
293	Antanimasaka Nord (MHL)	Betsiboka	Iombifotsy	79	80
294	Ambatmafana (MHL)	Betsiboka	Ambatmafana	79	80
295	Antsahalava (MHL)	Betsiboka	Antsahalava (MHL)	79	80
296	Antambolo Marais	Betsiboka	Antsangatsanga	66	82
297	Antambolo Marais	Betsiboka	Antsangatsanga	83	89
298	RN 4	Betsiboka	Lac Ampijoroa	74	85
299	Au Bac d'Elanary	Manampanihy	Manampanihy	67	88

300	Vohiparara	Namorona	Manamorona	51	61
301	Vohiparara	Namorona	Manamorona	62	89
302	Matsobe	Lokoho	Andramonta	68	73
303	Ampohafana	Lokoho	Andramonta	66	73
304	Analanambe	Lokoho	Analambe	66	73
305	Betsakotsako	Lokoho	Ankaibe	68	73
306	Betsakotsako	Lokoho	Ankaibe	74	83
307	Sahamazava Andapa	Lokoho	Sahamazava	65	80
308	Sahamazava Andapa	Lokoho	Sahamazava	81	94
309	Matsohely	Lokoho	Kobahina	66	73
				66A	
310	Ambalamanasy 2 Betaingisy	Lokoho	Kobahina	66	
311	Ambalamanasy 2 Betaingisy	Lokoho	Kobahina	67	73
312	Ambodiangezoka	Lokoho	Ambolopatrika	66	73
313	Ambatoharanana	Lokoho	Antanimbaribe	66	69
314	Ambatoharanana	Lokoho	Antanimbaribe	70	73
315	Morafeno (Pont RN 5 a)	Fanambana	Fanambana	80	83
316	Bevatry	Demoka	Demoka	80	81
317	RN 8 (pr 24.2)	Demoka	Demoka	77	78
318	Ankatoto	Mananjera	Mananjera	71	76
319	Marivorahona	Mananjera	Mananjera	80	83
320	Ampanihy Canal	Irodo	Beamalona	80	83
321	Au pont de la Route Bartoli	Irodo	Rivière des Makis	49	55
322	Joffre Ville A Fecul. Cassam Cheni	Irodo	Sakaramy Be	49	71
323	Antanandava	Namela	Namela	79	81
324	Etrotroka	Manambato Sud	Manambato	68	90
325	B. V.E (O. Babiny)	Manambato Sud	Anatsirika	69	70
326	Bekobay (Ambalabe)	Masokoenja	Kilimarijy	81	83
327	Ambalabe (Tsinjorano)	Masokoenja	Masokoenja	80	83
328	Androvakely Amont	Betsiboka	Soamarivo	54	60
329	Androvakely Aval	Betsiboka	Soamarivo	54	60
330	Androvakely Limni	Betsiboka	Soamarivo	56	62
331	Ambohidrano	Betsiboka	Tafaina	55	62
332	Bassin Nord BVE	Betsiboka	Ambatomainty	72	
333	Bassin Nord BVE	Betsiboka	Ambatomainty	72	76
334	Bassin Sud BVR	Betsiboka	Ambatomainty		
335	Bassin Sud BVR	Betsiboka	Ambatomainty	72	76
336	Drain Ambohitrakoho Rive	Betsiboka	BV Ambohitrakoho	87	90
337	Drain Ambohitrakoho Rive Droite	Betsiboka	BV Ambohitrakoho	87	90
338	Andakana Rivière	Betsiboka	Andakana	91	94
339	Andakana Canal RD	Betsiboka	Andakana	91	94
340	Ambohibe Rivière	Betsiboka	Andakana	91	94
341	Ambohibe Drain RG1	Betsiboka	Andakana	91	93
342	Ambohibe Drain RG2	Betsiboka	Andakana	91	93
343	Ambohibe Drain RD	Betsiboka	Andakana	91	93
344	Amboanjobe Rivière	Betsiboka	Andakana	91	94
345	Ankadifotsy Rivière	Betsiboka	Rehinirano	91	94
346	Ankadifotsy Drain RD	Betsiboka	Rehinirano	91	94
347	Ankadifotsy Drain RG	Betsiboka	Rehinirano	91	94
348	Mahitsy Pont RN 4	Betsiboka	Rehinirano	91	94
349	Mahitsy Drain R. G2	Betsiboka	Rehinirano	91	92
350	Mahitsy Drain R. G2	Betsiboka	Rehinirano	93	
351	Mahitsy Drain R. G3	Betsiboka	Rehinirano	91	93
352	Mahitsy Drain RD	Betsiboka	Rehinirano	91	93
353	Mahitsy Pont Malazarivo	Betsiboka	Malazarivo	91	93
354	Matsobe	Lokoho	Andramonta	68	73
355	Amponafana	Lokoho	Andramonta	66	73
356	Betsakotsako	Lokoho	Ankaibe	68	73
357	Betsakotsako	Lokoho	Ankaibe	74	83
358	Sahamazava Andapa	Lokoho	Sahamazava	65	80
359	Sahamazava Andapa	Lokoho	Sahamazava	81	90
360	Matsohely	Lokoho	Kobahina	66	73

