

**RAPPORT DE L'ETUDE DE PLAN DE BASE  
RELATIVE AU  
PROJET D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES  
DE LA REGION NORD-EST  
EN  
REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR**

**JUIN 1986**

**AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE**



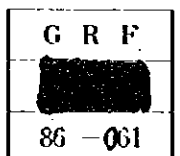
**RAPPORT DE LETUDE DE PLAN DE BASE**  
**RELATIVE AU**  
**PROJET D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES**  
**DE LA REGION NORD-EST**  
**EN**  
**REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR**

JICA LIBRARY



JUIN 1986

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE



国際協力事業団	
受入 月日 1961.7.23	409
登録No. 12947	61.8
	GRF



## AVANT-PROPOS

En réponse à la demande du Gouvernement de la République Démocratique de Madagascar, le Gouvernement du Japon a décidé d'exécuter une étude sur le Projet d'Exploitation des Eaux Souterraines, et l'a confiée à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

La JICA a délégué en République Démocratique de Madagascar une mission chargée d'effectuer les études nécessaires pour l'établissement des plans de base relatifs à ce Projet, dirigée par Monsieur Hiroshi HORIMITSU, Sous-Directeur de l'Unité de Traitement d'Eau de Ohkubo, Préfecture de Saitama, du 15 février au 15 mars 1986.

La mission a échangé ses vues avec les autorités concernées de la République Démocratique, et exécuté des études sur place. Dès le retour de cette mission au Japon, l'étude a été approfondie et le présent rapport a été rédigé.

Je souhaite que ce rapport permette la réussite du Projet et contribue au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

Je voudrais exprimer mes remerciements sincères aux autorités concernées du Gouvernement de la République Démocratique de Madagascar, pour leur coopération à la mission.

Juin 1986

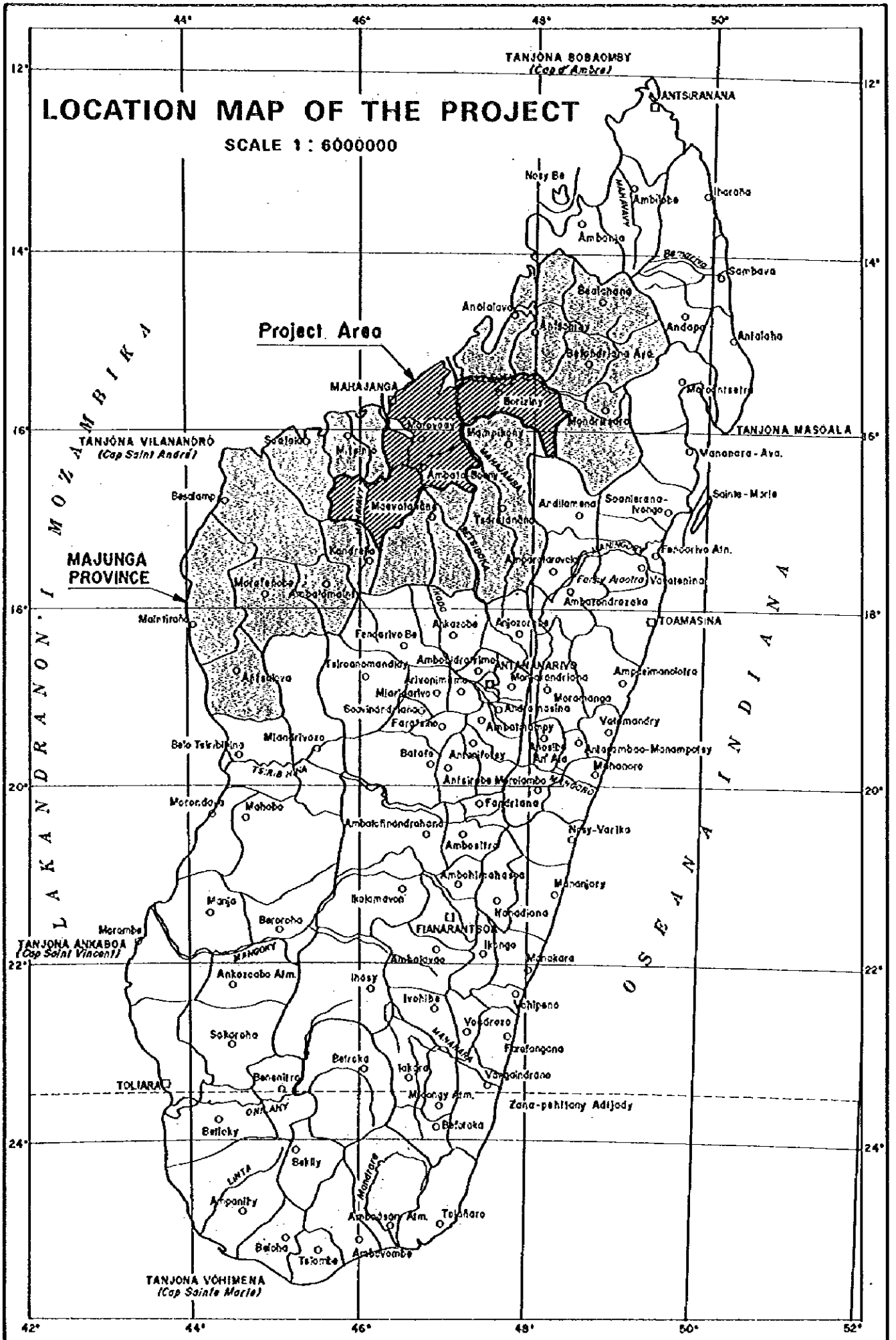


Keisuke ARITA  
Président  
Agence Japonaise de  
Coopération Internationale



# LOCATION MAP OF THE PROJECT

SCALE 1 : 600000



Project Area

MAJUNGA PROVINCE

MAHAJANGA

TANJONA ANKABOA (Cap Saint Vincent)

TANJONA VOHIMENA (Cap Sainte Marie)

TANJONA SOBAOMBY (Cap d'Ambré)

TANJONA VILANANDRO (Cap Saint André)

TANJONA MASOALA

42° 44° 46° 48° 50° 52°

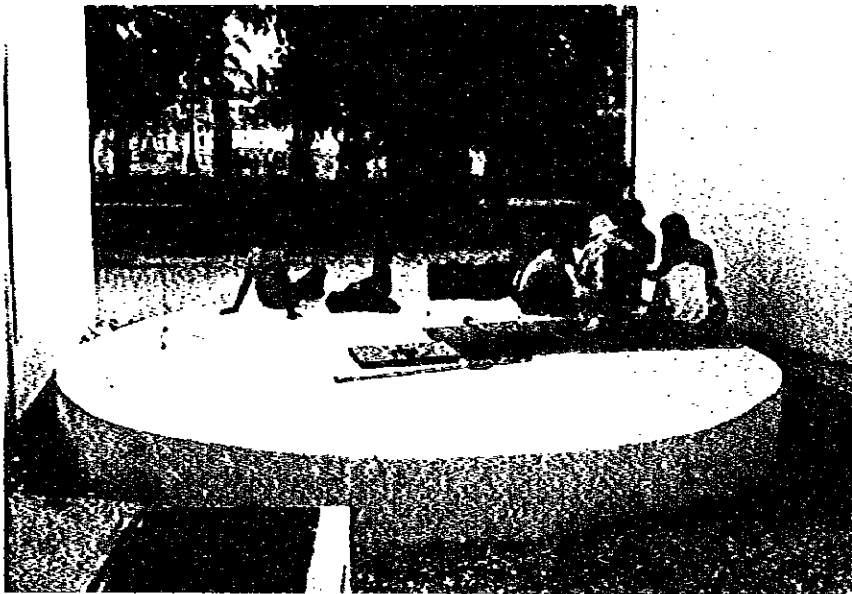
12° 14° 16° 18° 20° 22° 24°

LAKANON I MOZAMBIKA

INDIANA OSEANA







Puits salin JIRAMA de  
Amboaboka,  
ville de Mahajanga



Forage de Ambondrona,  
ville de Mahajanga

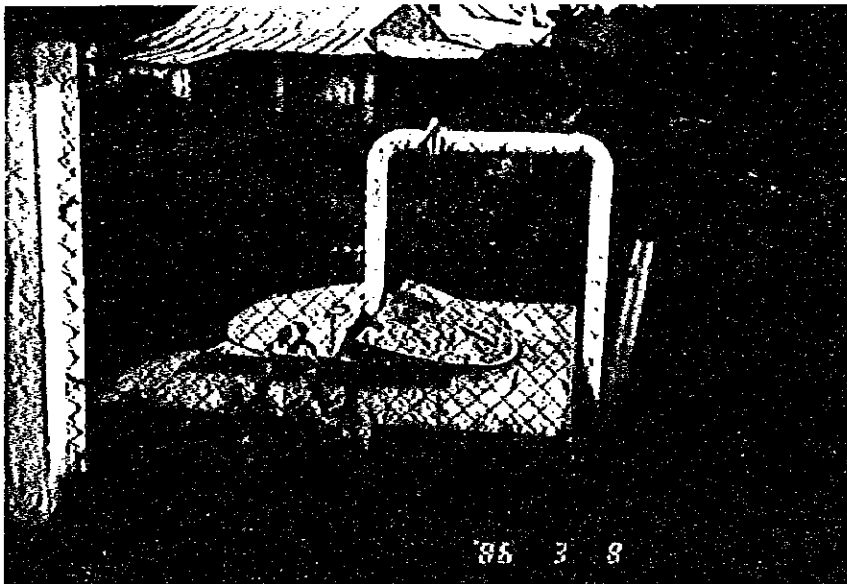


Borne-fontaine de  
la ville de Mahajanga  
(Boite de compteur de  
niveau)





Installation de  
traitement d'eau de  
la station de pompage  
de la ville de  
Marovoy



Puits de la ville de  
Ambato-Boeny



## TABLE DES MATIERES

	Page
AVANT-PROPOS	
PLAN DE SITUATION	
PHOTOS	
TABLE DES MATIERES .....	I
ABBREVIATIONS .....	VI
RESUME .....	VII
CHAPITRE 1. INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 2. CONTEXTE DU PROJET .....	3
2-1 Aperçu des programmes de développement national .....	3
2-2 Situation de l'approvisionnement en eau potable .....	6
2-2-1 Généralités .....	6
2-2-2 Organisation des agences administratifs concernés par l'approvisionnement en eau .....	13
2-2-3 Les projets de l'approvisionnement en eau et leur situation actuelle .....	28
2-2-4 Situation de l'utilisation des eaux souterraines .....	32
2-3 Contenu de la requête .....	38
CHAPITRE 3. APERCU DE LA REGION DU PROJET .....	42
3-1 Conditions naturelles .....	42
3-1-1 Topographie .....	42
3-1-2 Géologie .....	42
3-1-3 Climat .....	46
3-1-4 Hydrogéologie .....	47
3-2 Conditions socio-économiques .....	48
3-3 Conditions hydrogéologiques .....	50
3-3-1 Hydrologie du nord-ouest .....	50

3-3-2	Hydrogéologie par secteur .....	51
3-3-3	Qualité des eaux .....	60
3-4	Situation de l'approvisionnement en eau .....	63
3-4-1	Généralités .....	63
3-4-2	Situation actuelle de l'approvisionnement en eau .....	65
3-4-3	Projets de l'approvisionnement en eau .....	67
CHAPITRE 4 CONTENU DU PROJET .....		71
4-1	Objectif du projet .....	71
4-2	Etude sur la requête .....	71
4-2-1	Plan d'aménagement de l'approvisionnement en eau des milieux urbains .....	72
4-2-2	Plan d'aménagement de points d'eau en milieu rural .....	82
4-2-3	Etude sur les équipements et matériels principaux .....	85
4-3	Aperçu du projet .....	88
4-3-1	Organismes d'exécution .....	88
4-3-2	Installations faisant objet de la fourniture .....	89
4-3-3	Aperçu des équipements et matériels nécessaires .....	90
4-3-4	Coopération techniques .....	91
CHAPITRE V PLAN DE BASE .....		92
5-1	Directives de base .....	92
5-2	Conception des installations .....	93
5-2-1	Conception des installations de l'AEP en milieu urbain .....	93
5-2-2	Conception des installations de l'AEP en milieu rural .....	96
5-2-3	Conception de l'ouvrage de prise d'eau de de Boriziny .....	96
5-2-4	Conception de l'atelier de réparation .....	104
5-3	Equipements et matériels .....	104
5-4	Coût estimatif des travaux .....	112

CHAPITRE 6	SYSTEME DE REALISATION DU PROJET .....	114
6-1	Organismes chargés de la réalisation du projet et système de réalisation .....	114
6-2	Répartition des travaux .....	115
6-3	Programme de fourniture .....	118
6-4	Plan détaillé et supervision de la construction .....	118
6-5	Programme de réalisation du projet .....	120
6-6	Système de gestion et d'entretien .....	122
6-6-1	Machine de forage .....	122
6-6-2	Equipements d'adduction d'eau .....	122
CHAPITRE 7	EVALUATION DU PROJET .....	126
CHAPITRE 8	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	128
8-1	Conclusion .....	128
8-2	Recommandations .....	129

## LISTE DES TABLEAUX

	page
2-1. Origine et emploi du PIB (1983 à 1987) .....	5
2-2. Situation de la distribution d'eau en milieu urbain par des systèmes d'adduction d'eau; 1973 .....	7
2-3. Statistiques eau (ensemble JIRAMA) .....	9
2-4. Situation générale de l'approvisionnement en eau potable (AEP) en milieu urbain (ville de plus de 2000 habitants) (1984) .....	10
2-5. Situation générale de l'approvisionnement en eau potable (AEP) en milieu rural (1984) .....	11
2-6. Nombre de maladies hydriques enregistrées dans la circonscription médicale de Mahajanga (1984) .....	12
2-7. Répartition des organismes chargés de l'approvisionnement en eau selon la classification des localités .....	15
2-8. Personnel du service de l'eau et de l'hydrogéologie du MIEM .....	20
2-9. Crédits du MIEM pour le secteur eau (distribué par FNBE)..	21
2-10. Nombre d'ouvrages de prise d'eau construits par le MIEM...	23
2-11. Matériel du service de l'eau et de l'hydrogéologie du MIEM .....	25
2-12. Système du taux des eaux municipales de la JIRAMA .....	29
2-13. Crédits pour l'exploitation des eaux .....	31
2-14. Projets de l'approvisionnement en eau .....	33
2-15. Utilisation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau des villes .....	36
2-16. Utilisation des eaux souterraines dans l'agriculture .....	39
2-17. Utilisation des eaux souterraines pour l'élevage .....	39
2-18. Utilisation des eaux souterraines dans l'industrie .....	40
3-1. Formations géologiques de la zone du projet et ses environs .....	45



3-2.	Pluviométrie des villes principales .....	47
3-3.	Aquifères de la faritany de Mahajanga .....	53
3-4.	Eléments de base des forages existants de la JIRAMA .....	55
3-5.	Qualité des eaux des sources d'eau existants des régions d'intervention du présent projet .....	62
3-6.	Nombre d'ouvrages de prise d'eau pour adduction d'eau du milieu urbain .....	64
3-7.	Situation de l'alimentation en eau dans les villes principales de la faritany de Mahajanga (1975) .....	66
3-8.	Situation des systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans la faritany de Mahajanga en 1985 .....	68
3-9.	Programme d'aménagement pour l'approvisionnement en eau de la faritany de Mahajanga 1986 à 1996 .....	69
4-1.	Récapitulation de nouvelles installations pour l'approvisionnement en eau du milieu urbain .....	80
4-2.	Concept des installations du projet - adduction d'eau en milieu urbain .....	81
4-3.	Aperçu de la conception des sources d'eau en milieu rural du présent projet .....	84
5-1.	Profondeur et débit des forages prévus pour l'AEP du milieu urbain .....	93
5-2.	Liste des véhicules d'accompagnements .....	106
6-1.	Personnel de la partie malgache .....	115

## LISTE DES FIGURES

	page
2-1 Organization Chart of MIEM .....	17
2-2 Organization Chart of JIRAMA (Whole Country) .....	26
2-3 Organization Chart of Water Section of JIRAMA (Majunga province) .....	27
3-1 Province de Mahajanga et Région du Projet .....	43
3-2 Système de l'eau et Topographie .....	43
3-3 Geological Map of Project Area .....	44
3-4 Hydrogeological Map of Project Area .....	52
3-5 Location Map & List of Boreholes in Mahajanga Province .....	54
3-6 Location Map of Existing Boreholes of Mahajanga City .....	56
5-1 Borehole Types for Urban Water Supply .....	97
5-2 Appurtenant Facility of Urban Area Borehole .....	98
5-3 Shed of Generator .....	99
5-4 Borehole Types for Rural Water Supply .....	100
5-5 Appurtenant Facility of Rural Area Borehole .....	101
5-6 Water Intake Facility of Port-Berge City .....	102
5-7 Shed of Work Shop .....	103
6-1 Programme d'exécution à la suite de l'Echange de Notes ....	121

## ABBREVIATIONS

AEP	.....	Approvisionnement en eau potable
AES	.....	Approvisionnement en eau du Sud
BF	.....	Borne Fontaine
BP	.....	Borné Particulier
FED	.....	Fond Européen de Développement
FMG	.....	Unité monétaire Malgache
FNDE	.....	Fond National de Développement
OMS	.....	Organisation Mondiale de la Santé
PNUD	.....	Programme des Nations Unies pour le Développement

Faritany	.....	Région
Fivondronanpokontany	....	Département
Vovo	.....	Puits traditionnels peu profonds

### unité de quantité

lit/jour	.....	litre par jour
lit/min	.....	litre par minute
m <sup>3</sup> /sec	.....	mètre cube par seconde
m <sup>3</sup> /h	.....	mètre cube par heure
m <sup>3</sup> /jour	.....	mètre cube par jour
m <sup>3</sup> /an	.....	mètre cube par an
μS/cm	.....	unité de conductivité

## RESUME

Les ressources en eaux souterraines de la région nord-ouest de la République Démocratique de Madagascar (Faritany de Mahajanga) résident dans les nappes aquifères constituées de calcaires et de grès parmi les couches formées en ère géologique de jurassique à tertiaire supérieur, et sont relativement abondantes. Ces ressources sont utilisées pour l'adduction d'eau en milieu urbain, mais ils ne sont pratiquement exploitées en milieu rural. A savoir, le taux d'adduction d'eau s'élève à plus de 50% en milieu urbain, mais est limité à 5% en milieu rural.

A l'égard de ce problème, le Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines, autorité responsable de l'exploitation des ressources hydrauliques, a créé au sein du Service de l'Eau et de l'Hydrogéologie, la Division de l'Hydraulique Villageoise pour le renforcement de la création de points d'eau en milieu rural.

En ce qui concerne les ouvrages d'adduction d'eau en milieu urbain dont la majorité a été construit en 1960-1970, des problèmes commencent à se poser, tels que la décrépitude des équipements, l'insuffisance du débit due à l'augmentation de la population bénéficiaire, la détérioration de la qualité de l'eau due à l'excès de pompage, etc.

Ces éléments sont causes du taux élevé de morbidité à origine sanitaire. En fait, au niveau de la circonscription médicale de Mahajanga de 220.000 habitants, 27 %, à savoir environ 60.000 personnes sont touchées de maladies hydriques, dont il est à noter que plus de la moitié, soit 28.000 personnes sont des enfants de moins de 14 ans.

La République Démocratique de Madagascar a retenu comme objectif national du secteur de l'eau à l'horizon 2000, la création pour les population urbaines de branchements particuliers pour assurer un

débit de consommation de 70 lit./jour, et de construire pour les populations rurales des ouvrages d'adduction d'eau à rayon de 15 minutes des domiciles (aller retour à pied), avec un débit de consommation de 20 lit./jour.

Dans le souhait de réaliser l'amélioration des situations actuelles et d'atteindre l'objectif national, le Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines, a élaboré un plan de réhabilitation des ouvrages d'adduction d'eau des principaux chef-lieux de fivondrinampokontany ainsi qu'un plan d'aménagement de l'hydraulique villageoise.

Cependant, en considération de la capacité des équipements et matériels que disposent le Ministère ainsi que de l'insuffisance des matières de construction de forage, la mise en oeuvre du projet est considéré difficile.

C'est dans ces circonstances que le Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines a adressé auprès du gouvernement japonais, une requête visant la coopération financière non-rémoustrable pour la construction de 4 points d'eau dans la ville de Mahajanga et 22 points d'eau dans les zones rurales, ainsi que pour la fourniture des équipements et matériels y nécessaires.