361	Ambalamanasy 2 Betaingisy	Lokoho	Kobahina	66	70
362	Ambalamanasy Betaingisy	Lokoho	Kobahina	71	73
363	Ambodiangezoka	Lokoho	Ambolopatrika	66	73
364	Ambatoharanana	Lokoho	Antanimbaribe	66	70
365	Ambatoharanana	Lokoho	Antanimbaribe	71	73
366	Ambilobe Ancienne Echelle	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	48	72
367	Ambilobe Ancienne Echelle	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	73	83
368	Amboilobe Amont Prise	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	53	62
369	Ambilobe Echelle Orange	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	54	56
370	Ambilobe Echelle Orange	Mahavavy Nord	Mahavavy Nord	57	76
371	Tsihombe	Manambovo	Manambovo	56	69
372	Tsihombe	Manambovo	Manambovo	70	89
373	Au Bac d'Elanary	Manampanihy	Manampanihy	67	80
374	Au Bac d'Elanary	Manampanihy	Manampanihy	81	88
375	Au Bac de Mazavalala Amont	Manampatrana	Manampatrana	68	88
376	Au Bac de Mazavalala Aval	Manampatrana	Manampatrana	68	79
377	Antsindra	Mananjary	Mananjary	55	75
378	Antsindra	Mananjary	Mananjary	76	90
379	Fatihita	Ivoara	Mananjary	56	73
380	Fatihita	Ivoara	Mananjary	74	87
381	Antsahalava	Betsiboka	Andromba	66	94
382	Pont Route Arivonimamo	Betsiboka	Andromba	33	94
383	Behenjy	Betsiboka	Andromba	63	94
384	Tsinjony	Betsiboka	Andromba	54	71
385	Morarano	Betsiboka	Andromba	66	94
386	Antambolo	Betsiboka	Andromba	70	94
387	Ambodiroka	Betsiboka	Isinko	57	74
388	Pont RN 4	Betsiboka	Kamoro	80	83
389	Betsirebika	Betsiboka	Karambo	81	83
390	Sabotsy Pont Gired	Betsiboka	Mambe	2	90
391	Route d'Ambohidratrimo	Betsiboka	Andriantany Canal	59	59
392	Ambohidronono	Betsiboka	Sisaony	67	72
393	Ambohitrosy	Betsiboka	Sisaony	73	94
394	Ampahitrosy RG	Betsiboka	Sisaony	72	83
395	Ampahitrosy RG	Betsiboka	Sisaony	84	94
396	Ampahitrosy RD	Betsiboka	Sisaony	68	77
397	Ampitatafika	Betsiboka	Sisaony	32	71
398	Ampitatafika	Betsiboka	Sisaony	72	94
399	Andohavato Aval	Betsiboka	Sisaony	65	66
400	Andohavato Pont	Betsiboka	Sisaony	33	66
401	Andramasina	Betsiboka	Sisaony	65	66
402	Andramasina	Betsiboka	Sisaony	33	64
403	Bevoay Rivière	Mangoky	Mangoky	61	80
404	Bevoay Rivière	Mangoky	Mangoky	81	89
405	Dangovato	Mangoky	Mangoky	56	61
406	Iaviry	Mangoky	Mangoky	56	64
407	Iaviry	Mangoky	Mangoky	65	90
408	Vondrove	Mangoky	Mangoky	51	58
409	Vondrove	Mangoky	Mangoky	59	70
410	Iarintsena	Manantanana	Mangoky	81	83
411	Tsitondroina	Manantanana	Mangoky	52	60
412	Tsitondroina	Manantanana	Mangoky	61	77
413	Solila	Manantanana	Mangoky	63	63
414	Bedray	Matsiatra	Mangoky	53	56
415	Ikibo	Matsiatra	Mangoky	71	87
416	Fanoro	Matsiatra	Mangoky	68	83
417	Fanoro	Matsiatra	Mangoky	84	88
418	Malakialina	Matsiatra	Mangoky	52	73
419	Malakialina	Matsiatra	Mangoky	74	88
420	Ankaramena	Zomandao	Mangoky	52	70
421	Ankaramena	Zomandao	Mangoky	71	93
422	Ihosy	Ihosy	Mangoky	53	63

423	Ihosal	Ihosal	Mangoky	64	90
424	Ampasimbe Andrefana	Mangoky	Anjomarano	79	80
425	Androharanomaitso	Mangoky	Andremiely	79	80
426	RN7 PK 496 MHL	Mangoky	Itaolona	79	80
427	Mafaitra MHL	Mangoky	Malazarivo	80	80
428	Bezaha Mahamena	Onilahy	Onilahy	81	84
429	Tongobory	Onilahy	Onilahy	51	78
430	Tongobory	Onilahy	Onilahy	79	90
431	Isoanala Riv Métallique	Onilahy	Isoanala	81	83
432	Isoanala Canal Barrage	Onilahy	Isoanala	81	83
433	Ianakafy	Sofia	Mangoky	67	90
434	Betroka	Sofia	Mangoky	67	93
435	Antafiantsalama Pont RN 32	Sofia	Sofia	68	74
436	Maroala	Sofia	Sofia	80	83
437	Andranomiditra	Sofia	Bemarivo	81	83
438	Ampasimatera	Sofia	Bemarivo	68	87
439	Mandritsara	Sofia	Mangarahara	69	74
440	Ambodiavavy	Sofia	Mangarahara	68	70
441	Kalandy	Sofia	Sandrangita	68	93
442	Andampihely	Sofia	Salohy	70	90
443	Andrafiaramy	Sofia	Amboambo	68	75
444	Berge Vaovao	Tsiribihina	Ambohangy	64	65
445	Marovato	Tsiribihina	Anjombony	80	83
446	Betomba	Tsiribihina	Tsiribihina	58	73
447	Betomba	Tsiribihina	Tsiribihina	74	83
448	Ankotrofotsy	Tsiribihina	Tsiribihina	85	91
				69	79
449	Ankotrofotsy	Tsiribihina	Mania	80	83
450	Fasimena	Tsiribihina	Mania	55	83
451	Fasimena	Tsiribihina	Mania	84	89
452	Sandrandahy	Tsiribihina	Mania	80	83
453	Antsakoamadinika	Tsiribihina	Mahajilo	80	83
454	Miandrivazo	Tsiribihina	Mahajilo	69	89
455	Andraketa	Tsiribihina	Sakeny	68	72
456	Andraketa	Tsiribihina	Sakeny	73	83
457	Marofahitra	Tsiribihina	Kitsamby	66	80
458	Marofahitra	Tsiribihina	Kitsamby	81	88
459	Ivato	Tsiribihina	Ivato	81	83
460	Ambatolahy	Tsiribihina	Manambolo	71	77
461	Ambatolahy	Tsiribihina	Manambolo	72	90
462	Malaimbandy	Tsiribihina	Manampanda	80	83
463	Sahanivotry	Tsiribihina	Manandona	63	68
464	Sahanivotry	Tsiribihina	Manandona	69	89
465	Antalaviana (MHL)	Tsiribihina	Antalaviana	79	80
466	Vohibory Atm (MHL)	Tsiribihina	Marofodiana	80	
467	Ambahondrano (MHL)	Tsiribihina	Andriantsago	79	80
468	Andrahalana (MHL)	Tsiribihina	Imorona	79	80
469	PK 197,5	Tsiribihina	Sahanivotry	63	90
470	Antafofo (Chute Am)	Tsiribihina	Lily	82	89
471	Antafofo (Chute Av)	Tsiribihina	Lily	78	91
472	Antafofo (Chute Limni)	Tsiribihina	Lily	78	79
473	Antafofo (Chute Limni)	Tsiribihina	Lily	80	89
474	Ifanja	Tsiribihina	Kotombolo	80	83
475	Ifanja	Tsiribihina	Bizy	80	83
476	RN 42 (MHL)	Montagne d'Ambre	Sambalahy	79	
477	Pont RN6	Montagne d'Ambre	Saharenana	80	83
478	Amparihy - Canal	Montagne d'Ambre	Beamalona	80	83
479	Au pont de la route Bartoli	Montagne d'Ambre	Rivière des Makis	49	50
480	Au pont de la route Bartoli	Montagne d'Ambre	Rivière des Makis	51	55
481	Joffre Ville A Fecul. Cassam	Montagne d'Ambre	Sakaramy Be	49	71
482	Benenitra	Onilahy	Onilahy	51	93
483	Antafiantsalama Pont RN 32	Sofia	Sofia	68	89