Suivant l'étude de la requête, le gouvernement japonais a décidé d'exécuter une étude de plan de base du présent projet. C'est ainsi que l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) a envoyé une mission d'étude de plan de base à la République Démocratique de Madagascar, du 15 février au 15 mars 1986.

L'objectif de cette mission consistait à vérifier le contexte de la requête, sa pertinence, et d'effectuer une étude sur place nécessaire pour l'élaboration d'un plan à envergure et contenu les plus appropriés.

La mission a effectué une étude sur place dans la capitale, Antananarivo, la ville de Mahajanga de la faritany de Mahajanga, à Marovoy et à Ambato-Boeny, et a effectué des délibérations avec les autorités intéressées de la partie malgache, d'après lesquelles elle a jugé approprié que le présent projet consiste de: la création de 4 forages de puits à eau à Mahajanga, Marovoy et Ambato-boeny pour l'amélioration de la qualité de l'eau et l'augmentation du débit des eaux approvisionnées dans ces villes; et la construction de 22 forages de puits à eau en milieu rural.

La mission a également jugé nécessaire que soit effectué un transfert des techniques relatifs à la construction tels que l'élaboration des plans, la supervision des travaux de réalisation, les techniques de forage, etc.

En conséquence de l'analyse des résultats des études sur place, effectuée dès le retour de la mission au Japon, il a été jugé que la construction des points d'eau pour l'approvisionnement en eau des villes et des milieux ruraux ainsi que la fourniture d'équipements et matériels nécessaires pour les travaux de construction soient indispensables.

Les équipements et matériels nécessaires sont les suivants:

(1) machine de forage (compresseur à haute pression, et pièces détachées y inclus) .....	1
(2) véhicules .....	7
(3) tubages .....	1 lot
(4) pompes manuelles .....	30
(5) instrument pour essais de pompage .....	1 lot
(6) instruments géoélectriques .....	1 lot
(7) atelier de réparation, matériels et outils .....	1 lot
(8) pièces de rechange pour (1), (2), (3), (5), (6) ci-haut ..	1 lot

Aperçu du plan d'aménagement des sources d'eau

zones d'intervention	population		débit de distribution (m3/jour)		dimension des installations du présent projet		
	1984	2000	actuel	2000	type de source	spécification	nombre
	<u>milieu urbain</u>						
Mahajanga	80 000	130 400	16 800	20 000	forage	prof. 50m; diam. 250mm	2
Marovoy	28 000	45 600	1 440	3 200	forage	prof. 120m; diam. 250mm	1
Ambato-Boeny	4 500	7 400	480	520	forage	prof. 50m; diam. 250mm	1
Boriziny	13 000	21 200	600	1 500	prise d'eau de surface par conduite		1
<u>milieu rural</u> (Fivondro-nanpokontany)							
Mahajanga	2 730	4 460	-	83	forage	proj. 50m; diam. 100mm	7
Marovoy	1 995	3 250	-	66	forage	proj. 50m; diam. 100mm	6
Ambato-Boeny	2 364	3 850	-	76	forage	prof. 50m; diam. 100mm	5
Boriziny	2 190	3 570	-	71	forage	prof. 50m; diam. 100mm	4

Pour la réalisation du projet, la partie japonaise s'engagera donc à: la fourniture des équipements et matériels suscités, la fourniture d'assistance technique pour l'approvisionnement des équipements ainsi que pour la construction de 4 forages en milieu urbain et 2 forages en milieu rural, et également à la formation sur le terrain relatifs aux études hydrogéologiques, aux opérations de forage et à la supervision des travaux de réalisation.

Quant à la République Démocratique de Madagascar, elle s'engagera à la mobilisation du personnel nécessaire aux travaux de construction des installations d'adduction d'eau, à la mise en valeur, la gestion et entretien des équipements et matériels, etc.

Le coût de réalisation du projet à la charge de la partie malgache a été estimé à 82,9 millions FMG pour la création de 4 points d'eau urbains et 22 points d'eau ruraux. Le coût de gestion et entretien des 22 points d'eau ruraux à être créer est estimé à 9,6 millions FMG/10 ans.

Les bénéfices directs pouvant être tirés du présent projet seront: l'amélioration de la qualité des eaux actuellement salines de la villes de Mahajanga qui permettra la stabilisation des conditions sanitaires de ses 80 000 habitants; la prévention par la création de plusieurs prises d'eau des coupures d'eau en cas de pannes d'un ouvrage d'adduction d'eau; etc. Par ailleurs, comme effets indirectes l'on peut citer la réduction de l'apparition de maladie hydrique causée durant les coupures d'eau par la consommation des eaux stagnantes ou des puits peu profond. Un des bénéfice socio-économiques au niveau du milieu rural sera: la réduction des travaux de puisage d'eau par la création de points d'eau à proximité des localités, ce qui permettra l'affectation des efforts pour les travaux ménagers et les activités de production agricole.



A coté de ces bénéfices directes, le transfert technique prévu à être effectué au cours de l'exécution du présent projet contribuera à l'appropriation des méthodes d'exploitation des eaux souterraines du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines, ainsi que de leurs modes d'élaboration des plans et de leur mise en oeuvre, et permettra d'assurer une gestion et entretien adéquate des ouvrages. En conséquence, il est jugé approprié de réaliser le présent projet dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du gouvernement japonais.



## CHAPITRE 1. INTRODUCTION

Dans la République Démocratique de Madagascar (ci-après dénommé "Madagascar"), la région du nord-ouest (la faritany de Mahajanga) est une des régions mal approvisionnées en eau potable, comme la région du sud qui est connue par sa sécheresse. 80% des villes de plus de 2000 habitants y sont dotées d'un système d'adduction d'eau, mais ce chiffre s'abaisse à 33% si l'on exclu les systèmes qui doivent être réhabilités. La réhabilitation est nécessaire pour faire face à la dégradation de la qualité d'eau des sources actuelles et pour assurer l'approvisionnement en eau de la population qui augmente. Dans le milieu rural, la situation est pire: seulement 5 % des villages sont dotés de systèmes d'adduction d'eau. D'après la statistique de 1984, la morbidité due aux conditions hygiéniques est élevée, à savoir, 27 % de la population est atteinte d'une certaine maladie quelconque. Pour améliorer ces conditions, le gouvernement malgache a élaboré un projet de l'approvisionnement en eau potable de la région nord-ouest et a demandé au gouvernement japonais la Coopération financière non-remboursable ayant pour objet la fourniture d'équipements et de matériels nécessaires et la construction d'ouvrages de prise d'eau.

La requête malgache vise la construction des ouvrages de prise d'eau dans quatre fivondronampokontany (Mahajanga, Marovoay, Ambato-Boeny, Boriziny) de la faritany de Mahajanga, de 22 points d'eau dans des villages de la faritany ainsi que la fourniture de matériels nécessaires tels qu'une machine de forage, des véhicules d'accompagnement, etc.

A la suite d'un examen du contenu de la requête, le gouvernement japonais a décidé d'effectuer une étude de plan de base. Pour mettre en oeuvre cette décision, l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) a envoyé une mission d'étude de plan de base, dirigée par Monsieur Hiroshi Horimitsu, Sous-directeur Adjoint de l'unité de traitement d'eau de Ohkubo de la préfecture de Saitama, du 15 février au 15 mars 1986.

La mission d'étude a effectué de multiples délibérations sur le contenu de la demande, a effectué une étude sur place et a collecté des renseignements et des données portant sur la situation de l'approvisionnement en eau.

Les articles, auxquels le consentement essentiel a été donné à la suite de délibérations tenues avec des personnels concernés du gouvernement malgache, ont été inscrites dans le procès-verbal qui a été signé et échangé le 1er mars 1986 par les deux parties.

A la fin du rapport, sont joints la composition de la mission d'étude, le programme d'étude sur place, des organismes et leur représentants rencontrés, le procès-verbal et une liste de données recueillis.

La mission d'étude, se fondant sur des résultats obtenus lors de l'étude sur place, a procédé, dès son retour au Japon, à la sélection des matériels, à l'élaboration du plan de base pour les ouvrages de prise d'eau, à l'estimation de coûts du projet et à l'élaboration d'un programme de la gestion et de l'entretien. Le présent rapport présente la synthèse de ces travaux ainsi que la proposition d'un plan adéquat de la mise en oeuvre du projet.

## CHAPITRE 2. CONTEXTE DU PROJET

### 2-1 Aperçu des plans de développement national

A Madagascar, le 1er Plan quinquennal dont l'agriculture occupait une part importante, commencé en 1964, n'a pu obtenir de résultat souhaité. Puis, le plan de 1972 - 1974, élaboré provisoirement n'a pas vu le jour à cause de la crise ministérielle. Ont été élaborés par suite, le 2ème Plan quadriennal de développement national 1974 - 1977 et le Plan de développement économique 1978 - 1982.

Ce dernier plan, qui prévenait un vif investissement, visait à accroître les investissements pour le développement du secteur industriel et des infrastructures, à freiner l'accroissement du secteur public et des services, et de redonner de la vigueur au régime socialiste pour stimuler l'économie nationale. En 1978, le PIB de l'année 1979 a enregistré un taux de croissance de 9,8% par rapport à l'année précédant, un taux de 0,8% pour l'année 1980 et le taux a été négatif les années qui suivent. Ceci est dû au fait que les investissements ont finalement été centrés aux secteurs administratifs, aux services sociaux, aux secteurs du transport et de la communication, et n'a pas été orienté au développement de la production. En outre, les fonds d'investissements étant en grande partie financés par les prêts étrangers, le taux des emprunts extérieurs par rapport au PIB qui était de 13% en fin 1978, s'est élevé à 68% en fin 1982, ce qui a été une des causes pour lesquelles ont été freinées les nouvelles investissements.

Le plan de développement national en cours d'exécution est le plan quinquennal de développement économique (1983 - 1987) qui se situe dans le cadre du Nouveau développement socialiste à long terme (1978 - 2000). Ses caractéristiques principales sont:

- (1) Accorder la priorité à la réhabilitation, entretien et accroissement du taux de fonctionnement au lieu de nouvelles

- investissements.
- (2) Le secteur industriel aura un rôle secondaire par rapport au secteur agricole.
  - (3) Intensifier la participation du secteur privée pour le développement économique et rejeter l'intervention administrative

Ceux-ci fait preuve d'un revirement de la politique économique.

Les prévisions économiques du plan sont indiquées dans le tableau 2-1. L'atteinte des objectifs reste douteux, du fait que, selon le tableau, le déficit en ressources représente 30 à 60% de la formation brute de capital. Les objectifs et les politiques importantes du programme sont:

- (1) Le taux de croissance effectif de 3%
- (2) Accroître le taux de réserve effectif de 3,4% (1982) à 6,3% en 1985
- (3) Augmentation des exportations des produits agricoles et industrielles, et promotion des produits de substitution des importations.
- (4) Réhabilitation des infrastructures agricoles et de transport existantes.
- (5) Amélioration du taux d'utilisation et de fonctionnement des équipements et de installations industrielles, de l'énergie et du transport existants.
- (6) Elimination des contraintes causées par l'intervention administrative.
- (7) Accroissement de la participation du secteur privée en matière du développement économique.
- (8) Intensification d'efforts relatifs à l'autarcie du secteur de l'énergie

En ce qui concerne l'adduction d'eau, la politique du secteur vise l'amélioration du taux de l'utilisation et du fonctionnement des équipements et des installations existants.

Tableau 2-1. Origine et emploi du PIB (1983 à 1987)

(en milliards de FMG)

(la deuxième ligne de chaque article représente le taux de croissance)

rubriques	années					
	1982	1983	1984	1985	1986	1987
			----- prévisions -----			
PIB (prix 1982)	996,1	1.004,7	1.025,7	1.057,5	1.094,5	1.133,0
		0,8	2,1	3,1	3,4	3,5
<u>Origine du PIB</u>						
Agriculture	409,7	419,9	427,5	439,9	452,7	466,3
		2,5	1,8	2,9	2,9	3,0
Industrie	149,9	152,0	159,3	164,7	170,8	177,3
		1,4	4,8	3,4	3,7	3,8
Services	434,5	432,8	438,9	452,9	471,0	489,4
		-0,3	2,0	3,8	4,1	4,2
<u>Emplois du PIB</u>						
Consommation	955,2	954,2	967,2	985,5	1.013,5	1.042,4
		-0,1	2,1	3,8	5,5	5,2
Formation brute de capital	136,4	131,7	119,4	122,8	129,2	136,0
		-0,7	-1,4	0,1	0,2	0,2
Déficit en ressources	95,5	81,2	60,9	50,8	48,2	45,2
			-3,5	-1,2	-0,4	-0,4

Source: Perspectives, programmes et politiques de développement, octobre 1984 (Direction du Plan)

Les objectifs nationales à l'horizon 2000 élaborés par le MIEM sont les suivants:

- en milieu urbain -

- (1) L'approvisionnement en eau des habitants sera fait par branchement privé
- (2) Le débit de consommation minimum sera de 70 lit/jour/habitant.

- en milieu rural -

- (3) Construction d'installation pouvant desservir l'ensemble de la population
- (4) Création de points d'eau à un rayon de moins de 15 min. à pied aller retour. (500m de distance)
- (5) Le débit de consommation sera de 20 lit/ jour/ habitant en moyenne.

## 2-2 Situation de l'approvisionnement en eau potable

### 2-2-1 Généralités

- AEP du milieu urbain -

Le commencement de l'Approvisionnement en Eau Potable (ci-après abrégé "AEP") à Madagascar remonte au début du siècle, époque de la colonie française. Aux environs d'Antananarivo, l'aménagement de systèmes d'adduction et de distribution d'eau était déjà achevé dans les années 1920; dans la ville de Mahajanga qui fait l'objet du présent projet, il est achevé dans les années 1950 et dans les autres chefs-lieux de faritany, dans les années 1960. Cependant, selon la documentation MIEM intitulé "Situation de l'Approvisionnement en Eau Potable à Madagascar", élaboré en 1985, il reste encore 110 villes sans AEP parmi les 229 villes de plus de 2000 habitants, ce qui amène à 52 % le taux de desserte moyen en AEP dans le milieu urbain. En outre, dans 64 villes, des installations d'approvisionnement nécessitent des travaux de réhabilitation en raison de leur vieillissement, du manque des eaux



Tableau 2-2. Situation de la distribution d'eau en milieu urbain par des systèmes d'adduction d'eau; 1973

Population totale (mille ha.)	population par mode de distribution (%)		Volume d'eau distribuée (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an)	débit par mode de distribution (l/jour/hab.)			nombre de consommateurs par borne-fontaine
	borne-fontaine	branchement particulier		borne-fontaine	branchement particulier	total	
773	80	20	27,9	10	194	99	531

Source: Gouvernement malghache 1975

et de l'aggravation de la qualité d'eau. La prise en compte de ces données abaisse le taux de desserte complète en milieu urbain à environ 20%. (Référer figure 2-4)

Les AEP en milieu urbain sont aménagés de systèmes d'adduction d'eau. Cependant, il n'existe pas de documents récents présentant les situations d'utilisation des AEP en milieu urbain. Selon les documents gouvernementaux publiés en 1975, la distribution d'eau se fait par les bornes-fontaines, dont 80% de la population est desservie, ou les branchements privés. Les bornes fontaines sont utilisées à raison de 1 borne par 531 habitants. Par ailleurs, la consommation de l'eau par habitant de la borne-fontaine est de 10 l/j/h, tandis que pour le branchement privé elle est de 194 l/j/h (voir Tableau 2-2).

Les résultats 1983 et 1984 de la JIRAMA (Société Nationale de l'Eau et de l'Electricité), chargée de l'alimentation en eau du milieu urbain, sont indiquées dans le tableau 2-3, selon lequel le taux d'augmentation de la production des eaux potables est de 1983/1984 est de l'ordre de 1,7%.

En tenant compte du taux d'augmentation de la population qui est de 3,1%, l'on considère que la situation de l'approvisionnement en eau s'aggrave. Cependant, le taux de vente par rapport à la production (taux de récupération) s'élève à plus de 87%, ce qui indique que la JIRAMA est compétant en ce qui concerne la gestion et l'entretien.

- AEP du milieu rural -

L'AEP dans le milieu rural dont la population représente 80 % de l'ensemble du pays est nettement plus mauvais que dans le milieu urbain, à savoir, seulement 5 % de la population rurale est desservi en AEP. Par ailleurs, le contrôle de la qualité d'eau pour l'AEP n'y est pas effectué. Ces circonstances sont indiquées dans les tableaux 2-4 et 2-5. Dans le milieu rural, plus de 90 % de l'AEP n'est pas pourvu de système d'adduction d'eau. La population est alimentée par des points d'eau ayant comme source des eaux souterraines.

Tableau 2-3 Statistiques eau (ensemble JIRAMA)

rubriques		1984	1983	taux par rapport 1983 (%)
1. Production				
- Production nette	m <sup>3</sup>	55.294.949	54.349.243	102
2. Pompage				
- sur réseau électricité	Kwh	23.429.243	23.771.006	99
- sur groupe autogène	Kwh	176.663	185.519	95
3. Traitement				
- Sulfate d'aluminium	kg	531.803	570.887	93
- Chaux	kg	279.186	247.566	113
- Hypochlorite de Ca	kg	94.095	95.632	98
- Sel	kg	110.925	114.653	97
4. Ventes	m <sup>3</sup>	48.403.459	46.875.729	103
- Particuliers	m <sup>3</sup>	24.562.613	24.973.363	98
- Administrations	m <sup>3</sup>	7.098.960	7.275.498	98
- Collectivités	m <sup>3</sup>	16.741.886	14.626.868	114
5. Abonnés (compteurs)		63.801	63.389	101
- Particuliers		58.402	57.736	101
- Administrations		2.991	3.249	92
- Collectivités		2.408	2.404	100

(Statistiques d'eau par JIRAMA 1984)

Tableau 2-4 Situation générale de l'approvisionnement en eau potable (AEP) en milieu urbain  
(ville de plus de 2000 habitants) (1984)

faritany	nombre de fivondronan-pokontany	situation des AEP (*1)		type de sources d'eau		situation de fonctionnement		taux de l'AEP en milieu urbain (%)		
		nombre de villes équipées	non-équipées	eaux de surface	eaux souterraines	bonne à biliter	en panne			
Antananarivo	19	37	23	14	17	7	6	16	1	62
Toamasina	18	47	20	27	12	7	10	8	2	43
Toliary	21	50	22	28	5	19	10	6	6	44
Mahajanga	21	26	18	8	4	14	7	11	0	69
Finarantsoa	22	48	25	23	17	9	11	11	3	52
Antsiranana	9	23	11	12	8	5	4	7	0	48
Total	110	231	119	112	63	61	48	59	12	52

Notes: certaines villes exploitent les deux types de sources d'eau; dans certaines villes les types de sources d'eau utilisés ne sont pas clarifiés

Tableau 2-5. Situation Générale de l'approvisionnement en eau potable (AEP) en milieu rural (1984)

Provinces	Nombre de Firai.	Nombre de Fokon.	Types des sources d'eau pour l'AEP							Taux de déserte (%) par rapport au nombre de Fokontany
			système d'adduction d'eau	puits	vovos	barrage	impluvias	autres sources	total	
Antananarivo	285	2.806	47	28	(a)	19	0	(c)3	97	3,5
Toamasina	162	1.807	12	23	-	3	0	(d)2	40	2,2
Toliary	210	1.647	3	416	203	130	91	98	941	57,1
Mahajanga	163	1.348	8	19	(b)13	24	0	(d)5	69	5,1
Fianarantsoa	302	2.868	17	1	-	2	0	(d)8	28	1,0
Antsiranana	128	908	7	24	-	11	0	(c)4	46	5,1
Total	1.250	11.384	94	511	216	189	91	120	1.221	10,7

(Etabli par le Service de l'Eau et de l'Hydrogéologie du MIEM en 1984)

- (a) Non inventoriés
- (b) Les 65 puits construits par la FAFIFAMA ne sont pas inclus
- (c) Fontaines
- (d) Forages

Tableau 2-6. Nombre de maladies hydriques enregistrées dans la circonscription médicale de Mahajanga (1984)

Maladies	Nombre de maladies		
	moins de 14 ans	plus de 14 ans	Total
Paludisme	12.550	13.866	26.416
Maladies diarrhéïques infectieuses ou parasitaires	10.695	6.804	17.499
Infections des organes génitaux	502	4.814	5.316
Maladie de l'oeil et ses annexes	1.926	2.496	4.422
Maladies de l'estomac et du duodénum	731	2.193	2.924
Infection de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	990	1.891	2.881
Bilharziose	485	960	1.445

Source : Ministère de la Santé de Madagascar

N.B. La circonscription médicale de Mahajanga comprend "Mahajanga I", "Mahajanga II", "Marovoy" et "Mitsinjo". La population y est d'environ 220.000 habitants.

- Contrôle de la qualité de l'eau -

Les eaux distribuées dans le milieu urbain subissent le traitement chimique dont les produits principaux sont le sulfate d'alumine, la chaux et le chlore. En milieu rural, aucun contrôle n'est effectué actuellement.

- Condition sanitaire, morbidité

La déféctuosité de l'AEP est cause de l'augmentation de la morbidité d'origine sanitaire qui est considéré à constituer les deux tiers des causes de la mortalité. La situation des maladies d'origine sanitaire en 1984 enregistrées par la Circonscription médicale de Mahajanga, faritany qui fait l'objet du présent projet, est indiquée dans le tableau 2-6. D'après ces données, l'apparition des maladies telles que la diarrhée et les maladies parasitaires, est de 8,0%, à savoir, le plus important après le paludisme. Par ailleurs, il y a des maladies contagieuses, ou des maladies de l'oeil et autres organes causé des mauvaises conditions sanitaires.

2-2-2 Organisation des autorités administratives concernées par l'approvisionnement en eau

(1) Organismes administratifs intéressés et la situation actuelle de son organisation

Les principaux organismes administratifs de Madagascar concernés à l'approvisionnement en eau sont le Ministère de l'industrie, de l'énergie et des mines (MIEM) et la JIRAMA (Tableau 2-7). Le MIEM se charge de l'exploitation des ressources d'eau et la JIRAMA, de la gestion et de l'entretien de l'AEP. Il existe encore d'autres organismes administratifs régionaux, des organismes administratifs annexes et des établissements privés. Leur fonctions respectives sont:

- ° MIEM (Direction de l'énergie et de l'eau)
  - Elaboration de projets de l'approvisionnement en eau potable selon le Plan national
  - Elaboration de projets, gestion et assistance de l'approvisionnement en milieu urbain et rural
  
- ° JIRAMA
  - Travaux d'extention de grande envergure des installations de l'approvisionnement en eau du milieu urbain, et gestion et entretien
  - Travaux d'extension de petite envergure des installations d'approvisionnement en milieu urbain
  - Contrôle de la qualité d'eau pour l'approvisionnement en eau du milieu urbain
  
- ° Collectivités locales (FIRAIANA)
  - Exécution, gestion et entretien de l'approvisionnement urbain et rural
  
- ° Organismes rattachés à la Présidence
  - Direction opération Microréalisation --- AEP régional de petite étendue
  
  - Direction opération Alimentation en eau dans le sud (AES) --- AEP des localités du sud
  
- ° FAFIFAMA
  - Construction d'installations d'eaux pastorales dans la région nord-ouest
  - Construction d'installations de l'alimentation en eau du milieu rural dans la région nord-ouest
  
- ° FIKRIFAMA (organisme regroupant des organisations non-gouvernementales)
  - Construction d'installations de l'approvisionnement en eau selon des demandes officielles



Tableau 2-7. Répartition des organismes chargés de l'approvisionnement en eau selon la classification des localités

Clas-sifi-cation	Localités desservies	Mode de distri-bution	Exploita-tion des ressources en eau	Gestion et entretien	Contrôle de la qualité d'eau
AEP en milieu urbain	Chef-lieu de Fivondronana Localités de plus de 2000 habitants	Système d'adduction d'eau	MIEM	JIRAMA FIRAISSANA #	JIRAMA Ministère de la Santé
AEP en milieu rural	Localités de moins de 2000 habitants	Systèmes d'adduction d'eau ou points d'eau tels que puits, sources, impluvias	MIEM AES FAFIFAMA FIKRIFAMA	FIKRIFAMA	Néant

# La gestion est en cours de transfert de la FIRAISSANA à JIRAMA.

- ° Ministère de la santé
  - Contrôle administratif de la qualité d'eau

Les fonctions des organismes ci-dessus relatifs à l'approvisionnement en eau sont comme suit: (voir Tableau 2-7)

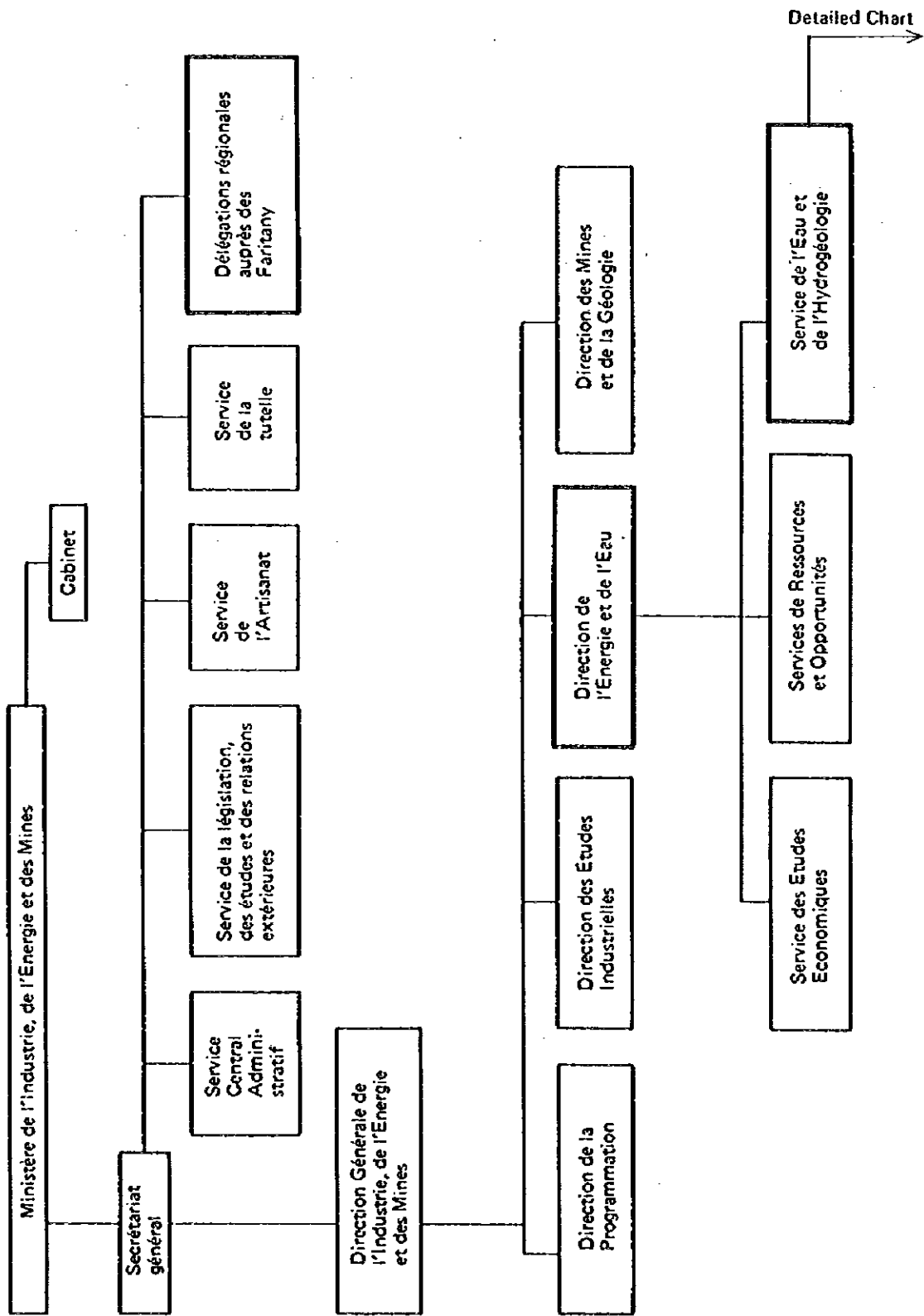
- ° Elaboration de projets ..... MIEM
- ° Exploitation de sources d'eau
  - AEP des villes de plus de 2000 habitants ..... MIEM
  - AEP des villes de moins de 2000 habitants ..... MIEM
  - FIKRIFAMA
  - MICROREALISATION
  - AEP de régions spécifiques (y compris des villages) ... AES
  - FAFIFAMA
  - AEP en milieu rural (alimentation par points d'eau) .... MIEM
- ° Gestion et entretien
  - AEP des villes de plus de 2000 habitants ..... JIRAMA
  - FIRAISSANA
  - AEP des villes de moins de 2000 habitants ..... FIRAISSANA
  - AEP des villages ..... FOKONOLONA
- ° Contrôle de la qualité d'eau
  - AEP des villes de plus de 2000 habitants ..... JIRAMA
  - AEP des villes de moins de 2000 habitants ..... FIRAISSANA
  - Hydraulique villageoise ..... sans organisme de contrôle

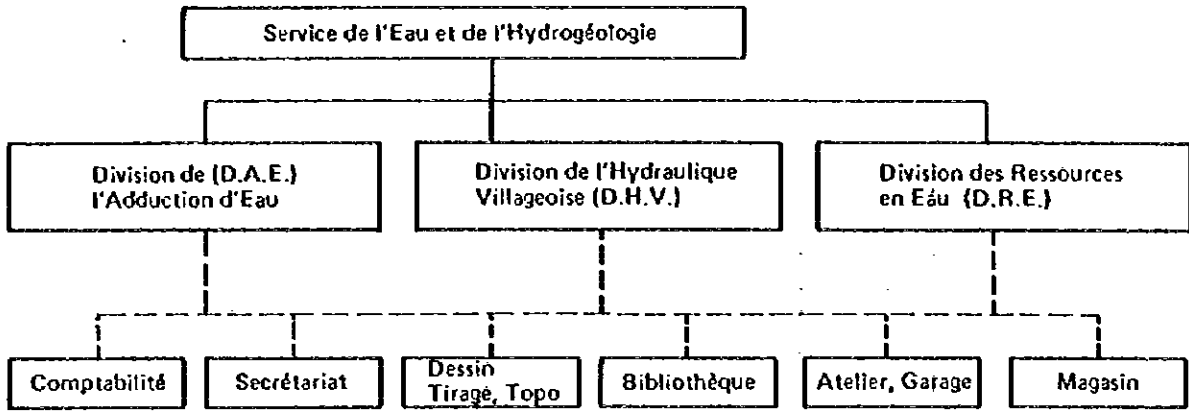
## (2) Organisation du MIEM et les situations actuelles

### 1) Organisation

Le MIEM est constitué de quatre directions parmi lesquelles l'exploitation des ressources en eaux est à la charge de la Direction de l'Energie et de l'Eau (référer figure 2-1). L'exploitation des AEP est à la charge du Service de l'Eau et de l'Hydrogéologie, relevant de la Direction de l'énergie et de l'eau, qui sera le corp d'exécution du présent projet.

Fig. 2-1 Organization Chart of MIEM





Par ailleurs, un bureau de délégation MIEM est installé dans chaque faritany. Ces délégations ne dépendent pas du Service de l'Eau et de l'Hydrogéologie, mais elles se trouvent sous la tutelle du Ministère. Ses compétences ne se limitent pas aux affaires de l'exploitation des eaux souterraines, mais elles s'étendent aussi au secteur de l'industrie et aux mines.

#### ii) Organisation du personnel

Le personnel du Service de l'Eau et de l'Hydrogéologie est indiqué dans le Tableau 2-8. Le Chef de service, ingénieur supérieur mentionné dans ce tableau, spécialiste en hydrogéologie, s'engage à l'étude des potentialités des eaux souterraines exploitables de l'ensemble du pays. Par ailleurs, 4 ingénieurs spécialisés à l'université en hydrogéologie sont responsables des projets AEP. Parmi les adjoints-ingénieurs mentionnés dans le tableau, deux ont reçu, dans le cadre du projet de l'exploitation des eaux souterraines dans le sud par la Coopération financière non-remboursable du Japon, le stage pour la manipulation de la machine de forage TOP-200 qui se trouve actuellement à Madagascar, et un a participé aux travaux de forage du le même projet. On peut donc considérer qu'en total trois adjoints-ingénieurs peuvent manipuler la machine de forage de fabrication japonaise.

En ce qui concerne le personnel des délégations, la région du sud dispose d'un personnel intensifié, du fait de l'existence de nombreux projets, tandis que dans la faritany de Mahajanga, objet du présent projet, il n'y a qu'un adjoint-ingénieur.

#### iii) Budget relatif à l'exploitation du secteur de l'adduction d'eau

Le Budget affecté au MIEM est constitué de budget ordinaire et le budget pour le développement. Les fonds nécessaires au secteur eau, à savoir, à l'exploitation des ressources en eaux, à la construction des installations d'adduction d'eau, la gestion et l'entretien sont affectés par le FNDE. Cependant ce dernier ne fournit que 60% du budget, une grande partie du budget du secteur eau étant fourni par les aides

Tableau 2-8. Personnel du service de l'eau et de l'hydrogéologie du MIEM

Fonction	Nombre	Observations
Ingénieur Supérieur (Chef de Service)	1	
Ingénieurs	4	L'un d'entre eux sera Chef du chantier du présent projet.
Adjoints Ingénieurs	5	Aides Ingénieurs en forage.
Adjoint Administration	1	
Adjoint de Service	1	
Agents Techniques	6	Foreurs.
Assistants d'Administration	8	
Employés Techniques	3	Aides-Foréurs.
Chefs d'Atelier	5	A l'atelier de réparation à Antananarivo.
Conducteurs des Travaux	3	
Chefs d'Equipe	5	
Mécaniciens-Dépanneurs	6	
Surveillants des Travaux	10	
Ouvriers qualifiés et autres	55	
<b>Total</b>	<b>113</b>	

Tableau 2-9. Crédits du MIEM pour le secteur eau  
(distribué par FNBE)

désignation	Montant du crédit (FMG)		observations
	engagé en 1985	à engager 1986	
-----			
- milieu urbain -			
I. Travaux néufs des adductions d'eau			* crédits à la disposi- tion du MIEM
a) En régie opération contenue			
Division d'Hydrogéologie			
Etudes et réalisation de captage d'eau	60 000 000 (11%)	75 000 000 (5%)	(*)
Division des forages et matériels	26 500 000 (5%)		
b) Contrats avec JIRAMA			
Construction des adductions d'eau	20 274 756 (4%)	175 000 000 (10%)	
-----			
II. Travaux d'amélioration des adductions d'eau			
a) En régie opération contenue			
Amélioration des ouvrages de prise d'eau	19 700 000 (4%)	25 000 000 (2%)	(*)
b) Contrats avec JIRAMA			
Travaux en cours	327 563 194 (61%)	275 000 000 (17%)	
Travaux néufs	42 000 000 (8%)	950 000 000 (59%)	
-----			
- Milieu rural -			
III. Travaux d'amélioration des points d'eau dans l'ouest et le sud	40 000 000 (7%)	60 000 000 (4%)	
IV. Etudes pour l'organi- sation de la gestion de l'AEP		55 000 000 (3%)	(*)
-----			
Total	536 037 950	1 615 000 000	
-----			

N.B. Frais ordinaires tels que salaires ne sont pas inclus

extérieures. En fait, les résultats 1982 des investissements FNDE sont estimés à 600 millions FMG (y compris les investissements JIRAMA), et quant aux financements étrangers, à 1 million US\$ (370 million FMG).

La part du secteur eau dans le montant total du budget FNDE est extrêmement bas, le résultat 1982 n'étant que 0,8% si l'on exclut les investissements à la JIRAMA, et 7 - 8% si l'on le tient en compte. Parmi le budget total du secteur eau, la part à être affecter au MIEM dépasse 90%.

Le budget 1985 et 1986 relatif à l'exploitation des ressources d'eau du MIEM est présenté au tableau 2-11. Le budget affecté en 1986 à la section de l'eau et de l'hydrogéologie est 155 millions FMG. Ce montant représente environ 10% du budget de MIEM, le reste étant affecté à la JIRAMA. Par ailleurs, parmi le budget MIEM, 15% est effecté au nouveau travaux, et le reste au coût de réhabilitation des AEP.

#### iv) Situation actuelle de l'exploitation

Les activités MIEM relatives à l'exploitation des eaux souterraines sont limitées par la capacité du personnel disponible et de la disponibilité des équipements et budget. Ces dernières années, elles se trouvent concentrées pour la plupart dans le sud. Le nombre de sources d'eau exploitées annuellement a été de 34 en 1982, année où a été réalisé le projet de l'exploitation des eaux souterraines financé par le gouvernement japonais, mais a baissé régulièrement jusqu'en 1985 où il a été de 8 (voir Tableau 2-10).

#### (3) Equipements du MIEM

Les équipements principaux que disposent le MIEM sont des machines de forage et des véhicules. Parmi les trois machines de forage du MIEM, une seule pourrait être utilisé pour le forage des nappes de roches squelettiques, à savoir celle qui a été introduite en 1981 dans le cadre du projet de la Coopération financière non-remboursable du Japon. Cette machine étant actuellement utilisée pour le projet du sud, elle ne peut être transporté à d'autres régions. Le MIEM dispose de deux autres



Tableau 2-10 Nombre d'ouvrages de prise d'eau construits par le MIEM

1982 à 1985

Ouvrages	1982	1983	1984	1985
- puits	12 (*)	8	6	3
- forage	12 (*)	-	-	2
- amélioration de fontaine	5	4	4	1
- puisard à drain	5	7	5	2
<b>total</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>8</b>

\* comprend ouvrages construits  
dans le sud par la Coopération  
financière non-remboursable  
du Japon

machines de forage mais elles ont dépassé l'année d'usage et ne sont en état de fonctionnement.

Quant aux véhicules d'accompagnement, 1 seule est en état de fonctionnement, les 4 autres étant en panne. Référez tableau 2-9.

Pour la gestion et l'entretien de ces matériels, le MIEM dispose de cinq ateliers de réparation dans l'ensemble du pays. Il y a des ateliers relativement bien équipés à Antananarivo, la capitale, et à Toliary, chef-lieu de la faritany du sud. Au niveau de ces deux ateliers dont la composition du personnel est indiquée dans le tableau 2-8, peuvent être effectués la réparation et l'entretien des véhicules et des moteurs. Trois autres ateliers se trouvent tous dans le sud. Mais, leur équipement est modeste et ne dispose de mécaniciens qualifiés.

#### (4) Aperçu de la JIRAMA

La JIRAMA est un organisme fondé en 1975 à partir des sociétés publique et privé et qui se trouve sous la tutelle du MIEM. Son organisation, comme indiqué dans la figure 2-2, est divisée en secteur de l'électricité et celui de l'eau. Elle a des délégations dans chaque faritany.