484	Maroala	Sofia	Sofia	80	83
485	Andranomiditra	Sofia	Bemarivo	81	83
486	Ampasimatera	Sofia	Bemarivo	68	87
487	Mandritsara	Sofia	Mangarahara	69	74
488	Ambodiaviavy	Sofia	Mangarahara	68	70
489	Kalandy	Sofia	Sandrangita	68	80
490	Kalandy	Sofia	Sandrangita	81	94
491	Andapihely	Sofia	Salohy	70	89
492	Andapihely	Sofia	Salohy	90	93
493	Andrafiaramy	Sofia	Amboamboa	68	75
494	Port Bergé Vaovao	Sofia	Ambohangy	64	65
495	Marovato	Sofia	Anjombony	80	83
496	Sitampiky	Mahavavy Sud	Mahavavy Sud	48	73
497	Au Bac d'Ambodimanga	Mangoro	Mangoro	63	74
				75	
				76	88
498	Ampangabe	Mangoro	Mangoro	80	85
499	Pont RN6	BCA	Saharenana	80	83
500	Morafeno	BCF	Iazafo	80	83
501	Fénérive (Chute d'Andriankely)	BCF	Itendro	64	71
502	Fénérive (Chute d'Andriankely)	BCF	Itendro	72	94
503	Au pont RN 22	BCF	Manonoka	80	82
504	Ankarana Radier Amont	BCI	Manantsimba	68	87
505	Ankarana Radier Aval	BCI	Manantsimba	85	87
506	Efatsy	BCI	Mananivo	71	73
507	Au pont de Lopary	BCI	Mananivo	71	73
508	Lopary 1 Amont	BCI	Mananivo	68	71
509	Lopary 2 Aval	BCI	Mananivo	68	70
510	Lopary 2 Aval	BCI	Mananivo	71	73
511	Vohimary	BCI	Mananivo	68	73
512	Mahabo pont (Mahety)	BCI	Adranobiby	68	71
513	Ivohitra (Fotsivony)	BCI	Manambava	68	71
514	Mahaso (Ivakoha)	BCI	Manambava	68	70
515	Fanjahira	BCJ	Efaho	62	77
516	Fanjahira	BCJ	Efaho	78	91
517	Ambodiroka Amont	Betsiboka	Betsiboka	49	83
518	Ambodiroka Amont	Betsiboka	Betsiboka	84	93
519	Ambodiroka Aval	Betsiboka	Betsiboka	49	54
520	Ankazobe	Betsiboka	Sisaony	65	64
521	Ambatofotsy	Betsiboka	Sisaony	69	89
522	Ambatofotsy au PK 22	Betsiboka	Sisaony	32	41
523	Ambatofotsy au PK 22	Betsiboka	Sisaony	42	85
524	Maroangaty (Soakibany) Aval	Mananara Sud	Mananara Sud	55	83
525	Maroangaty (Soakibany) Aval	Mananara Sud	Mananara Sud	84	
526	Maroangaty Amont	Mananara Sud	Mananara Sud	74	84
527	Ranotsara Nord	Mananara Sud	Ionaivo	70	75
528	Lavaraty	Mananara Sud	Itomampy	73	89
529	Marozano	Mananara Sud	Itomampy	72	83
530	Marozano	Mananara Sud	Itomampy	84	90
531	Menarahaka	Mananara Sud	Menarahaka	70	80
532	Analavoka	Mananara Sud	Menarahaka	85	89
533	Sahambano (Radier RN27) Amont	Mananara Sud	Sahambano	67	87
534	Sahambano Aval	Mananara Sud	Sahambano	67	78
535	Sahambano Aval	Mananara Sud	Sahambano	79	86
536	Andaka Aval	Mananara Sud	Sahambano	70	7
537	Anivorano Farafaty	Mananara Sud	Ranomainty	66	72
538	Anivorano Farafaty	Mananara Sud	Ranomainty	73	75
539	Androka (RN6)	Mahajamba	Mahajamba	81	83
540	Ampangabe	Mangoro	Mangory	86	91
541	Mangoro Gare	Mangoro	Mangory	56	82
542	Mangoro Gare	Mangoro	Mangory	83	89
543	Dobomeloka	Mangoro	Mangory	ANC	