L'organigramme de la direction locale de Mahajanga, organisme responsable du présent projet, et son service des eaux est indiquée dans la figure 2-3. Il est composé des sections production, distribution et travaux, et effectue les travaux suivants:

- i) Grands travaux des AEP et leur réhabilitation  
Financement de l'Etat ou extérieur (par l'intermédiaire du MIEM)
- ii) Gestion et entretien des AEP urbains  
Financés par le taux des eaux municipales perçus
- iii) Travaux d'extension des AEP de petite dimension  
Financés par le taux des eaux municipales perçus

Tableau 2-11. Matériel du service de l'eau et de l'hydrogéologie du  
MIEM

Machines	Nombre	Modèles	Pays et année de fabrication	Observations
Machine de forage	1	Rotary Top - 200	Japon 1980	Fournie à l'occasion de la Coopération financière non-remboursable du Japon en 1981
Machine de forage	1	Rotary Falling Walker FWN 30		En panne par manque de pièces de rechange
Machine de forage	1	Walker Neer WS 21		En panne par manque de pièces de rechange
Camion	1	3,75 t équipé de grue	Japon 1981	
Camion	2	6,5 t	Japon 1981	Un est complètement détérioré.
Jeep	2		Japon 1981	Les deux sont en panne par manque de pièces de rechange

Fig. 2-2 Organization Chart of JIRAMA (Whole Country)

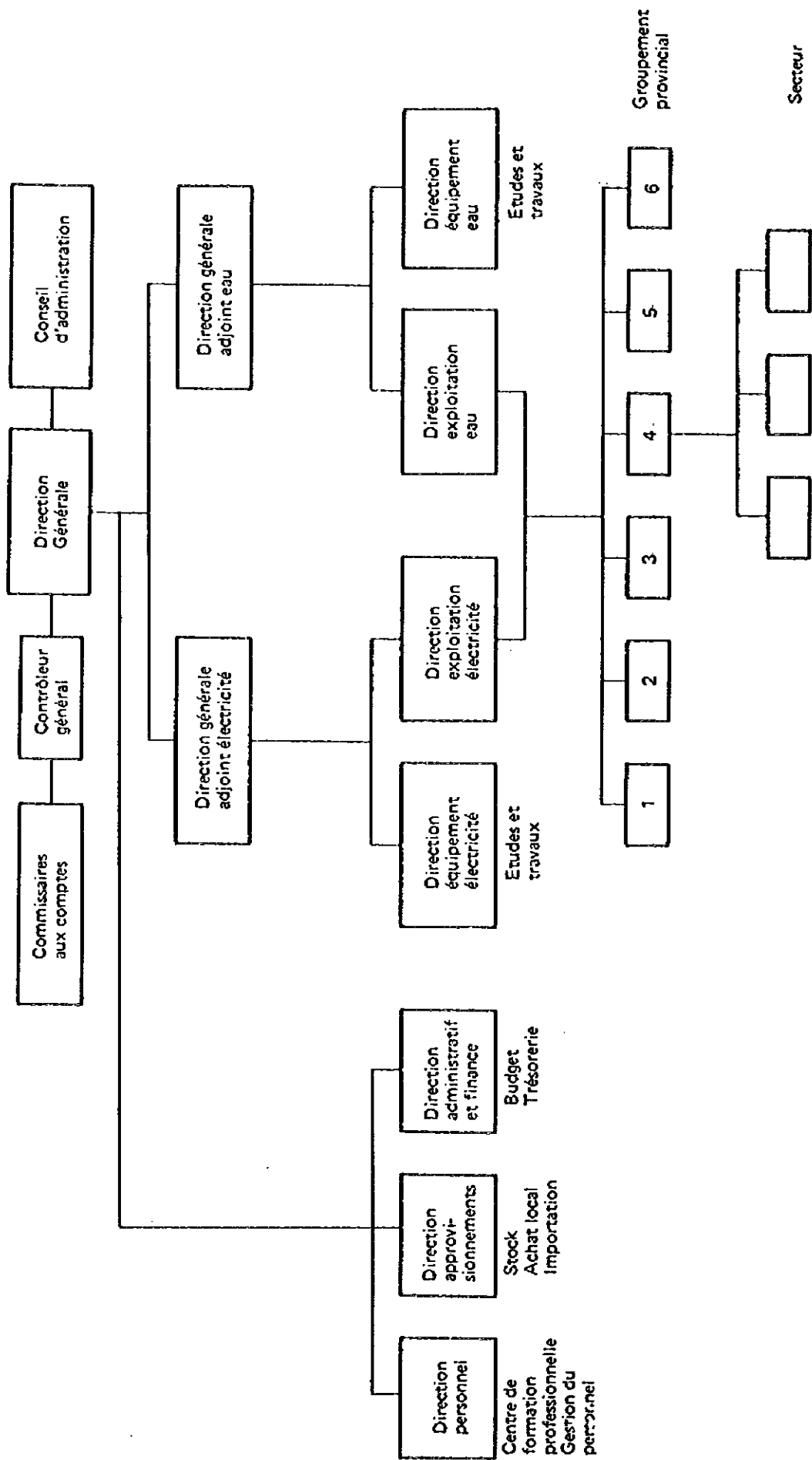
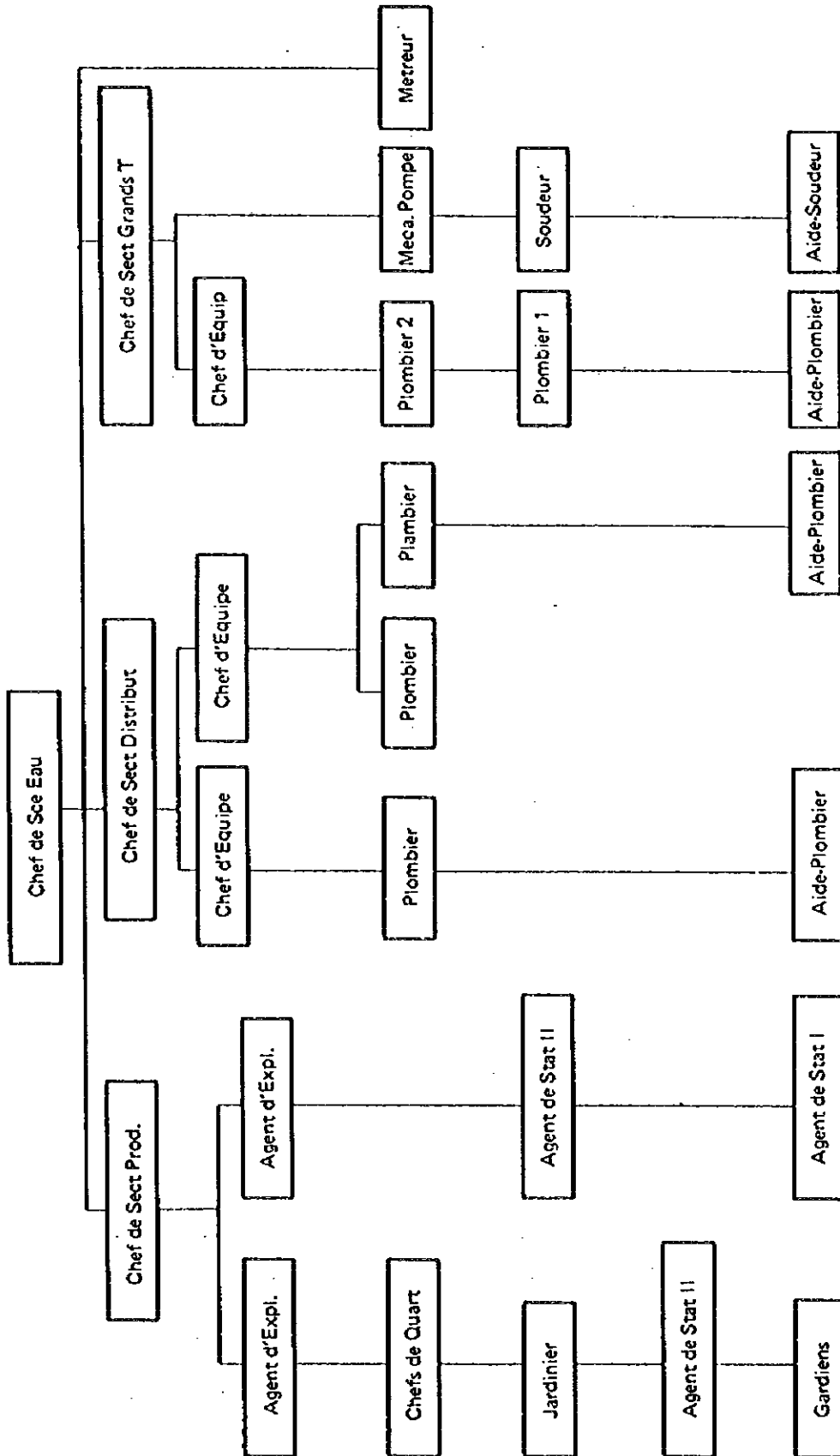


Fig. 2-3 Organization Chart of Water Section of JIRAMA (Majunga province)



Parmi ces projets, le premier est financé par le FNDE par l'intermédiaire du MIEM. Les autres projets sont financés à partir du taux des eaux municipales.

Le système du taux des eaux municipales est indiqué au tableau 2-12. Les excédents des taux pour les contrats particuliers sont de 103 à 120 FMG par m<sup>3</sup>.

Comme il en a été indiqué dans le tableau 2-3, le taux des eaux municipales est récupéré de 90%, ce qui est indiqué que l'administration de la JIRAMA est fait adéquatement.

#### 2-2-3 Les projets de l'approvisionnement en eau et leur situation actuelle

Le programme de l'approvisionnement en eau (1986 - 1990) est élaboré par le MIEM, en fonction du Programme national de développement. Le programme est classés de manière suivante:

##### AEP en milieu urbain

- Travaux neufs de l'AEP (20 villes)
- Travaux de réhabilitation des installations existantes (10 villes)

##### AEP en milieu rural

- Travaux neufs de l'AEP
- Travaux de réhabilitation des installations existantes
- Etude pour l'établissement d'organisations de la gestion

##### Exploitation des ressources en eaux

- Travaux de construction d'ouvrages de prise d'eau des systèmes d'adduction des eaux urbaines (20 villes)
- Travaux d'amélioration d'ouvrages de prise d'eau des systèmes d'adduction des eaux urbaines (10 villes)
- Etudes relatives à l'élaboration de plans hydrogéologiques

Tableau 2-12 Système du Taux des eaux municipales de la JIRAMA

type de contrat nombres de contrats (m <sup>3</sup> /mois)		taux de base (FMG/mois)	excédents FMG/m <sup>3</sup>
contrat particulier	7,5	897	120
	15,0	1 794	120
	60,0	6 167	103
	300,0	30 835	103
contrat commercial	7,5	1 745	233
	15,0	3 384	226
	60,0	13 137	219
	300,0	63 705	412
borne fontaine	71 FMG/m <sup>3</sup>		

Parmi ces projets, les plus prioritaires sont les travaux de réhabilitation des AEP des chefs-lieux de faritany. Les travaux pour la ville de Mahajanga sont prévus à achever en 1988. Les travaux des villes de Toamasina, Toliary et Fianarantsoa seront accomplis par suite. Le commencement des nouveaux travaux et des réhabilitations sont prévus pour 1988 pour les chefs-lieux de Fivondronampokontany, et quant à pour les villes plus petites, en 1990 ou plus tard.

Les projets dont le financement est prévu sont: une partie des nouveaux travaux et réhabilitation des chefs-lieux de fivondronampokontany, une partie des travaux d'amélioration des AEP villageois de la région du sud, étude pour l'établissement d'organisations de la gestion, travaux de construction d'ouvrages de prise d'eau des systèmes d'adduction des eaux urbaines. Les sources de financement ne sont pas trouvées pour les autres projets.

Le tableau 2-13 présente les projet d'investissements pour chaque type de travaux du programme d'aménagement de l'approvisionnement en eau (1986 - 1990).

Le tableau montre que le total des coût s'élève à 22 557 million FMG. La part des devises représente 66% de ce montant, mais les financements ne sont trouvés. Les crédits pour les 34% en monnaie intérieure sont assurés uniquement pour le budget 1986 qui ne représente que 5% du coût total des 5 ans.

Les crédits pour l'exploitation des eaux sont attribués du budget d'investissement du FNDE, mais sa part ne représentait en 1982 que 0,8 % du budget total. Le montant des crédits accordés par le FNDE, la part de la JIRAMA exclue, est d'environ 155 millions de FMG (environ 43 millions de Yen) dont la part distribuée à l'exploitation des ressources en eaux est de 75 millions de FMG (environ 21 millions de Yen). (Référer tableau 2-11)



Tableau 2-13. Crédits pour l'exploitation des eaux (millions de FMG)

Articles	Montant totale		Monnaie locale		Devises	
	alloué	à engager	alloué	à engager	alloué	à engager
(1) Travaux d'adduction d'eau						
° Milieu urbain						
Réhabilitation (10 villes)	651	8.928	651	3.227	-	5.701
Travaux neufs (20 villes)	300	5.109	300	1.727	-	3.382
° Milieu rural						
Réhabilitation	60	640	60	425	-	215
Travaux neufs	-	5.880	-	714	-	5.166
Etudes	55	355	55	-	-	355
(2) Exploitation des ressources en eau						
Réhabilitation (10 villes)	104	-	104	-	-	-
Travaux neufs (20 villes)	56	247	56	247	-	-
Etudes	-	172	-	82	-	90
Total	1.226 (5%)	21.331 (95%)	1.226	6.422	-	14.909
	22.557		7.648 (34%)		14.909 (66%)	

Source : Service de l'Eau et de l'Hydrogéologie du MIEM

Selon le rapport de la Banque Mondiale relatif à l'approvisionnement en eau de Madagascar, le montant nécessaire pour atteindre l'objectif à l'horizon 2000 de l'approvisionnement en eau en milieu rural serait de 150 milliards de FMG dont les dépenses ordinaires représentent 50 milliards de FMG, soit 7,4 milliards de FMG/an. Ce chiffre est équivalent au budget global (comprenant les milieu urbain et rural) de l'exploitation des eaux de 1978 à 1982 . Cette réflexion nous mène à considérer que l'objectif envisagé est trop optimiste pour être réalisable.

Comme mentionné plus haut, on fait recours aux assistances étrangères pour une part de 66% du projet total des investissements. Le résultat des aides extérieures à l'égard du secteur eau était de 700.000 \$ US en 1977 et 1 million de \$ US en 1981. Ces chiffres ne représentent que moins de 2 % des aides totales attribuées à ce pays. Pour réaliser tous les projets MIEM d'approvisionnement en eau, les fonds nécessaires s'élèvent à 3 milliards FMG (830 millions yens) par an. Il est considéré que la Coopération Financière Non-remboursable du gouvernement japonais pourra grandement contribuer à combler ce chiffre.

Les projets de l'exploitation des eaux en cours d'exécution sont indiqués dans le tableau 2-14. Comme projets concernés à la zone d'intervention du présent projet, il y a le projet FAFIFAMA qui est financé par IDA et vise la construction de puits à vocation humaine et animale, ainsi que des bassins de retenue pour élevage. Les résultats enregistrés en 1986 est: 87 puits (animal - 30%, humain - 70%); 3 retenues (capacité - 20 000m<sup>3</sup>). La construction de 65 puits est encore prévue.

#### 2-2-4 Situation de l'utilisation des eaux souterraines

L'exploitation des ressources en eaux à Madagascar est effectuée principalement par le Service de l'eau et de l'hydrogéologie du MIEM. Les eaux souterraines sont exploitées en grande partie pour

Tableau 2-14. Projets de l'approvisionnement en eau

Intitulé des projets (Période des projets)	Financements		Description des projets et situation actuelle
	Local	Devise	
<u>Milieu urbain</u>			
Nouvelles adductions d'eau (jusqu'à l'an 2000)	FNDE/ JIRAMA	Demande de financements auprès de FED et Banque Mondiale	Programmation nationale de mise en place avant l'an 2000 des AEP dans tous les chefs-lieux de fivondronampokontany et villes de plus de 2000 habitants. Travaux en cours dans 3 villes.
Travaux d'amélioration des adductions d'eau des chefs-lieux de faritany (à '90)	FNDE	Banque mondiale Italie	Travaux en cours dans deux villes. Mise en place de stations de traitement et pompage. Travaux d'adduction d'eau.
Travaux d'amélioration des adductions d'eau gérées par des Firaisana (à 1985)	FNDE/ JIRAMA	FED	Confier la gestion à la JIRAMA pour un souci d'harmonisation des gestion d'AEP. Travaux en cours dans 3 villes. Fin prévue en 1985.
Approvisionnement et assainissement de Tananarive (1975 à 1985)(1985 à 1986)	FNDE	PNUD Banque mondiale	Etude, plan directeur. Pose de conduites et construction des réservoirs d'eau.
Opération AES	FNDE	FED	Réalisation des adductions d'eau pour des localités.
Projet de l'approvisionnement en eau par la JIRAMA	JIRAMA	-	Réalisation de création et amélioration des points d'eau à la charge de JIRAMA. Gestion des systèmes d'adduction d'eau.
Microréalisation (1980 à 1985) (1981 à 1986)	PL-480	FED	Création ou réhabilitation de points d'eau sous demande des localités.
Projets de l'amélioration des adductions d'eau dans les chefs-lieux de fivondrona (1986 à 1989)	FNDE/ JIRAMA	FED	Construction de retenues d'eau stations de traitement, de pompage et pose de conduites d'eau. Fourniture de matériels.

Intitulé des projets (Période des projets)	Financements		Description des projets et situation actuelle
	Local	Devise	
<u>Milieu rural</u>			
Travaux d'amélioration des points d'eau dans le sud (de 1980)	FNDE		Travaux de réhabilitation des puits et des forages
Création de points d'eau dans le sud (1981 à 1986)	FNDE	USAID	Exécution de plusieurs puits, forages et quelques systèmes d'adduction d'eau. Bassin sédimentaire de l'ouest. Quelques localités de l'est
Création de points d'eau dans le bassin sédimentaire de l'extrême-sud (1981 à 1985). 2ème phase FED dans le sud.	FNDE	FED	80 forages dont 20 réalisés 80 à 90 impluvia dont 50 réalisés.
Réalisation de puits et forages dans la zone du socle du sud (1985 à 1987)	FNDE	BAD	50 puits. 75 forages. 9 adductions d'eau. Réhabilitation de 40 puits.
Développement intégré de l'Androy		PNUD	Création, réhabilitation de puits et impluvia en cours.
Opération microréalisation			Réalisation de puits et de système d'adduction d'eau dans tout Madagascar. En cours d'exécution.
FAFIFAMA (Développement rural de l'ouest)		AID	Construction de puits et de retenues d'eau pour le bétail. Construction de puits pour l'alimentation en eau potable (65 puits déjà réalisés). En cours d'exécution.

l'AEP du milieu urbain, mais aussi pour l'agriculture, l'élevage et l'industrie.

- Utilisation des eaux souterraines -

A Madagascar, les nappes aquifères étant, pour la plupart, des roches sédimentaires constituées principalement de calcaires, leur utilisation est limitée à la région ouest de l'île où les roches sédimentaires sont développées. L'utilisation des eaux souterraines dans chaque secteur est représentée dans les tableaux 2-15 à 2-18. D'après le tableau 2-15, le volume des eaux souterraines utilisées pour l'AEP du milieu urbain est de 11 millions de m<sup>3</sup> par an. Etant donné que le volume global des eaux fournies par la JIRAMA pour l'AEP du milieu urbain est de 50 millions de m<sup>3</sup> par an, 20 % en dépend des eaux souterraines.

- Utilisation en tant que source d'eau -

L'utilisation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau du milieu rural est, au niveau national, insuffisante en raison du retard des travaux de l'AEP rural. Cependant, dans la faritany de Toliary, région sud, l'AEP est assuré par 619 points d'eau (puits et vovos) ayant des eaux souterraines comme sources d'eau, comme il en est indiqué dans le tableau 2-5.

En milieu rural, il est approprié d'exploiter les eaux souterraines par moyen de puits ou vovos, non munit de système d'adduction d'eau, ceci compte tenu des conditions économique et de la disponibilité en équipements du pays. Cependant, en considération de l'accroissement de la population et de l'augmentation du taux de morbidité à origine sanitaire, causé par la consommation des eaux de puits et de vovos, il est plus apte dans certains conditions hydro-géologiques d'exploiter les eaux de nappes profondes.

Tableau 2-15 Utilisation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau des villes

\* Faritany de Mahajanga

Villes	population (estimation 1981)	volume consommé en 1981 (m <sup>3</sup> /an)	nappes
* Mahajanga	82 026	5 961 640	calcaire éocène
Toliary	47 396	2 603 810	" "
* Marovoay	25 243	547 446	grès crétacé
Morondava	23 151	429 683	sables quaternaires
Antalaha	20 472	439 368	alluvions
Manonjary	17 256	338 553	"
* Antsohihy	11 713	356 439	grès de l'Isalo
Morombe	9 940	70 297	calcaire quaternaire
* Maintirano	9 800	147 778	sables quaternaires
Fenerive Est	9 032	101 436	alluvions
* Maevatanana	7 580	89 402	"
Ambanja	7 567	209 899	"
* Mampikony	6 724	32 461	"
Betroka	5 602	58 686	"
Madirovalo	4 902	68 101	grès crétacés
* Befandriana Nord	4 482	72 031	alluvions
* Ambato-Boeny	4 122	54 701	grès sableux quaternaires
Bezaha	3 892	21 747	grès de l'Isalo
Mahabo	2 644	43 287	alluvions
Bekily	2 521	24 128	sous-écoulement
Beloha	1 434	3 662	sables éoliens récents
Tsihombe	1 267	14 763	sous-écoulement
* Mitsinjo	1 216	22 169	calcaire éocène
<b>Total</b>	<b>309 930</b>	<b>11 709 656</b>	
		(103 lit/hab./jour)	

(Rakotondrainibe 1983)

Le volume nécessaire, en 1981, des eaux souterraines à exploiter, calculé par le MIEM, est comme suit:

population totale .....	8.939.538 habitants
population urbaine .....	1.579.014 habitants
taux de desserte en milieu urbain .....	75 %
consommation d'eau en milieu urbain .....	125 l/j/h
population urbaine non desservie .....	400.000 habitants
	(25 % de la population urbaine)
<u>volume d'eau manquant en milieu urbain .....</u>	<u>18.250.000 m<sup>3</sup></u>
population rurale .....	7.360.524 habitants
taux de desserte en milieu rural .....	5 %
population rurale non desservie .....	7.000.000 habitants
consommation d'eau en milieu rural .....	40 l/j/h
<u>volume d'eau manquant en milieu rural .....</u>	<u>102.200.000 m<sup>3</sup></u>
<u>volume total manquant .....</u>	<u>120.450.000 m<sup>3</sup></u>

Cette quantité manquante est dix fois plus grande que le volume des eaux souterraines utilisées actuellement pour l'AEP du milieu urbain. Mais, celle-ci convertie en quantité d'écoulement par rapport à la superficie totale n'est que de 0,2 % par an. Elle peut être entièrement exploitable pour le pays ayant des précipitations de 1,350 mm.

Cependant, pour combler ce déficit en volume d'eau, il est indispensable d'accroître largement le budget de l'exploitation en eaux qui ne représente actuellement que 10% de l'ensemble du budget de la section eau.

- Utilisation pour l'agriculture, l'élevage et l'industrie

Les eaux souterraines pour l'agriculture et l'élevage sont exploitées dans les régions de l'ouest et du sud où répendent des roches sédimentaires. Les eaux souterraines y sont tirées des puits.

En ce qui concerne l'industrie, les modes d'utilisation sont similaires à celles des secteurs de l'agriculture et de l'élevage.

Les situations sont présentées dans les tableaux 2-16 à 2-18.

2-3 Contenu de la requête

La requête du gouvernement malgache, relative au projet d'exploitation des eaux souterraines dans la région Nord-Ouest de Madagascar, adressée au gouvernement japonais, visait une coopération financière non-remboursable pour la fourniture d'équipements et de matériels nécessaire à la réhabilitation des dégats causés sur les installations d'approvisionnement en eau par le passage récent des cyclones ainsi que pour la construction de puits à drain rayonnant. (Référer tableau 2-19.)

La requête malgache originale est constituée des points suivants:

° Etude et reconnaissance hydrogéologique

Introduction de prospection géophysique pour amélioration de mode d'exploitation des eaux souterraines et études hydrogéologique de la zone du projet. Est demandé l'introduction d'appareils de prospection électrique et de prospection souterraine.

° Appareil de forage

Sont demandés un appareil de forage horizontal nécessaire pour la construction de puits à drain rayonnant.



Tableau 2-16 Utilisation des eaux souterraines dans l'agriculture

<u>situation géographique</u>	<u>activités agricoles</u>	<u>nappes exploitées</u>	<u>type de captage</u>
Hauts-plateaux	riziculture	nappes d'arène	sources et barrage intercollinaires
plaine de Morondava	riziculture	nappe crétacé	forages artésiens
plaine de Mahajanga	culture de tabac	nappe d'alluvions	pompagé

Tableau 2-17 Utilisation des eaux souterraines pour l'élevage

<u>situation géographique</u>	<u>activités</u>	<u>nappes exploitées</u>	<u>type de captage</u>
Plaine de Mahajanga	ferme d'état d'élevage de zébus (Fafi-fama) élevage individuels	nappes superficielle néogène et quaternaire	plusieurs puits
Bassin de l'extrême-sud	élevage individuels de zébus	nappes de sables superficiels	plusieurs puits et mares

: Tableau 2-18 Utilisation des eaux souterraines dans l'industrie

nom de société	activités	nappes exploitées
- Kafema (Diego-Suarez)	société de torrefaction	sables alluvionnaires
- Sotema (Mahajanga)	société textile	calcaire éocène
- Sumatex (Toliary)	société de cons- truction mécanique	sables quaternaires
- Star (Toliary)	brasserie	sables quaternaires
- Zema (Amboasary)	usine d'engrais	sables argileux alluvionnaires
- Solima (Toamasina)	raffinerie de pétrole	sables des plages
- Zeren (Toamasina)	usine d'engrais	sables des plages
- Ramanandraibe (Toamasina)	usine de traitement de la girofle	sables des plages
- Kobama (Antsirabe)	Minoterie	sables argileux superficiels

° Pièce de rechange

Il existe actuellement au Madagascar un appareil de forage fourni en 1981 dans le cadre de la coopération internationale non-remboursable du gouvernement japonais effectué dans le sud du pays. Des pièces de rechange ont été demandées pour ajouter une fonction de percussion à air à l'appareil existant.

° Construction de puits à drain rayonnant

Madagascar a programmé la construction de puits à drain rayonnants pour suppléer les installations d'approvisionnement en eau des villes telles que Mahajanga. Dans certaines conditions hydrogéologiques, ce type de puits est approprié en tant qu'installation de prise d'eau des nappes peu profondes. Mais comme il en a été mentionné dans le chapitre 4, 4-2-1 (3) "Considération des ouvrages d'adduction d'eau", il a été jugé que les forages sont plus appropriés dans la zone du projet que les puits à drain rayonnant.

Tableau 2-19 Requête originaire du présent projet

1. Etude et reconnaissance hydrogéologique
2. Fourniture de matériels
  - 1) 1 appareil de géophysique avec accessoire
  - 2) 1 petite machine de forage avec accessoires
  - 3) 1 engin de levage
  - 4) 2 camions
  - 5) 1 bétonnière
  - 6) 2 groupes de soudure
  - 7) 1 jeep tout terrain
  - 8) 1 machine de forage horizontal avec accessoires
  - 9) 1 lot de petits appareils de mesure sur terrain en hydrogéologique
  - 10) pièces de rechange pour équipements de forage marteau-fond de trou Tone Boring Top 200.
3. Réalisation de puits à drain rayonnants
4. Formation du personnel
5. Imprévu

## CHAPITRE 3. APERCU DE LA REGION DU PROJET

### 3-1 Conditions naturelles

#### 3-1-1 Topographie

Le territoire de Madagascar peut être divisé, au point de vue topographique, en trois zones: 1) le bassin étroit de la Côte-Est, 2) les Hauts-Plateaux, 3) le grand bassin de la Côte-Ouest. La région qui fait l'objet du présent projet se situe dans le bassin de la Côte-Ouest: de l'extrémité des Hauts-Plateaux descendant en pente douce vers la ville de Mahajanga (Fig. 3-1).

Parmi les 21 fivondronampokontany de la faritany de Mahajanga, le projet comprend Mahajanga, Marovoy, Ambato-Boeny et Boriziny. Cette faritany est la deuxième à Madagascar en superficie avec environ 150.000 km<sup>2</sup> qui représente environ 25 % de la superficie totale du pays (587.000 km<sup>2</sup>).

La zone du projet est, comme indiqué dans la figure 3-2, constituée du bassin littoral dont l'altitude est généralement de moins de 200 m, à l'exception du sud-est où des collines de l'altitude de 200 à 300 m sont développées du nord-est vers le sud-ouest.

L'un des grands fleuves de Madagascar, Betsiboka, qui y coule se jette dans le canal de Mozambique. D'autres cours d'eau, en se dirigeant vers le nord-ouest, se jettent tous dans le même canal.

#### 3-1-2 Géologie

La géologie de la faritany de Mahajanga comprenant la zone du projet est indiquée dans le tableau des formations géologiques et la carte géologique (voir Tableau 3-1 et Figure 3-3).

Fig. 3-1 PROVINCE DE MAHAJANGA ET REGION DU PROJET

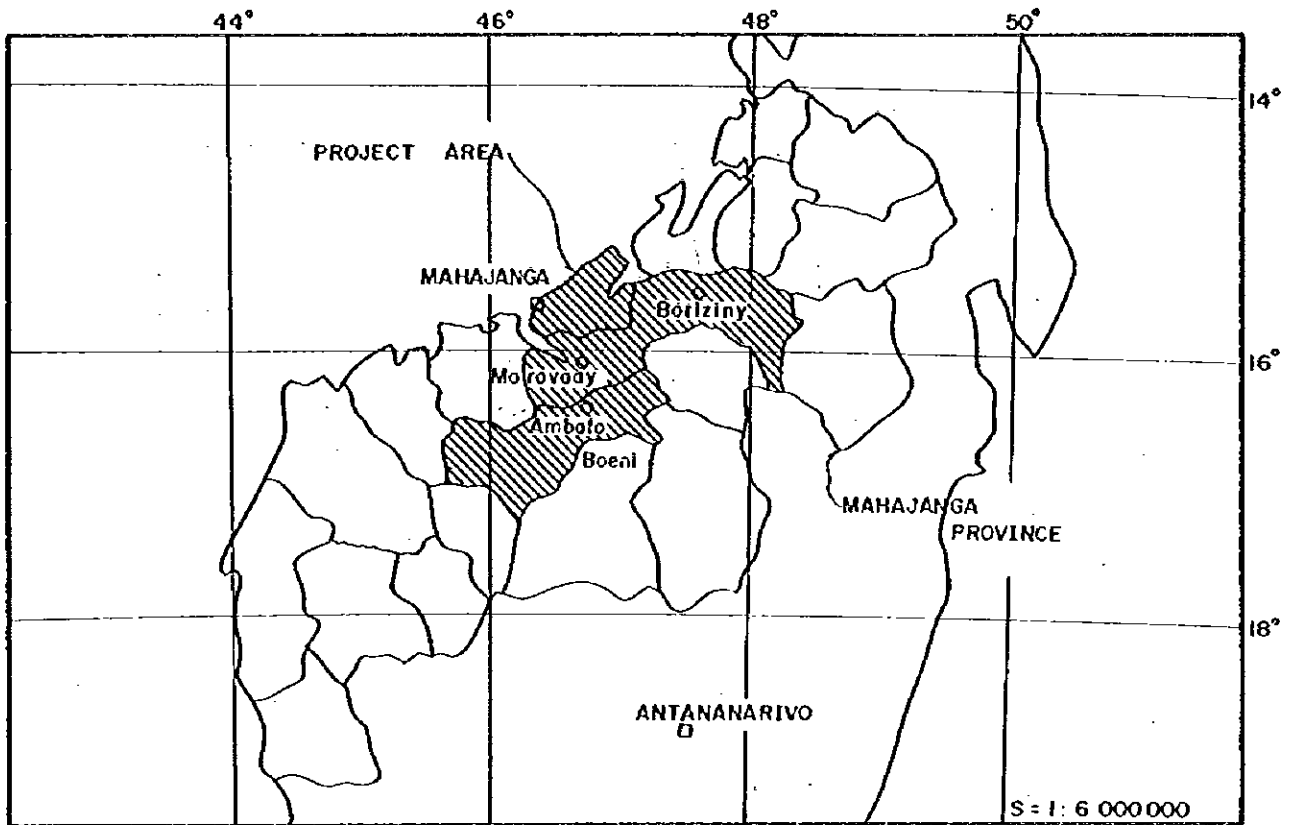
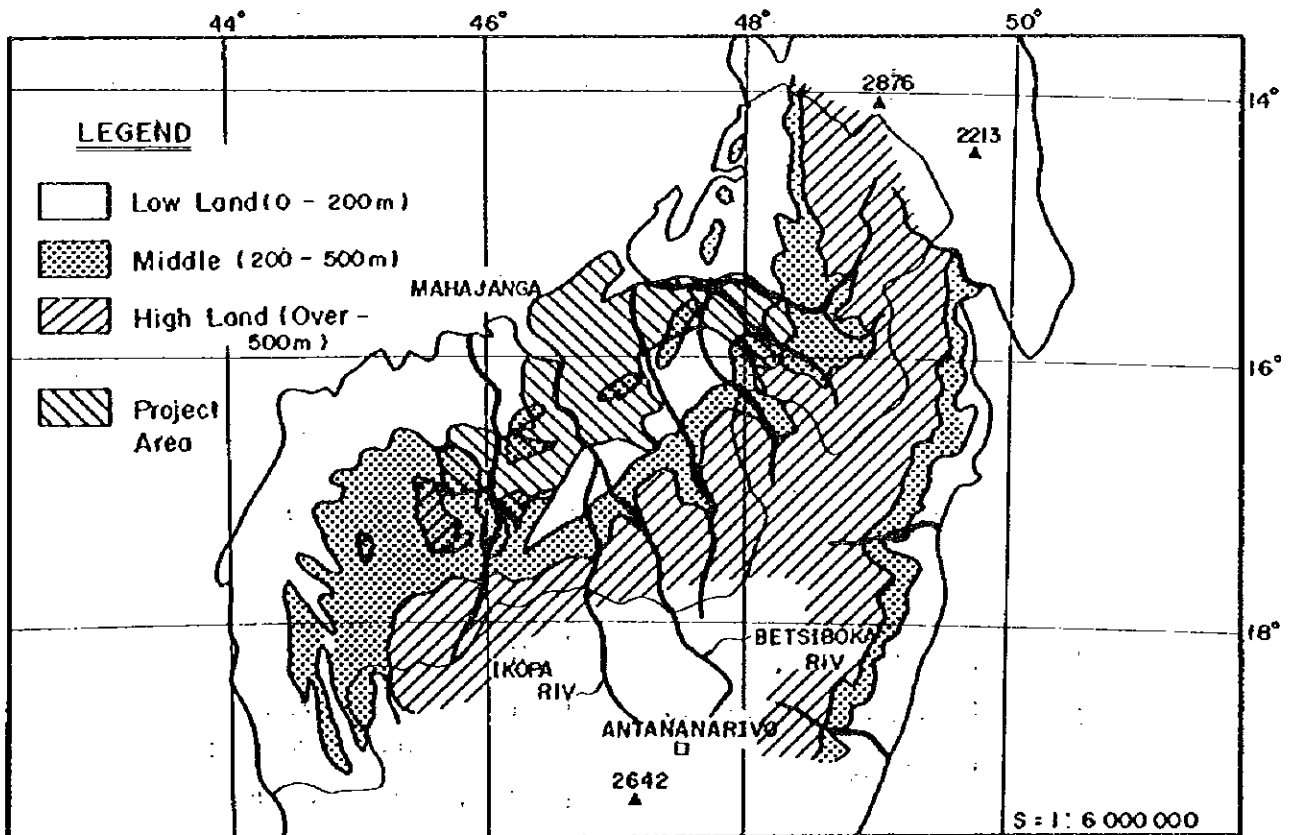


Fig. 3-2 SYSTEME DE L'EAU ET TOROGRAPHIE



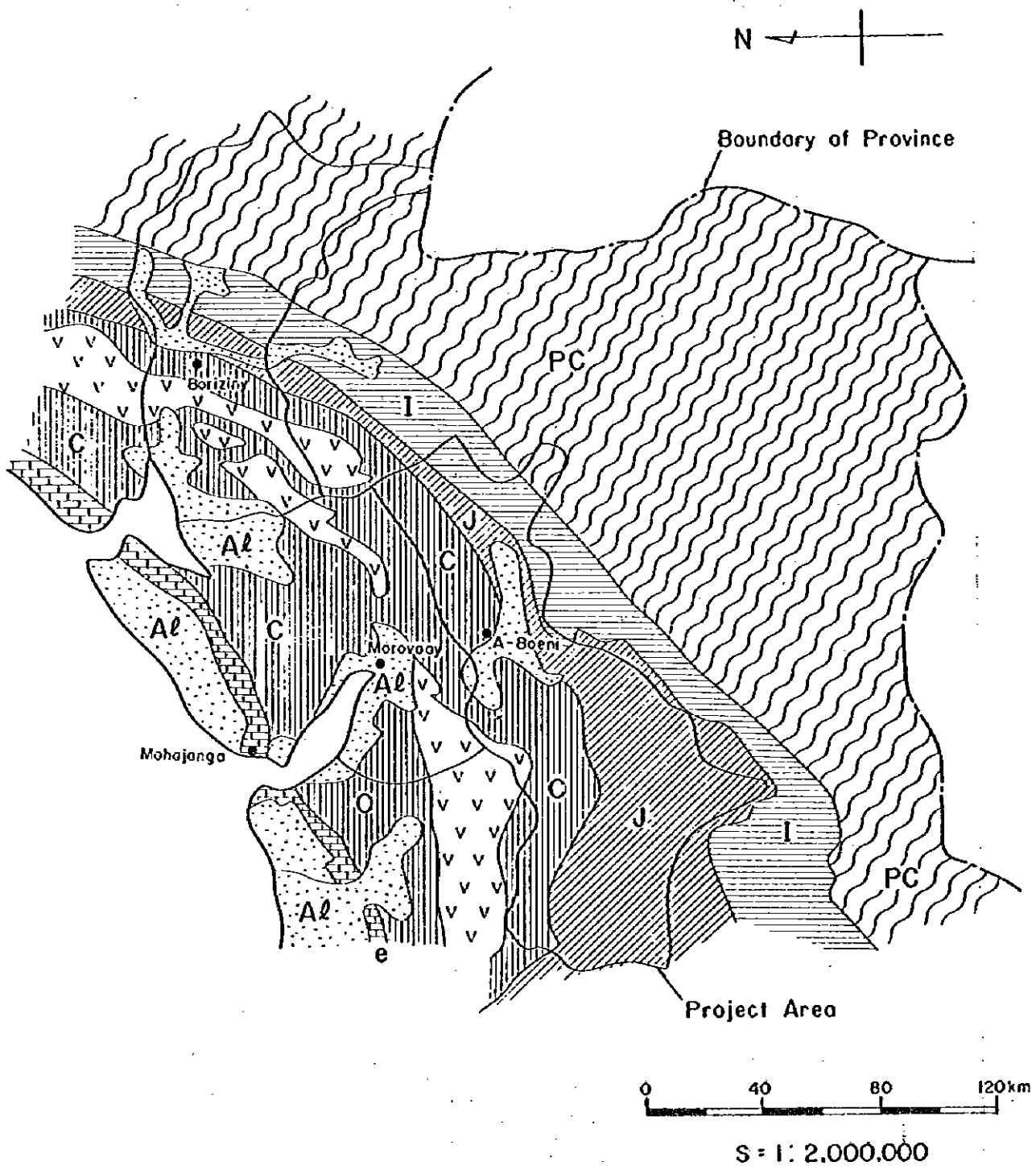


Fig.3-3 Geological Map of Project Area

LEGEND

	Alluvium		Jurassic
	Eocene Limestone		Isalo group (Lower Jurassic)
	Cretaceous		Precambrian
	Basalts		

Tableaux 3-1. Formations géologiques de la zone du projet et ses environs

Ere géologique		Etage géologique	
Cénozoïque	Quaternaire	Quaternaire	Dépôts. Dunes d'alluvions. Carapace sableuse. Sol argileux latéritique.
	Néogène	Pliocène	Grès argileux
	Eogène	Eogène	Calcaire. Nummulite. Marne Calcaire et grès entrecroisés
Mésozoïque	Crétacé	Crétacé supérieur	Calcaire. Grès. Basalte. Marne et grès entrecroisés.
		Crétacé inférieur	Grès. Marne. Marne et grès entrecroisés.
	Jurassique	Jurassique supérieur	Marne. Calcaire.
		Jurassique inférieur (groupe Isaló)	Calcaire. Grès et marne entrecroisés.
Précambrien	Socle cristallin	Granit. Migmatite. Amphibole. Gneiss.	

Le socle cristallin du précambrien qui se développe sur l'est de la faritany, socle composant les Hauts-Plateaux, est constitué de granits et de gneiss cristallin. Des roches sédimentaires du jurassique et de l'éogène se trouvent sur la plus grande partie du bassin de la Côte-Ouest. Ces formations sont réparties généralement en forme de bande du nord-est vers le sud-ouest et présentent une structure monoclinale avec une pente douce dans la direction du littoral.

### 3-1-3 Climat

Le climat de Madagascar est conditionné par sa position géographique (1,500 km de longueur du nord au sud), et la présence des plateaux d'une altitude de 1.200 à 1.500 m qui se développent tout au long de la Côte-Est. La répartition des pluies est inégale à travers toute l'île. Les pluies apportées par les alizés et la mousson qui soufflent de l'est ou du nord-est étant empêchées par les Hauts-Plateaux, des zones de pluie abondante, 3.000 à 3.500 mm/an, se trouvent sur la Côte-Est. Mais, dans le nord-ouest, région qui fait l'objet de l'étude, la pluviométrie annuelle n'est que de 1.500 mm et 350 à 500 mm/an dans le sud de l'île.

En ce qui concerne la température, la moyenne maximum annuelle est de 23,5°C et celle minimale est de 13,2°C à Antananarivo, capitale qui se situe sur les Hauts-Plateaux. Tandis qu'à Mahajanga, région nord-ouest, elle est respectivement de 31,4°C et 21,1°C, ce qui est plus élevée que la capitale.

La pluviométrie annuelle de la zone du projet est de 1.500 à 1.600 mm dont la plupart se trouve concentrée dans la saison de pluies de novembre à mars. La précipitation de cette saison atteint 1.400 à 1.500 mm, soit 93 % du total. En outre, dans cette région, la température maximale varie de 30° à 35°C et celle minimale de 17° à 25°C. Elle se range donc dans le climat chaud et humide.