544	Pont Fanalamanga	Mangoro	Andranobe	80	87
545	Pont RN2	Mangoro	Antsapazana	80	83
546	Tsinjoarivo	Mangoro	Onive	63	72
547	Tsinjoarivo	Mangoro	Onive	73	94
548	Tsinjoarivo Usine Rova	Mangoro	Onive	66	67
549	Tsinjoarivo Vasque	Mangoro	Onive	66	67
550	Tsinjoarivo Aval Rapides	Mangoro	Onive	66	68
551	Ilempona	Mangoro	Onive	66	83
552	Ilempona	Mangoro	Onive	84	94
553	Ilempona Aval	Mangoro	Onive	92	92
554	Ilempona	Mangoro	Ilempona	66	77
555	Ilempona	Mangoro	Ilempona	78	93
556	Ambohimandroso RN7 (PK 85)	Mangoro	Ihazolava	66	82
557	Ambohimandroso RN7 (PK 85)	Mangoro	Ihazolava	83	94
558	PK 68	Mangoro	Mandraka	49	55
559	Antsampandrano	Mangoro	Amborompotsy	57	60
560	Antsampandrano	Mangoro	Amborompotsy	61	85
561	Manjakatempo	Mangoro	Namatoana	85	80
562	Ambodiravina	Mangoro	Andranomavo	79	90
563	Peuplier 134	Mangoro	Sahandronono	81	91
564	Antetivato	Mangoro	Sahampasina	80	
565	Antetivato	Mangoro	Sahampasina	80	85

#### Abréviations

CRD : Canal Rive Droite  
 CRG : Canal Rive Gauche  
 Pxx : Prise xx  
 PIM : Pont métallique  
 RN X : Route Nationale Numéro X  
 PK X : Point Kilométrique X  
 MHL : Microhydraulique  
 Av. : Aval  
 Am. : Amont  
 Rad. : Rad.

Limn. : Limnimétrie  
 Pt : Pont  
 Ch : Chute  
 Rt : Route  
 Ahi : Initiale Ambohi  
 A/to : Initiale A/to  
 Pr. : Prise  
 A/no : Initiale Andrano  
 Ech. : Echelle

## **ANNEXE 6**

Annexe 6 :

Données pluviométriques des station Morondava,  
Mahabo, Ankilivalo  
Zones du périmètre de Dabara