Tableau 3-2 Pluviométrie des villes principales

Fivondronam-pokontany	pluviométrie annuelle (mm)	pluviométrie en période pluvieuse (mm)	pluviométrie en période sèche (mm)
ensemble du pays	1.352	1.184	168
Antananarivo	1.153	1.052	101
Antsiranana	1.664	1.341	324
Fianarantsoa	1.554	1.296	258
* Mahajanga	1.597	1.535	62
Toamasina	1.780	1.423	357
Toliary	794	685	109
* Marovoay	1.639	1.601	35

\* zones faisant objet du présent projet

#### 3-1-4 Hydrologie

Le débit des fleuves, Betsiboka et Ikopa qui s'écoulent dans la zone du projet, enregistrés dans des stations d'observation se trouvent dans des documents annexes. D'après ceux-ci, le débit moyen annuel de la Betsiboka est d'environ 300 m<sup>3</sup>/s (25 l/s/km<sup>2</sup>) et celui de l'Ikopa environ 450 m<sup>3</sup>/s (24 l/s/km<sup>2</sup>). Le débit de base est de 3,4 l/s/km<sup>2</sup> pour la première et 3,8 l/s/km<sup>2</sup> pour la deuxième.

### 3-2 Conditions socio-économiques

#### (1) Programme de développement

Comme programmes de développement socio-économique de la faritany de Mahajanga, il existe les projets FAFIFAMA (Projet d'aménagement de l'est) et FIFABE (Projet d'aménagement de Bettsiboka). Le premier projet vise un aménagement rural à vocation de l'élevage, et le second, l'aménagement agricole de la région du bassin de Bettsiboka, et ne vise directement l'aménagement de l'hydraulique villageoise. Le projet FAFIFAMA comprend l'hydraulique villageoise programmée dans le cadre de la promotion de l'élevage, mais la sélection des sites ne sont pas fait en considération de l'urgence de l'approvisionnement en eau. Ces projets n'interfèrent donc pas avec le présent projet.

#### (2) Situation du transport et de la communication

Entre Antananarivo, capitale, et Mahajanga, chef-lieu de faritany, les communications sont entretenues par voies terrestre, maritime et aérienne. Les liaisons par voies terrestre et aérienne sont assurées quotidiennement au moyen de l'autocar et de l'avion. Mais, les conditions routières sont mauvaises et la circulation des voitures touristiques ordinaires est difficile en saison des pluies. En cette saison, les véhicules tout-terrain ont également des difficultés à accéder dans les sites éloignées des routes principales.

D'autre part, pour ce qui est de la voie maritime, le port de Mahajanga, deuxième port commercial de Madagascar, est inaccessible par de grands navires en raison de larges lits boueux. Les communications téléphoniques sont assurées uniquement à l'intérieur de la ville et celles interurbaines sont presque nulles (mars 1986).

### (3) Situation de l'alimentation en électricité

Dans les 4 fivondronampokontany, objet du présent projet, l'énergie électrique est fournie par des générateurs diesel installés au niveau de chaque ville. A l'exception de la capital Mahajanga, l'alimentation n'est pas fait 24 heures sur 24. En outre, il n'existe pas de réseaux d'électricité interurbains. De ce fait, la coupure de l'électricité est inévitable, en cas de panne. La capacité des générateurs est petite, et entraîne un chute de tension en heures de pointe, même à Mahajanga.

### (4) Situation de la gestion des installations d'adduction d'eau en milieu urbain

En ce qui concerne la situation de l'alimentation eau, la présentation est fait dans le paragraphe 2-3. Quant à la gestion et l'entretien, la situation est comme suit:

Les branchements particuliers sont munis de compteurs, et le prix des eaux sont imposés en fonction du volume consommé (référer tableau 2-12). Ces revenus sont affectés aux fonds d'opération de la JIRAMA.

La gestion et l'entretien des installations d'adduction d'eau, des réservoirs et des conduites sont effectué par la JIRAMA, mais les branchements particuliers à usure rapide ainsi que les compteurs installés à l'extérieur ne sont suffisamment entretenus à défaut de pièce de rechange.

### (5) Situation de gestion des installations de l'hydraulique villageoise

La gestion des installations de l'hydraulique villageoise est effectuée par la coopérative FOKONOLONA composée des représentants des habitants. La majorité des installations d'hydraulique villageoise de la région nord-ouest étant des puits ou des jaillissements, le pompage est fait par moyen de seaux ce qui nécessite un coût de gestion minime,

et ne pose aucun problème majeur. Cependant en ce qui concerne les puits réalisés par FAFIFAMA qui sont munis de pompes manuelles, il se pose des problèmes de ravitaillement de pièces de rechange pour faire face au pannes.

### 3-3 Conditions hydrogéologiques

#### 3-3-1 Hydrogéologie du nord-ouest

Le territoire de Madagascar est divisé, au point de vue hydrogéologique, en sept bassins sédimentaires hydrogéologiques suivants, en raison de ses caractéristiques géologiques et hydrologiques. Dans ces bassins, les eaux souterraines se trouvent, pour la plupart, dans des nappes des roches ignées et sédimentaires creusées ou fissurées:

- 1) Bassin sédimentaire de Mahajanga ..... majorité de la zone étudiée
- 2) Bassin sédimentaire d'Antseranana ..... extrême-nord de l'île
- 3) Bassin sédimentaire de l'est .. côte-est à précipitation abondante
- 4) Hauts-Plateaux ..... centre de l'île, zone précambrienne
- 5) Bassin sédimentaire de Morondava ..... bassin de la côte-ouest
- 6) Bassin sédimentaire de Toliary ..... bassin de la côte sud-ouest
- 7) Bassin sédimentaire de la région sud ..... extrême-sud de l'île

La carte hydrogéologique et un aperçu des nappes aquifères pour la faritany de Mahajanga sont indiqués dans la figure 3-4 et le tableau 3-3.

L'exploitation des eaux souterraines dans cette faritany est effectuée dans des couches de calcaire allant du jurassique du mésozoïque à l'éogène de l'éocène. Elle se concentre surtout à la ville de Mahajanga où se développent les couches de calcaire de l'éocène, riches de nappes aquifères. En dehors de cette ville, l'exploitation se fait à l'égard des grès du crétacé. D'autre part, des nappes des alluvions et des couches désagrégées du socle cristallin sont

exploitées. Mais, ces nappes ne sont pas profondes par rapport à celles des calcaires et grès. La profondeur n'est que de 5 à 15 m. La prise d'eau se fait par des puits. Des données portant sur des forages qui se trouvent dans la faritany de Mahajanga présentées à la figure 3-5 ainsi qu'aux annexes.

La plupart des puits (puits de grand diamètre creusés à la main) existants dans la région étudiée sont utilisés pour l'alimentation villageoise et celle du bétail. Dans la région recouverte de calcaires, comme les environs de la ville de Mahajanga, des nappes artésiennes peuvent être trouvées dans des calcaires à la profondeur de 7 m. La JIRAMA dispose d'un puits artésien de même genre qui est actuellement en service. Mais, l'eau pompée est salée à cause du pompage excessif.

Les données de la plupart des forages se trouvant dans la zone du projet sont mises en ordre par le MIEM (référer figure 3-5). Parmi ceux-ci, les caractéristiques des forages de la JIRAMA ayant rapport avec le présent projet sont indiquées dans le tableau 3-4.

Comme indiqué dans ce tableau, la profondeur moyenne des forages de la ville de Mahajanga est de 44,3 m, le volume moyen de pompage 88 m<sup>3</sup>/h et le diamètre de 8" à 10". D'autre part, dans la ville de Marovoy, comme le forage est artésien, il ne nécessite pas le pompage. La profondeur est de 128,3 m.

### 3-3-2 Hydrogéologie par secteur

#### 1) Mahajanga

Mahajanga, quatrième ville de Madagascar avec ses 80.000 habitants (estimation 1984), est le centre commercial de la région nord-ouest. La situation de l'approvisionnement en eau dans cette ville est mentionnée dans la section 3-4 de ce chapitre. La prise d'eau est effectuée au moyen de puits ou forages dans des nappes des calcaires de l'éocène. Un bon nombre de forages, puits et fontaines se trouvent

Fig.3-4 HYDROGEOLOGICAL MAP OF PROJECT AREA



S = 1 : 1,000,000



1200

MAHAJANGA

• Mitsinjo

Marovoay

Boriziny

Mampikony

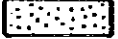
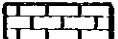

Ambato-Boeni

Maevatanona


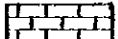

LEGEND

1100

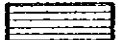
Aquifer for Shallow Well

-  Al ; Alluvium ( Sand, Gravel )
-  e ; Eocene Limestone
-  Weathered Zone of Base Rocks

Aquifer for Deep Well

-  C ; Cretaceous Sandstone
-  J ; Jurassic Limestone
-  I ; Isalo Sandstone

Aquiclude / Aquifuge

-  Alluvium ( Silt, Clay )
- Ba ; Basalts
- C ; Cretaceous Marl

1000

600

500

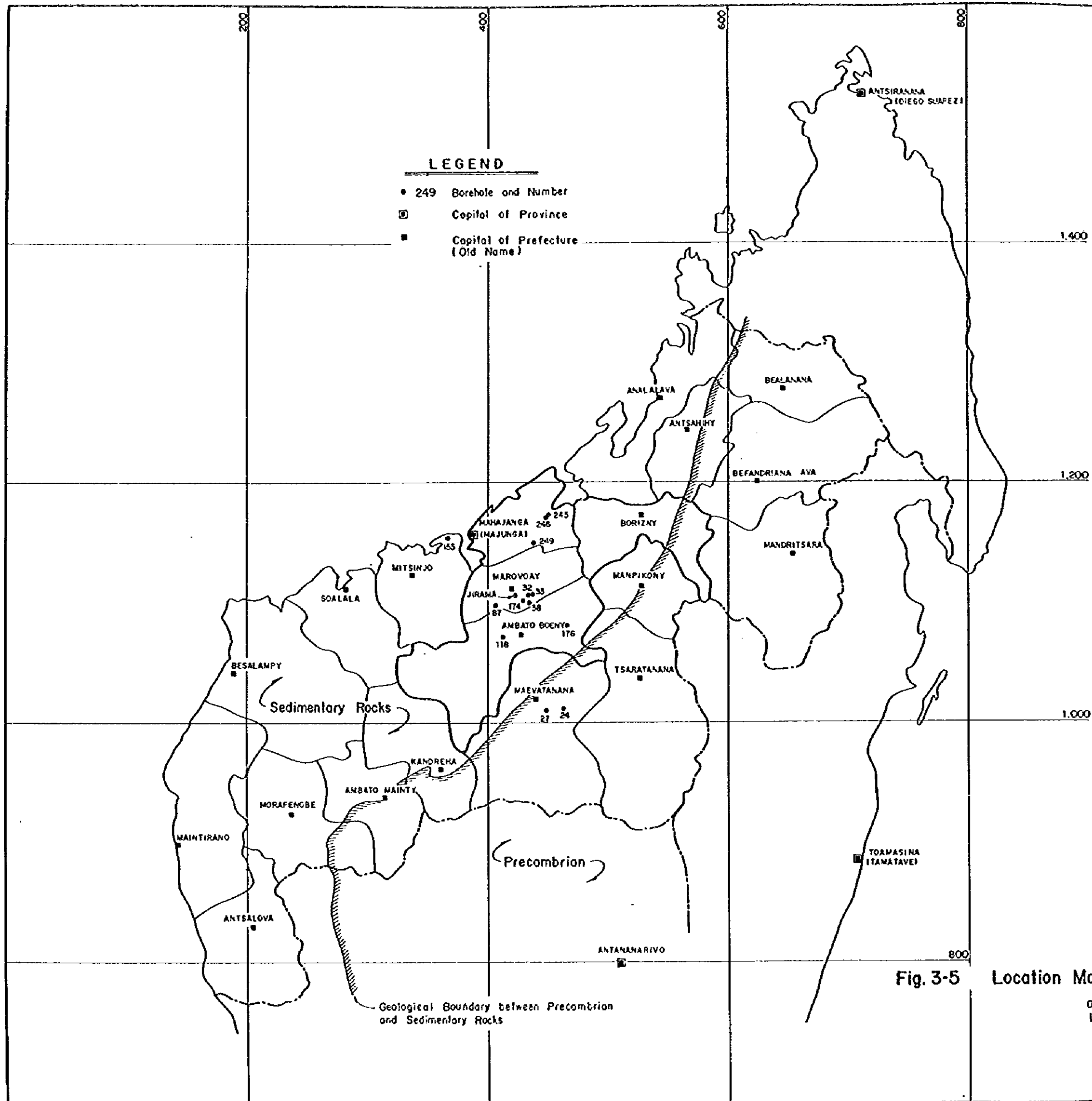
400



Tableaux 3-3 Aquifères de la faritany de Mahajanga

Ere géologique	aquifère	niveau naturel (m)	débit de pompage (m <sup>3</sup> /h)	qualité d'eau
Quaternaire	alluvions	10	10 - 40	riche en bicarbonate
	sables des plages	5 - 10	1 - 3	possibilité d'infiltration de l'eau salée riche en fer
Eogène	calcaire grès	0 - 50	- 200	bicarbonate de magnésium
Crétacé supérieur	grès	0 - 50	- 200	riche en fer
	calcaire			
Crétacé inférieur	grès	plus de 50	- 40	riche en fer
Jurassique supérieur	calcaire	10 - 50	non exploité	
Groupe d'Isalos	calcaire	50	non exploité	





List of Boreholes in Mahajanga Province

B/H No.	Coordination	Depth(m)	Yield(m <sup>3</sup> /hr)	Remarks
<b>Mahajanga Prefecture I. R.</b>				
1	1154.9	390.2	35~42	130~144 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , F <sub>3</sub>
130	1158.5	389.5	49.0	9
141	1158.3	405.9	25.1	Observation, F <sub>2</sub> 12
142	1158.5	404.2	25.0	" F <sub>2</sub> 11
143	1158.9	402.2	25.6	" F <sub>2</sub> 10
144	1154.5	401.7	20.3	" F <sub>2</sub> 9
145	1193.4	399.7	30.0	" F <sub>2</sub> 8
146	1152.5	397.4	28.0	" F <sub>2</sub> 7
147	1153.1	394.4	20.0	" F <sub>2</sub> 6
148	1150.5	396.8	30.0	" F <sub>2</sub> 5
149	1159.0	398.5	27.6	" F <sub>2</sub> 4
150	1159.4	306.9	30.4	" F <sub>2</sub> 3
151	1156.8	392.7	18.0	" F <sub>2</sub> 2
152	1163.7	391.8	25.3	" F <sub>2</sub> 1
153	1158.9	404.2	50.0	65 S3
154	1155.3	401.2	48.0	100 S2, S2 - sub
156	1160.2	396.3	73.0	8
157	1152.0	385.5	38.0	140
173	1151.9	409.8	21.0	2
245	1173.0	450.2	8.0	NO DATA
246	1171.4	447.9	15.0	5
249	1150.5	437.5	23.0	6000
<b>Mitsinjo Prefecture</b>				
155	1153.9	396.7	50.0	NO DATA
<b>Marovoay Prefecture</b>				
21	1119.9	478.2	40.0	24 Artesian
32	1105.8	433.5	NO DATA	76 "
33	1105.8	434.5	51.9	83 "
38	1100.7	433.4	NO DATA	79 "
174	1102.5	428.5	40.0	17
JIRAMA	1105.6	424.4	128.3	60 Artesian
<b>Ambato Boeny Prefecture</b>				
118	1071.3	412.5	67.0	8
176	1080.2	465.7	20.0	11
<b>Maevatanana Prefecture</b>				
24	1016.5	461.2	9	26 (Artesian)
27	1018.5	447.4	10	25 ( " )

NOTE : Boreholes located in Mahajanga City are plotted in Fig. 3-6.

Fig. 3-5 Location Map & List of Boreholes in Mahajanga Province

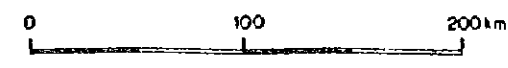




Tableau 3-4. Eléments de base des forages existants de la JIRAMA

n° de forage	situation	profondeur (m)	tubage		débit de pompage (m <sup>3</sup> /hr)	rabattement (m)	observations
			diamètre (pouce)	distance (m)			
	<u>Mahajanga</u>						
F1	Amabondrona	36,4	8	0 - 8	80	2,2	
F2	"	36,0	10	0 - 36	80	1,4	
F3	"	42,0	10	0 - 7,6	80	1,1	
S4	Andranotakatra	-	-	-	109	-	
S2	Mahavelona	48,0	10	0 - 20	108	2,8	
S2-sub	"	48,0	10	0 - 20	79	3,5	
S3	Ampombonavony	44,0	8	0 - 20	75	6,0	
S3-sub	"	50,0	10	0 - 20	90	5,0	non-muni de pompe
S5	"	50,0	8	0 - 20	90	7,4	
	<u>Marovoy</u>	128,3	6	0 - 70	60	-	jaillissement
			3	70 - 128,3			

(source: HY-767 Notes techniques concernant quelques ouvrages de captage)



concentrés aux environs de la ville de Mahajanga et ils servent tous à fournir l'eau potable. La répartition de forages principaux existants au centre et aux environs de la ville est montrée dans la figure 3-6.

Il a été constaté dans un puits géré par la JIRAMA, que des eaux salines ont pénétrées dans la nappe des calcaires relativement peu profonde. Bien que la raison ne soit pas identifiée, il est estimé que ce phénomène s'est produit, probablement, à la suite d'une baisse de la pression artésienne provoquée par le pompage excessif en raison de la consommation accrue. Les nappes aquifères des puits à créer dans le cadre du présent projet sont calcaires comme dans les puits existants, mais les sites ont été localisées à une distance de plus de 4 km de la côte pour éviter la pénétration des eaux salines.

## 2) Marovoay

Aux environs de la ville de Marovoay se développent de vastes alluvions formées par la crue de la Betsiboka et elles sont utilisées pour la riziculture. Des nappes aquifères se trouvent dans la formation alluviale et la formation crétacée supérieure qui se développe au-dessous de celle-là. La formation alluviale aquifère contient des nappes peu profondes qui sont exploitées par des puits particuliers. Mais l'instabilité quantitative et la qualité modeste des eaux limitent l'utilisation au dehors de la zone gérée par la JIRAMA. En revanche, des coupures d'eau fréquentes obligent les habitants à les consommer.

La formation crétacée supérieure aquifère est constituée principalement des grès. Dans cette ville, il y a 5 forages (N° 21, 32, 33, 38, 174) qui sont tous exploités dans des nappes constituées de grès. Quatre d'entre eux sont artésiens et leur débit varie de 20 à 80 m<sup>3</sup>/h.

Un forage de la JIRAMA qui se situe à environ 4 km au sud-est de la ville a une profondeur de 128,3 m et un débit de 60 m<sup>3</sup>/h. Ce forage n'est pas équipé de pompe et l'eau jaillit par pression artésienne. La profondeur supérieure de la nappe des grès, exploitée par

ce forage, est 64 m. D'autre part, il est connu que des nappes artésiennes des grès d'une épaisseur de 4 à 7 m se trouvent aux environs des profondeurs de 15 m et 35 m.

En ce qui concerne la qualité des eaux se trouvant dans des couches de grès, la teneur en fer est de 5 à 10 mg/l qui dépasse entièrement le taux maximum tolérable (1,0 mg/l) fixé par les normes de l'OMS (voir Tableau 3-5).

### 3) Ambato-Boeny

Aux environs de cette ville, des nappes aquifères se trouvent dans la formation alluviale, les grès du crétacé inférieur sous le lit majeur et la formation désagrégée du crétacé. Cependant, les nappes du crétacé inférieur sont peu exploitées.

L'exploitation des eaux souterraines dans cette zone se fait dans des nappes peu profondes constituées du socle cristallin désagrégé. La source d'eau que possède la JIRAMA est un puits, réalisé en 1974 sur une colline au sud de la ville, dont le diamètre est de 1,0 m et la profondeur de 7,0 m. Il offre un débit de 6 à 15 m<sup>3</sup>/h. Les nappes minces de ce puits, estimées à être du socle cristallin désagrégé, ne permettent pas de fournir un débit de 90 m<sup>3</sup>/h attendu de la JIRAMA.