# Annexe 6 : Données pluviométriques

Années	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>MORONDAVA</b>												
1980	173,4	10	7,5	6	26,6	5	55,5	3	2	0	0,9	2
1981	73,1	11	225,6	11	59,9	9	0	0,5	0	0	0	0
1982	605,2	22	193,8	14	233,2	12	3,1	4	1	1,1	1	0
1983	254,8	15	126,7	17	56,4	6	0	95,0	0	0	0	3,6
1984	268,4	25	398,2	18	57,8	7	38,2	1	0	0,0	0	0,0
1985	172,4	12	78,3	10	15,4	8	35,0	2	1	0,0	0	65,0
1986	49,1	10	283,2	15	217,7	5	12,0	1	7,0	8	24,5	1
1987	313,2	13	64,5	8	95,5	8	105,0	1	3	2,3	1	7,0
1988	338,5	17	170,1	12	199,7	10	0	0	0	7,0	0	0
1989	358,3	16	242,5	13	50,5	8	21,7	1	37,3	0	0	9,0
1990	236,4	16	181,6	7	1,0	1	53,1	3	0	0	8,0	1
1991	127,4	11	538,1	17	68,8	7	81,4	5	1	1	0	0,0
1992	278,1	14	141,7	8	28,1	5	0	1	0	0,0	0	1,0
1993	335,9	18	292,5	13	59,6	6	130,0	1	0	0,0	0	1,2
1994	376,1	18	388,7	17	90,2	6	263,0	3	31,0	Nt	Nt	Nt
1995	345,0	17	262,1	17	17,9	2	1,5	2	24,0	0	0	0,0
1996	396,9	18	106,2	18	197,5	12	12	2,0	2	Nt	Nt	2,0
1997	365,0	20	500,0	27	71,9	6	343,0	5	0	Nt	Nt	Nt
1998	263,9	15	41,1	15	107,0	6	6	0	0,0	0	0,2	0
<b>MAHABO</b>												
1959	203,0	10	96,7	5	28,1	7	0,0	0	0,0	0	0,0	0
1960	229,6	16	160,0	15	195,8	9	0,0	0	26,1	1	0,0	0
1961	279,5	9	54,7	4	46,3	8	0,4	1	0,0	0	0,0	0
1962	60,8	7	85,6	8	33,8	5	0,5	1	34,4	1	0,0	0
1963	210,1	12	196,0	13	64,0	6	38,6	2	1,3	1	6,3	2
1964	195,7	8	143,4	7	97,9	8	25,4	2	Inc	3,9	2	5,7
1965	407,7	15	111,0	9	38,7	7	0,0	0	0,0	2	4,0	1
1966	40,3	5	290,9	2	16,2	2	11,6	2	50,3	2	0,0	0
1967	107,0	13	117,5	7	260,0	14	13,8	1	2,1	1	0,0	0
1968	85,6	5	419,9	12	25,5	3	0,0	0	38,4	2	1,6	2
1969	265,1	10	198,1	12	0,0	0	153,3	1	37,1	2	0,0	0
1988											0,0	0
1989	215,4	17	399,5	15	123,2	1,6	1,6	1	45,6	4	0,0	0
<b>ANKILIVALO</b>												
1962	181,5				34,8	5	7,0	1	45,0	1	0,0	0
1963	244,4		234,2	15	0,0	0	0,0	0	0,0	0	29,2	2
1964	398,3		157,3	8	54,5	4	62,7	2	0,0	0	13,6	1
1965	93,8		137,5	9	40,0	6	8,9	1	0,0	0	6,4	1
1966	190,1		356,5	16	36,0	4	6,8	1	61,9	2	0,0	0
1967	143,8		113,8	8	358,3	17	22,7	2	1,5	1	0,0	0
1968	198,9		336,0	11	53,7	5			37,7	2	0,0	0
1969	419,8		225,7	16	61,5	4	0,0	0	14,8	1	0,0	0
1970	296,6		116,4	9	63,3	5	25,8	3	0,0	0	0,0	0
1971	234,5		309,3	15	69,5	8	4,3	2	25,5	1	7,0	1
1972	570,0		211,8	16	98,4	11	0,0	0	7,6	2	2,9	3
1973	154,8		282,1	18	187,5	14	9,4	3	0,0	0	0,0	0
1974	176,3		170,5	16	88,6	9	0,0	0	12,1	1	12,0	3
1975	127,6		274,6	11			8,6	2	10,2	2	1,4	1
1976	439,0		161,8	14	152,3	11	30,6	2	11,7	2		
1977	266,0		349,7	19	94,6	10						
1978			0,0	0								

## **ANNEXE 7**

Annexe 7 :

Symboles et unités  
recommandés

**Annexe 7 : Symboles et unités recommandés**

Rub	Elément	Sym	Unité
1	Accélération de pesanteur	g	m.s <sup>-2</sup>
2	Albédo	r	Nb décimal
3	Surface de la sectin transversale (BV)	A	m <sup>2</sup> , km <sup>2</sup>
4	Qualité chimique		mg.l <sup>-1</sup>
5	Coefficient de Chezy [nu(RS)	C	m <sup>1/2</sup> S <sup>-1</sup>
6	Débitance	K	m <sup>3</sup> /s
7	Degré jour	D	degré.jour
8	Densité	P	kg.m <sup>-3</sup>
9	Profondeur, diamètre, épaisseur	d	m, cm
10	Débit d'une rivière	Q	m <sup>3</sup> /s
	Débit d'un puits	Q <sub>we</sub>	l/s
	Unité zonale QA <sup>-1</sup> ou partielle	q	m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup> , l/s.km <sup>2</sup>
11	Rabattement	s	m, cm
12	Viscosité dynamique (absolue)	h	N.s/m <sup>2</sup>
13	Evaporation	E	mm
14	Evapo-transpiration	E <sub>T</sub>	mm
15	Nombre de Froude	Fr	
16	Charge, hauteur de chute	z	m
17	Charge piézométrique	h <sub>p</sub>	m
18	Charge statique (Niveau d'eau)=z+hp	H	m
19	Charge totale z=hp+hnu	H	m
20	Charge sinétique	h <sub>n</sub>	cm, m
21	Conductivité hydraulique	K	cm/s
22	Diffusivité hydraulique - T	D	cm <sup>2</sup> /s
23	Rayon hydraulique	R <sub>n</sub>	m
24	Epaisseur de la glace	d <sub>g</sub>	cm
25	Infiltration	f	mm
26	Taux d'infiltration	I <sub>f</sub>	mm/h
27	Perméabilité intrinsèque	k	10 <sup>-8</sup> cm <sup>2</sup>
28	Viscosité cinématique	n	m <sup>2</sup> /s
29	Longueur	l <sub>f</sub>	cm, m, km
30	Coefficient de manning	n	s/m <sup>1/3</sup>
31	Masse	m	kg/m <sup>3</sup>
32	Porosité	n	%
33	Précipitation	P	mm

Rub	Elément	Sym	Unité
34	Intensité de précipitation	I <sub>p</sub>	mm/h
35	Pression	Pa	
36	Rayonnement (Quantité)	R	J/m <sup>2</sup>
37	Intensité du rayonnement	I <sub>R</sub>	J/m <sup>2</sup> /s
38	Rayon d'appel	r <sub>2</sub>	m
39	Coefficient de tarissement	C <sub>r</sub>	Nb décimal
40	Humidité relativité	U	%
41	Nombre de Reynolds	R <sub>0</sub>	Nb décimal
42	Ecoulement	R	mm
43	Concentration des sédiments	C <sub>S</sub>	kg/m <sup>3</sup>
44	Débit solide	Q <sub>S</sub>	t/d
45	Contrainte de cisaillement	P	Pa
46	Pente (de la ligne d'eau du bassin)	S	
50	Humidité du sol		% volume
51	Déficit en eau sur le sol	U' <sub>s</sub>	mm
52	Débit spécifique	C <sub>S</sub>	m <sup>2</sup> /s
53	Conductance spécifique	K	mS/cm
54	Porosité effective	Y <sub>s</sub>	Décimal
55	Emmagasinement	S	m <sup>3</sup>
56	Coefficient d'emmagasinement (eaux souterraines)	C <sub>S</sub>	Décimal
57	Insolation	n/N	Décimal
58	Tension superficielle	s	N/m
59	Tension superficielle	q	°C
60	Quantité totale de matière dissoute	m <sub>d</sub>	mg/l ou ppn
61	Transmissivité	P	m <sup>2</sup> /d
62	Tension de vapeur	e	Pa
63	Vitesse de l'eau	n	m/l
64	Volume	V	m <sup>3</sup>
66	Nombre de Weber	We	m
67	Périmètre mouillé	P <sub>w</sub>	m
68	Largeur d'une section transversale d'un bassin	b	km
69	Vitesse du vent	m	m/s ou km/h
70	Activité (quantité d'une radioactivité)	A	Bq, Ci
71	Fluence radioactive	F	J/m <sup>2</sup>
72	Intensité du flux de radiation (ou du flux d'énergie)	I	J/m <sup>2</sup> /s