Sur le lit majeur de la Kamoro, affluent de la Betsiboka, qui se trouve au sud de la ville, le MIEM a exécuté deux sondages à tarières de reconnaissance dont la profondeur est respectivement de 17 m. D'après les résultats des sondages, il y a d'abord une couche de limon de 4 m, puis des couches de sable fin ou moyen et argile superposés. La présence des nappes est attendue dans la couche des sables fins dont la profondeur varie de 4,5 à 8,8 m et celle des sables fins ou moyens dont la profondeur est de 12 à 17 m. Malgré que la formation est inconnue au-dessous de 17 m, la présence de nappes importantes est fort probable. Nous comptons donc, par le présent projet, exploiter des nappes à cette profondeur. Ceci, à cause des inconvénients suivants que le MIEM a rencontrés dans des points du lit majeur:

- 1) Zone inondée en crues (le sol étant noyé sous deux mètres au moment des hautes eaux)
- ii) Le tuyau de refoulement traverse au moins deux cents mètres dans la zone inondée en saison des pluies

Une étude des collines comprenant des grès est donc prévue dans le cadre du projet.

#### 4) Boriziny

Dans ce secteur, on ne trouve pas de nappe profonde importante. La nappe alluviale qui se développe au-dessous du lit majeur est la seule. De ce fait, il n'y a aucun forage existant.

Le captage d'eau est effectué donc soit par le puits soit par la prise d'eau de surface au moyen d'un tuyau de refoulement. Le puits ne fournissant qu'environ 20 m<sup>3</sup>/h, il pose un problème de quantité comme source de l'alimentation de la population de 13.000 habitants.

L'alimentation par la JIRAMA est effectuée au moyen de la prise d'eau dans l'Amboahanglkey. Cette source d'eau présentant le manque de quantité en saison sèche et étant trouble en saison des pluies, le MIEM projette, pour améliorer cette situation, d'installer un puisard à drain, procédé de prise d'eau traditionnel dans ce pays: le drain posé au lit fluvial amène de l'eau jusqu'au puisard creusé sur la rive d'où elle est refoulée par la pompe.

La nouvelle source d'eau à réaliser par ce procédé se situe environ 3,5 km à l'ouest du nouveau Boriziny, sur le lit majeur des alluvions de largeur de 100 m et de longueur de 250 m. Les résultats obtenus lors des sondages d'essai qui y ont été effectués sont comme suit:

géologie: 0 à 1,5 m ----- argile sableuse  
 1,5 à 4,7 m ----- sable, gravier  
 plus de 4,7 m ----- socle cristallin (grès argileux)

essai de pompage: niveau statique ----- 1,5 m  
niveau de pompage --- 3,5 m  
débit de pompage ----- 24 m<sup>3</sup>/h  
débit fluvial ----- 80 m<sup>3</sup>/h  
date d'essai ----- juillet 1961

De ces résultats, on peut déduire qu'il est possible de capter 30 % du débit des eaux en saison sèche. Cependant, le captage de 65 m<sup>3</sup>/h exigé est impossible à partir du puits posé sur des sédiments du lit. Donc, on peut dire que le procédé de prise directe par drain actuellement projeté est une méthode raisonnable.

Le site du projet sera conforme à l'emplacement du puits existant.

### 3-3-3 Qualité des eaux

Des résultats de l'analyse des eaux prises dans des puits et forages existants de la zone du projet se trouvent en annex. Les caractéristiques des eaux échantillonnées par rapport aux teneurs admissibles maximales fixées par les normes de l'OMS sont comme suit:

#### 1) Mahajanga

Les eaux de nappes des calcaires, prises dans les forages de Mahajanga, ne présentent pas d'inconvénients spécifiques à l'exception de la dureté totale élevée. Par ailleurs, elle ne dépasse pas 500 ppm malgré qu'elle soit de plus de 200 ppm.

Un puits artésien, exploité également dans des nappes des calcaires donne de l'eau salée dont la dureté totale est de 852 ppm et la teneur en chlore ionisé de 213 ppm, chiffres supérieurs à la teneur admissible. Cette analyse a été effectuée en mai 1984. D'après les données de la mesure faite lors de la présente étude, l'eau mélangée avec l'eau brute non salée captée dans un autre forage profond présentait une conductibilité électrique de 3.500 à 4.300  $\mu$ S/cm. 11



s'ensuit que la conductivité électrique du puits salin est estimé à 5.000 - 6.000  $\mu$ S/cm.

Néanmoins, les données de l'essai de 1984 montrent la conductibilité de 1 120  $\mu$ S/cm et la teneur en chlore ionisé de 213 ppm, chiffres largement éloignés des nôtres. On peut supposer que cette différence provient d'une pénétration rapide de l'eau salée qui s'intensifie depuis 1984. Malgré tout, une étude géoélectrique permettra de donner une réponse plus exacte. Dans le cadre du présent projet, une prospection géoélectrique sera donc effectuée pour la détermination des sites, sous l'instruction des experts japonais.

L'eau municipale de la ville de Mahajanga est actuellement saline et pas appropriée à consommer à long-terme.

## 2) Marovoay

Les eaux des forages existants ont généralement une teneur en fer élevée. Le forage de la JIRAMA donne de l'eau brute qui contient 10 mg/l de fer et même après le traitement la teneur est de 6 mg/l. Ce chiffre indique que la capacité de la station de traitement est dépassée.

## 3) Ambato-Boeny

La source d'eau de la JIRAMA est un puits de profondeur de 7 m dont la qualité de l'eau ne présente aucun problème. En la buvant, on ne sent aucune anomalie. Cependant, les résultats de l'essai effectué par la JIRAMA indiquent un PH de 4,7 à 4,9, chiffres extrêmement éloignés de la réalité. Il conviendrait de considérer qu'il s'agit d'une erreur survenue lors de la transcription des données.

## 4) Boriziny

La source d'eau de la JIRAMA pose peu de problème de qualité, à l'exception de la turbidité causée par le limon qui s'y mêle en saison des pluies.

Tableau 3-5 Qualité des eaux des sources d'eau existants des régions d'intervention du présent projet

Item	unité	Mahajanga		Marovoy	Ambato-Boeny	Boriziny	norme OMS	
		puits	forage				teneur admissible	teneur limite
Matière organique	mg/lit	1,0	0,9	4,2	1,6	2,3	10	-
Conductivité électrique	S/cm	1 120	350	70	700	50	-	-
Crudité	mg/lit	852	247	66	502	65	100	500
PH		7,6	7,7	6,1	4,9	6,3	7 - 85	65 - 9,2
Fe	mg/lit	0	0	10	Tr	0,5	0,1	1,0
NH <sub>4</sub>	"	0	0	0	0,1	0	0,005	-
NO <sub>2</sub>	"	0	0	0	0,1	0	0,05	-
NO <sub>3</sub>	"	0	0	0	0	0	-	-
Cl	"	213	14,2	17,7	81,7	7,1	200	600
SO <sub>4</sub>	"	0	0	0	0	0	200	400

### 3-4 Situation de l'approvisionnement en eau

#### 3-4-1 Généralités

Dans la zone du projet, les ressources pour l'approvisionnement en eau sont les eaux souterraines. Selon les données, les nappes, fournissent en moyenne 100 m<sup>3</sup>/h d'eau par forage. Cependant, l'exploitation des ces eaux souterraines si abondantes se trouve concentrée aux environs de la ville de Mahajanga et presque nullement dans de petites villes de la région intérieure ni dans le milieu rural. Ceci est dû à la non disponibilité de matériels de forage de haute capacité nécessaires à l'exploitation des eaux souterraines résidant dans les couches solides de calcaire ainsi qu'au manque de fond, et également au fait qu'il est possible de satisfaire les petits besoins en captant, au moyen d'un vovò, des eaux de la formation rocheuse désagrégée.

Dans la faritany de Mahajanga, région nord-ouest qui fait l'objet de la demande, le NIEM n'a exécuté que quatre puits pendant la période de 1982 à 1985 (voir Tableau 3-6). En outre, ces puits ont été réalisés tous dans des villes de plus de 2.000 habitants, ce qu'on appelle l'AEP urbain. Aucun projet d'approvisionnement en eau n'est entamé en réalité pour les villes de plus de 2.000 habitants .

Les habitants des localités rurales s'alimentent dans des fontaines ou des vovos à l'usage commun. Mais, des variations saisonnières de la quantité d'eau sont telles que les localités font des demandes auprès du gouvernement provincial pour entamer l'exploitation des eaux souterraines. Des demandes ont été présentées par 18 localités de 6 fivondronampokonany.

Tableau 3-6 Nombre d'ouvrages de prise d'eau pour adduction d'eau du milieu urbain

1982 à 1985  
Faritany de Mahajanga

ouvrages	1982	1983	1984	1985
- puits	1	1	1	1
- forage	-	-	-	-
- fontaine	-	-	-	-
- ouvrage de prise des eaux de surface	1	1	1	1
<b>total</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### 3-4-2 Situation actuelle de l'approvisionnement en eau

La faritany de Mahajanga compte 21 fivondronampokontany. Selon la définition du MIEM pour la distinction des zones de l'AEP, le milieu urbain est constitué des chefs-lieux de fivondronampokontany ci-dessus et des 21 localités de plus de 2.000 habitants, soit de 27 localités.

Le nombre de localités de moins de 2.000 habitants dans cette faritany est de 1.348.

D'après le recensement de 1975, la population totale de la faritany est de 819.750 habitants. A partir de cette année, des nombres de population sont tous, à part le milieu urbain, des chiffres estimés. La population estimée de 1985 est de 1.535.000 habitants.

La situation de l'approvisionnement en eau en 1975 dans les villes de la faritany de Mahajanga peuplée de plus de 2000 habitants est indiquée dans le tableau 3-7.

La situation générale de l'AEP est indiquée dans les tableaux 2-4 et 2-5 du chapitre 2. Le tableau 3-8 montre la situation plus détaillée de la faritany de Mahajanga. D'après celui-ci, il y a quatre chefs-lieux de fivondronampokontany qui sont dépourvus de l'AEP. A cela s'ajoutant quatre localités de plus de 2.000 habitants, huit localités au total en sont dépourvues dans le milieu urbain. Ces villes s'alimentent dans des puits ou forages particuliers.

La situation de l'AEP dans le milieu rural est indiquée dans le tableau 2-5. D'après le tableau, il y a sept localités pourvues de l'AEP par système de l'adduction d'eau. D'autres points de l'AEP sont de 61 qui s'alimentent tous dans des eaux souterraines. Etant donné qu'il n'y a que sept systèmes de l'adduction d'eau et 61 points d'eau de l'AEP parmi 1.348 localités, on peut facilement imaginer

la situation dérisoire de l'AEP en milieu rural. On peut en déduire donc que le taux de desserte y est d'environ 5 %.

Tableau 3-7 Situation de l'alimentation en eau dans les villes principales de la faritany de Mahajanga (1975)

villes	popu- lation	taux de raccor- dement	nombre de borne fon- taine	nombre de bran- chement privé	population bénéficiaire		consommation (lit/j/h)			volume total distribué	popula- tion desser- vie par une borne fontaine
					branche- ment privé	borne fon- taine	branche- ment privé	borne fon- taine	gros con- som- mateur		
Mahajanga	65 456	21	(108)	2 810	14 050	51 400	29	270	29	3 174 590	(476)
Marovoy	12 875	9	44	238	1 190	11 685	42	132	1	241 249	265
Antsohihy	8 300	9	15	127	635	7 665	33	162	17	162 500	450
Port-Berge	6 000	11	10	88	440	3 560	25	173	4	67 038	360
Maevatanana	6 000	9	10	85	425	4 475	14	101	5	47 721	450
Befandriana	3 056	12	11	72	360	2 696	29	62	3	39 930	240
total	101 687	17	198	3 420	17 100	81 481				3 733 028	411

(le gouvernement de la République Démocratique de Madagascar)

En outre, il existe actuellement (janvier 1986) 65 puits pour l'alimentation villageoise construits par la FAFIFAMA. Ces puits ont été réalisés dans des fivondronampokontany de densité de population élevée: Marovoy, Ambato-Boeny, Boriziny, Maevatanana, Morafenobe, Maintirano.

### 3-4-3 Projets de l'approvisionnement en eau

La région dont l'AEP est le plus urgent est le sud. D'autre part, dans la faritany de Mahajanga, la FAFIFAMA (Entreprise d'Etat pour le développement rural intégré dans l'ouest de Madagascar), sous le financement de la Banque mondiale, effectue l'approvisionnement en eau du milieu rural, malgré que ses activités ont pour but principal le développement rural basé sur l'élevage. Ses zones d'intervention s'étendent dans toute la faritany. La période des travaux de la FAFIFAMA est de 1976 à 1986. 25 % des fonds est consacré par le gouvernement malgache et 75 % par la Banque mondiale. Ses crédits de 1986 s'élèvent à environ 1 milliard de FMG (environ 280 millions de Yen) dont 130 millions de FMG (environ 36 millions de Yen) est prévu pour la construction de 35 puits. Cette somme équivaut aux crédits totaux attribués au secteur d'eau du MIEM.

Les travaux neufs de l'AEP réalisés par le MIEM sont indiqués dans le tableau 3-6. Ces sources d'eau se trouvent toutes dans le milieu urbain sous le contrôle de la JIRAMA. L'AEP du milieu rural n'est donc pas encore entamé.

Le plan décennal de 1986 à 1996 est indiqué dans le tableau 3-9. Selon le plan, parmi les 8 villes de plus de 2000 habitants (y compris des chefs-lieux de fivondronampokontany) dépourvues de l'AEP, des travaux d'exploitation sont projetés dans 4 villes, mais le financement a été obtenu uniquement pour une ville.

En outre, il y a 11 villes dont les installations nécessitent des travaux de réhabilitation. Mais, à côté du présent projet, aucun financement n'a été trouvé. La réhabilitation demande 2,3 milliards de

Tableau 3-8 Situation des systèmes d'adduction d'eau potable (AEP) dans la faritany de Mahajanga en 1985

chefs-lieux de fivondronampokontany et villes de plus de 2000 habitants pourvus d'AEP.	organismes de gestion		ressources en eau		état de fonctionnement		chefs-lieux de fivondronampokontany et villes de plus de 2000 habitants pourvus d'AEP	villages pourvus d'AEP	
	JIRAMA	FIRAISANA	eaux de surface	eaux souterraines	bon	nécessitant réhabilitation		organismes d'exploitation	villages
** Mahajanga	0			0		0	Besalampy	FIKRIFAMA	Andrevorevo
Maevatanana	0			0		0	Soalala		Kalandy
Mandritsara	0			0		0	Ambatomainty	microréalisation	Andriamena
** Marovoy	0			0	0	0	Kandreho		Tsaramandroso
Antsohiby	0			0	0	0	* Ambolomoty		Bekapaika
Befandriana	0			0	0	0	* Ankazomborone		
Port-Berge	0		0	0	0	0	* Manaratsandry		
Mitsinjo	0			0	0	0	* Masoarivo	autres	Andranovo
Ambato-Boeni	0			0	0	0			Anahidrano
Mampikony	0			0	0	0			
Maintirano	0			0	0	0			
Antsalova	0			0	0	0			
Morafenobe	0			0	0	0			
Tsaratana	0	0	0	0	0	0			
Analalava	0	0	0	0	0	0			
Bealanana	0	0	0	0	0	0			
** Madirovalo	0	0	0	0	0	0			
** Namakia	0	0	0	0	0	0			
Total	14	4	4	14	7	11			7

note: \* Villes autres que chefs-lieux de fivondronampokontany; \*\* villes faisant objet du projet (MIEM 1985)



Tableau 3-9 Programme d'aménagement pour l'approvisionnement en eau de la faritany de Mahajanga 1986 à 1996

travaux neufs de l'AEP		travaux d'amélioration de l'AEP		crédits (million de FMG)			
nombre de ville sans AEP	nombre de travaux neufs	nombre de villes financées	nombre de villes nécessitant réhabilitation	nombre de villes financées	total	monnaie locale	devise
8	5	1	9	0	2 303	548	1 755

(MIEM 1985)

FMG au total dont 76 % soit environ 1,7 milliards de FMG est à trouver auprès des aides extérieures.

En ce qui concerne l'hydraulique villageoise du MIEM, une étude est projetée uniquement pour la mise en place d'une organisation de la gestion.

Les installations de l'hydraulique villageoise créés nouvellement par la FAFIFAMA, sont géré par les autorités villageoise (FOKOLONOLA), et aucun problème ne s'est posé jusqu'à présent. De ce fait, il est considéré approprié de confier la gestion des 22 points d'eau à prévoir dans le cadre du présent projet au autorité villageoise respective.

## CHAPITRE 4. CONTENU DU PROJET

### 4-1 Objectif du projet

Le présent projet a pour objectif d'aménager des installations de l'approvisionnement en eau dans quatre chefs-lieux de fivondronampokontany ainsi que dans le milieu rural de la faritany de Mahajanga qui se situe dans la région nord-ouest de Madagascar. Les grandes lignes en sont données ci-dessous :

- 1) Construire nouvellement 4 forages pour adduction d'eau dans des nappes des calcaires et des grès à Mahajanga, Marovoy et Ambato-Boeny.
- 2) Construire nouvellement à Boriziny un puisard à drain captant des eaux de surface.
- 3) Construire nouvellement 22 ouvrages de prise d'eau captant des eaux souterraines dans le milieu rural de 4 fivondronampokontany: Mahajanga, Marovoy, Ambato-Boeny, Boriziny.
- 4) Fournir dans le cadre de la Coopération Financière Non-remboursable du gouvernement japonais, une machine de forage, des véhicules d'accompagnement, des matériaux pour construction de forage et des pompes nécessaires à l'aménagement des installations en eau, en vue de l'atteinte des objectifs 1) 2) et 3).

### 4-2 Etude sur la requête

La requête avait originairement comme objectif l'acquisition des équipements et des matériels, mais ne faisait mention d'aucun programme spécifique y relatif. De ce fait, suivant les délibérations faites avec la partie malgache à l'occasion de l'étude sur place, et basé sur le Plan décennal de l'aménagement des installations de

l'approvisionnement en eau (1986 à 1996) du MIEM, a été élaboré un plan d'aménagement de l'approvisionnement en eau de la faritany de Mahajanga.

#### 4-2-1 Plan d'aménagement de l'approvisionnement en eau des milieux urbains

##### (1) Zones d'intervention du projet

Dans la faritany de Mahajanga ayant les villes ayant de sérieux problèmes en matière de l'approvisionnement en eau sont nombreuses. Parmi ces villes, Mahajanga, Marovoy, Ambato-Boeny et Boriziny ont été sélectionnées comme zones d'intervention du Projet pour les raisons ci-dessous:

##### 1) Mahajanga

La ville de Mahajanga, quatrième ville de Madagascar (80.000 habitants) est le chef-lieu de la faritany de Mahajanga.

Ces dernières années, la salification des eaux de points d'eau ont sérieusement aggravé le problème de la détérioration de la qualité des eaux.

Les sources d'eau de cette ville se répartissent dans les quatre lieux indiquées dans la figure 3-6, à savoir, Amboaboka, Ambondrona, Mahavelona, Ampomboavony. Dans le cadre du présent projet, les forages de production seront exécutés à Mahavelona et Ampomboavony, situés à plus de 10 km de la côte, ceci en vue d'éviter l'infiltration de l'eau salin.

##### 2) Marovoay

Marovoay, centre de l'agriculture régionale, est la deuxième ville de la faritany de Mahajanga. La situation de l'approvisionnement en eau est sérieusement aggravée à cause de l'accroissement de la population de ces dernières années et nécessite une intervention urgente pour augmenter le volume d'adduction d'eau.

La source d'eau actuelle se trouve dans la zone des rizières

située à 5 km du centre de la ville. La JIRAMA y possède une station de pompage et une centrale électrique. Le forage de production projeté sera construit à proximité de celui existant.

### 3) Ambato-Boeny

Cette ville, bien qu'elle soit chef-lieu de fivondronampokontany, ne compte qu'environ 4.500 habitants. Cependant, comme elle ne possède qu'un puits qui ne fournit que 1/3 du besoin, à savoir, seulement 200 m<sup>3</sup> environ par jour par rapport à 600 m<sup>3</sup> nécessaire. Il est donc essentiel d'accroître le débit d'adduction.

La source d'eau actuelle est un puits qui se trouve en dehors du centre ville. Etant donné qu'il est prévue de tirer les eaux des grès du crétacé qui s'étendent dans des couches profondes, le forage de production du présent projet sera réalisé près de celui existant.

### 4) Boriziny

C'est une grande ville qui compte environ 13.000 habitants. Etant donné que les ressources d'eau dépendent des eaux superficielles, il s'y pose des problèmes telles que la variation du débit utilisable en fonction des saisons et l'inondation des ouvrages en période pluvieuse. Il importe, par conséquent, de procéder d'urgence à l'amélioration des ouvrages de prise d'eau. Actuellement, l'eau est prise à partir d'un affluent de la Bemarivo. L'intervention du présent projet portera sur le point d'eau existant, et consistera à l'amélioration de l'ouvrage de prise d'eau actuel.

## (2) Situation actuelle et contraintes des installations

### 1) Mahajanga

Les prises de mesure contre les contraintes des ressources d'eau de

la ville de Mahajanga se présentent comme suit :

- i) Abandonner le puits de Ambaoaboka qui est actuellement salin, et chercher une autre source pour le remplacer.
- ii) Exploiter de nouvelles sources pour permettre l'entretien des pompes et forages qui sont actuellement obligés de fonctionner à 24 heures sur 24 heures.

(Etat actuel des sources d'eau de la ville de Mahajanga)

Lieu de source	Type de source	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Problèmes
(1) Amboaboka	1 puits	60	Eau salée. Remplacement souhaité.
Ambondrona	forage F-1	80	Ensablement. En panne.
	F-2	80	
	F-3	80	Exploitation d'une autre source
(2) Andranotakatra	forage S-4	109	souhaitée en raison de l'impos-
Mahavelona	forage S-2	108	sibilité d'entretenir les pompes
	S-2 bis	79	et forages due au fonctionnement
(3) Ampomboanvony	forage S-3	75	à 24 h. sur 24 h.
	S-5	90	
	S-3 bis	-	aucun équipement.

## 2) Marovoay

(Etat actuel des sources d'eau de la ville de Marovoay)

Type de source	Débit (m3/h)	Production actuelle (m3/j)	Besoin (m3/j)	Problèmes
				- Nécessité d'avoir plusieurs sources - Haute teneur en fer
1 foragé	60	900	1.600	- Manque d'eau

La capacité de la station de traitement (fer exclu) est faible. L'installation d'une nouvelle station est actuellement projetée.

## 3) Ambato-Boeny

(Etat actuel des sources d'eau de la ville de Ambato-Boeny)

Type de source	Débit (m3/h)	Production actuelle (m3/j)	Besoin (m3/j)	Problèmes
				- Nécessité d'avoir plusieurs sources
1 puits	20	200	600	- Manque d'eau, surtout en saison sèche

Cette installation n'est pas dotée d'une station de traitement et seulement la stérilisation est effectuée. Comme nouvelle source d'eau, la construction d'un puits ou forage est demandée.

#### 4) Boriziny

(Etat actuel des sources d'eau de la ville de Boriziny)

Type de source	Débit	Problèmes
l ouvrage de prise des eaux de surface	(m3/j) 400 à 600	Manque d'eau en saison sèche. Stations de pompage et de traitement inondées en saison des pluies. Dégradation de la qualité en saison de pluies. Augmentation de besoin à cause de l'implantation d'une usine de coton.

On peut maîtriser le manque d'eau en saison sèche en améliorant l'ouvrage actuel de prise d'eau. Un ouvrage du type puisard à drain a été conçu par le MIEM.

#### (3) Considération des ouvrages d'adduction d'eau

La requête visait originairement la construction de puits à drain rayonnants.

Le puits à drains rayonnants est un ouvrage convenable pour l'exploitation des nappes peu profondes, si les conditions hydrogéologiques sont favorables. Or, la sélection de l'emplacement des sites a été limité du fait que les sources JIRAMA constituaient la majeure partie du présent projet. Et en considération des conditions géologiques et hydrogéologiques des alentours des sites, il a été jugé que la construction de ce type de puits était inconcevable pour le présent projet. Les ouvrages considérés pour chacune des villes sont comme expliqué ci-bas:

#### (Mahajanga)

Cette ville dispose de trois sources d'eau où des calcaires durs se trouvent jusque près de la surface du sol. Des nappes se rencontrent



dans des calcaires fissurés qui s'y développent à une profondeur qui varie de 20 à plus de 50 m. Le procédé par forage, méthode habituelle, convient à l'exploitation de ce genre de nappes.

(Marovoay)

Les ressources en eau qui sont actuellement en cours d'exploitation à moyen de forage, sont des nappes artésiennes constituées de grès répartis à une profondeur d'environ 70m. Le procédé par forage y convient également.

(Ambato-Boeny)

La source d'eau de cette ville est un puits de 7 m de profondeur. Des nappes se trouvent dans la formation des grès désagrégée avec intercalation des argiles du crétacé inférieur. La source d'eau à construire nouvellement est prévue aux alluvions qui se trouve près du lit à 300 m de la source actuelle. La formation qui s'y développe est constituée d'argiles, de sables et de graviers et son épaisseur est estimée aux environs de 15 m. Etant donné que du sol a été échantillonné au moyen de la tarière manuelle, on peut estimer que la formation est riche en argile et limon. Car la formation non agglomérée ayant la bonne perméabilité grâce à la saturation des eaux souterraines ne peut pas être facilement échantillonnée par la tarière manuelle. La prise d'eau par le puits à drains rayonnants à partir de la formation à mauvaise perméabilité est déconseillée du point de vue économique et du fait du mauvais rendement. Le procédé par puits ou forage, méthode habituelle, est donc conseillé. En effet, cette vue est renforcée par le fait que la prise d'eau par forage dans une formation analogue à la précédente est effectuée.

(Boriziny)

La source d'eau prévue est le fleuve qui s'y écoule. La partie malgache envisage de capter des eaux dans cette source. Au lit majeur du fleuve se développe la formation de graviers non agglomérés dont l'épaisseur est de 3 m. Cette épaisseur est insuffisante pour la construction du puits à drains rayonnants. Donc, le procédé par puisard à drain est la méthode la plus appropriée.

#### (4) Population bénéficiaire projetée

La population bénéficiaire du projet d'adduction d'eau a été estimée sur l'année de l'objectif du programme national, soit l'an 2000. L'estimation a été faite en multipliant un taux d'accroissement de 3,1% / an à la population 1984 des villes faisant objet du projet. L'estimation de la population en l'an 2000 de chaque ville est présentée au tableau 4-2.

#### (5) Quantité d'eau à exploiter pour l'approvisionnement en milieu urbain

Dans son Plan National, le gouvernement malgache a fixé l'objectif de réaliser, jusqu'à l'an 2000, l'approvisionnement de toutes les populations urbaines à raison d'au moins 70 l/j/h. D'autre part, le MIEM envisage de réaliser la fourniture de 150 l/j pour les chefs-lieux de faritany. Nous avons pour principe essentiel de réaliser, par ce projet, les installations qui peuvent satisfaire les besoins de l'an 2000 conformément à la politique gouvernementale ci-dessus.

La quantité d'eau à exploiter, calculée selon ce principe, est mentionnée dans le tableau 4-2. D'après ce tableau, après l'achèvement du projet, chaque ville pourra s'assurer de la quantité d'eau qui permet de faire face à l'augmentation de la population jusqu'à l'an 2000.

#### (6) Dimension des installations

##### 1) Mahajanga

- a) Quantité d'eau à exploiter: 19 600 m<sup>3</sup>/jour
- b) Volume totale de pompage  
des sources d'eau existants: 16 800 m<sup>3</sup>/jour  
volume de pompage par forage: 1 920 - 2 640 m<sup>3</sup>/jour
- c) Volume d'eau déficitaire: 2 800 m<sup>3</sup>/jour ; une descente de niveau d'eau de 7 m/puits permettra de combler ce manque de débit.

2) Marovoay

a) Quantité d'eau à exploiter: 3 200 m<sup>3</sup>/jour

b) Volume total de pompage

des sources d'eau existants: 1 440 m<sup>3</sup>/jour

c) Volume d'eau déficitaire: 1 760 m<sup>3</sup>/jour

Compte tenu de la capacité du forage existant, ce déficit peut être comblé.

3) Ambato-Boeny

a) Quantité d'eau à exploiter: 520 m<sup>3</sup>/jour

b) Volume total de pompage

des sources d'eau existants: 480 m<sup>3</sup>/jour

c) Volume d'eau déficitaire: 40 m<sup>3</sup>/jour

Ce manque peut être fourni par un seul forage.

d) Le forage peut être conçu à une dimension plus petite que celle des 2 villes précédentes, mais, en considération de l'interchangeabilité des matériaux de forage et de la pompe, il est conseillé d'adopter le même type.

4) Boriziny

a) Cette ville a recours aux eaux de surface comme source d'eau.

Un ouvrage de prise d'eau a été conçu par le MIEM lui-même (voir

b) Quantité d'eau à exploiter: 1 500 m<sup>3</sup>/jour

c) Débit des sources d'eau existants: 600 m<sup>3</sup>/jour

d) Cet ouvrage a pour avantage de s'accomoder à la variation de quantités d'eau à capter. Comme un accroissement du nombre de drains à installer au-dessous du lit permet d'augmenter facilement la quantité d'eau, on peut capter une quantité d'eau analogue au débit de la saison sèche dans la rivière exploitée.

La récapitulation des forages à implanter dans chaque ville est présenté à la figure 4-1.

Tableau 4-1 Récapitulation de nouvelles installations pour l'approvisionnement du milieu urbain

Ville	Nouvelles installations			Nb.	Observations
	Source	Diamètre (mm)	Profondeur (m)		
Mahajanga	forage	250	50	2	Mise en place d'une pompe à un des puits existants, à coté des 2 nouvelles installations à créer
Marovoy	forage	250	120	1	
Ambato-Boeny	forage	250	50	1	
Boriziny	Puisard à drain			1	

Tableau 4-2 Concept des installations du projet - adduction d'eau en milieu urbain

zone d'exploitation	population bénéficiaire		consommation d'eau en l'an 2000 (m <sup>3</sup> /j)	capacité actuelle d'adduction (m <sup>3</sup> /24h)	débit à exploiter nouvellement dans le cadre du projet (m <sup>3</sup> /24h)	nombre de sources à exploiter dans le cadre de projet	débit projeté à l'achèvement du projet	population pouvant être desservie	Année d'objectif
	1984	2000							
Mahajanga	80 000	130 400	19 600	16 800	7 200 (300m <sup>3</sup> /h)	3	20 000 (m <sup>3</sup> /20h)	133 300	2000
Marovoy	28 000	45 600	3 200	1 440	2 440 (100m <sup>3</sup> /h)	1	3 230 (m <sup>3</sup> /20h)	46 200	2000
Ambato-Boeny	4 500	7 400	520	480	1 200 (50m <sup>3</sup> /h)	1	560 (m <sup>3</sup> /8h)	8 000	2000
Borisiny	13 000	21 200	1 500	600	1 200	1	1 500	21 200	2000

Notes: 1) Taux d'augmentation annuelle de la population - 3,1% (Selon rapport Banque Mondiale 1985)

2) Volume de consommation d'eau .... Mahajanga - 150 lit/jour/habitant  
chef-lieu de fivondronampokontany - 70 lit/jour/habitant

3) Les eaux salines des puits ne sont pas incluses dans le débit actuelle d'adduction.

4) Le débit actuelle d'adduction est estimé dans l'hypothèse où l'adduction d'eau est fait 24 heures 24.

5) Le débit d'exploitation des eaux de Mahajanga sera fourni par 2 nouveau puits et 1 puits existant à équiper en pompe

6) Le débit à exploiter nouvellement est estimé à partir des essais de pompages des sources existants

7) Le débit projeté à l'achèvement du projet est estimé dans l'hypothèse où l'adduction sera fait 20h/j à Mahajanga et Marovoy, et 8 h/j à Ambato-Boeny

8) La population pouvant être desservie est estimée à la base de la consommation d'eau projetée

9) Année d'objectif: l'année où la population atteint un chiffre qui se balance avec le débit exploité dans le cadre du présent projet

#### 4-2-2 Plan d'aménagement de points d'eau en milieu rural

##### (1) Zones d'intervention du projet

Les zones d'intervention du projet dans le milieu rural seront comme pour les milieux urbains, réparties dans les fivondronampokontany de Mahajunga, Marovoy, Ambato-boeny et Boriziny. Les 22 localités qui ont fait objet de la requête NIEM sont comme indiqué dans le tableau 4-3.

##### (2) Situation actuelle des installations

Comme il en a déjà été fait mention dans le chapitre 3-4 "Situation actuelle de l'approvisionnement en eau", les installations existant au niveau de la faritany de Mahajanga sont très peu nombreux, celles existant étant des réalisations de FAFIFAMA. Dans les zones du projet, indiqués dans le tableau 4-3, il n'existe pas d'installations d'approvisionnement en eau.

##### (3) Considération des installations de source d'eau

Dans la zone du projet sont développées des nappes des calcaires ou grès fissurés ou creux. Le forage est le type d'installation le plus approprié pour l'adduction des eaux de ce genre de nappes.

La profondeur de chaque forage sera estimée d'après le résultat d'essais géoélectriques. Néanmoins, la profondeur réelle à exécuter sera déterminée par des ingénieurs hydrogéologiques et foreurs qui donneront leur jugement selon les conditions hydrogéologiques de l'emplacement. D'après les données des forages existants et des travaux exécutés dans les conditions hydrogéologiques analogues, il convient de prévoir la profondeur moyenne de 50 m pour le milieu urbain aussi bien que pour le milieu rural.

#### (4) Population bénéficiaire projetée

La population bénéficiaire, estimée comme pour le milieu urbain à l'horizon 2000, est présentée à le tableau 4-3.

#### (5) Quantité d'eau à exploiter

En ce qui concerne l'approvisionnement du milieu rural, le gouvernement malgache a fixé l'objectif d'atteindre 20 l/j/h jusqu'à l'an 2000 comme mentionné plus haut. D'après la liste de 22 villages qui font l'objet de l'approvisionnement du milieu rural dans le cadre du présent projet, la population à être desservie par source d'eau est de 200 à 510 habitants. Suivant l'estimation du volume de consommation d'eau, le débit exigé par point d'eau est de  $14 \text{ m}^3/\text{min}$  à raison de 12 heures de fonctionnement par jour. Cette quantité peut être facilement fournie, étant donné que, selon les renseignements recueillis, les nappes constituées des calcaires allant de l'écogène au crétacé, peut fournir un débit de plus de 10 à 20 lit/min/m.

#### (6) Dimensions des points d'eau

Malgré la différence du niveau des nappes, la pompe à main peut débiter 16 à 20 lit/min à raison de 40 à 50 courses par minute.

Les points d'eau à créer nouvellement dans le cadre du présent projet ne seront suffisant à combler le besoin de la population si l'on considère son accroissement jusqu'à l'an 2000. En fait, le nombre maximum d'habitants pouvant bénéficier d'un forage est de 720 personnes au cas où le débit de pompage des pompes à main est de 16-20 lit/min, le volume de consommation quotidienne par personne, de 20 lit/jour, et le nombre d'heure de pompage, de 12 heures par jour. Il existe quelques villages dont la population dépassera éventuellement les 720 habitants, soit, 1 à Boriziny, 1 à Marovoy, et 2 à Ambato-Boeny. Il est à considérer dans l'avenir, s'il est nécessaire d'augmenter le nombre de points-d'eau au niveau de ces villages après avoir évalué le débit par point d'eau.

Tableau 4-3 Aperçu de la conception des sources d'eau en milieu rural du présent projet

site des sources d'eau	population bénéficiaire		consommation d'eau en 2000 (m3/jour)	présent projet		année d'objectif
	1984	2000		nombre de sources	capacité (m3/12hr)	
<u>Maha janga</u>						
Mariano	881	1 440	23	2	29	après 2000
Tanambao	637	1 040	21	2	29	après 2000
Ampazony	310	510	10	1	14	après 2000
Tsilakanina	902	1 470	29	2	29	2000
<u>Boriziny</u>						
Bejahoa	415	680	14	1	14	2000
Ambodimanga	750	1 220	24	1	29	après 2000
Andranomena	1 025	1 670	33	2	29	1995
<u>Ambato-Boeny</u>						
Ampifjoroa	621	1 010	20	1	14	1989
Andranofasika	993	1 620	32	2	29	1996
Maevahazo	750	1 220	24	2	29	après 2000
<u>Marovoy</u>						
Marobanty	705	1 150	23	2	29	après 2000
Mahabibo	640	1 040	21	2	29	après 2000
Amboromalandy	200	330	7	1	14	après 2000
Lakivolo	450	730	15	1	14	1999
Total	9 279	15 160	296	22	331	

notes: 1) L'augmentation de la population est estimée à 3,1%/an

2) Le débit de consommation par habitant est de 20 lit/jour

3) La capacité de distribution de chaque pompe manuelle est calculée à 20lit/min x 12 heures/jour

4) L'année d'objectif s'entend l'année où la population atteint un chiffre qui se balance avec le débit exploité dans le cadre du présent projet



#### 4-2-3 Etude sur les équipements et les matériels principaux

Les équipements et matériels nécessaires à l'aménagement des sources du présent projet sont les suivants:

1) Machine de forage

La machine sera du type mixe rotary et air percussion (DTH) pour pouvoir faire face à de différentes formations telles que roches sédimentaires, métamorphiques, ignées.

2) Véhicules d'accompagnement

Pour mener à bien les travaux de forage, essais de pompage, la mise en place de pompes et la construction d'ouvrages auxiliaires, il faut prévoir au moins le même nombre et les mêmes types de véhicules que ceux demandés. En plus, ils doivent être à volant gauche, moteur à diesel et tout terrain.

3) Compresseur à haute pression

Un compresseur capable de faire fonctionner l'air percussion.

4) Pompes pour forage

Quatre pompes pour nouveaux forages.  
Une pompe pour forage existant.

5) Tuyaux de tubage

Des tuyaux de tubage seront en acier pour l'approvisionnement du milieu urbain et en fibre renforcé pour le milieu rural. La crépine ne sera pas employée et on façonnera directement des tuyaux.

6) Instruments pour essais de pompage

Ce sera deux pompes immergées de capacités différentes, parce que des essais seront effectués dans les forages des milieux urbain et rural. Pour faire fonctionner ces pompes, il suffira de disposer d'un groupe électrogène.

7) Appareils géoélectriques

Le MIEM ne possède pas d'appareils géophysiques, ni géoélectriques. Donc, les ingénieurs n'ont pas eu du tout l'occasion d'apprendre la technique de prospection. On peut considérer que l'introduction d'appareils géoélectriques et le transfert de cette technologie, non seulement contribueront à la localisation d'emplacements de sources d'eau dans ce projet, mais aussi joueront un rôle important dans l'élaboration de projets de l'exploitation des sources d'eau.

8) Appareils de mesures des caractéristiques de forages

Les mesures des caractéristiques de forages sont des travaux indispensables pour localiser des nappes après l'exécution de forages. Mais, le MIEM n'a pas adopté cette méthode à défaut d'appareils. De même que la prospection géoélectrique, la mesure des caractéristiques de forages et leur analyse seront des sujets importants pour le transfert de la technologie effectué lors de l'exécution des travaux.

9) Equipement de radio

Les conditions de routes sont très mauvaises. Sur des routes principales sans feux de circulation, ni villages, la vitesse moyenne est de 30 à 40 km/h. Dans la zone du projet, il se peut que des routes ne permettront pas de circuler à la moyenne de 30 km/h. L'équipement de radio sera donc indispensable pour effectuer rapidement les communications parmi la base de Mahajanga, la machine de forage et la base de vie.

10) Matériel de camping

Malgré que les travaux s'effectuent principalement dans le milieu urbain, il n'existe pratiquement pas de logement pour le personnel de la partie malgache à l'exception de la ville de Mahajanga. Il faut donc prévoir le matériel pour loger des ingénieurs, le personnel de renforcement et des manœuvres,

11) Matériaux de construction pour l'atelier de réparation et les outils nécessaires

Le bureau de la délégation à Mahajanga ne possède même pas le minimum de personnel, ni d'outils, sans parler d'atelier de réparation. Etant donné la possibilité de diverses pannes qui peuvent survenir au moment des travaux et que les matériels et matériaux fournis seront utilisés, après l'achèvement du projet, pour des travaux de réhabilitation par la JIRAMA et l'exploitation des eaux dans le milieu rural, il est indispensable de prévoir la fourniture du minimum d'équipement et d'outils nécessaires à la réparation des matériels.

12) Conduites de distribution d'eau

Bien que le présent projet ait pour but d'exploiter des sources d'eau, l'approvisionnement du milieu urbain nécessite des conduites de distribution pour connexion avec celles existantes. Comme la JIRAMA n'en possède pas réservée, il faut les fournir dans le cadre du projet. Les travaux seront réalisés par la JIRAMA.

13) Matériels et matériaux pour l'approvisionnement en eau du milieu rural

Des tuyaux de tubage et pompes à main seront fournis pour équiper les forages de 22 localités énumérées dans la liste de villages à alimenter établie par le MIEM.

14) Pièces de rechange

Une quantité de pièces de rechange nécessaire pour le fonctionnement d'au moins deux ans de la machine de forage, des véhicules et autres équipements et matériels devra faire objet du don, vu le manque en devise de la partie malgache pour leur approvisionnement.

### 4-3 Aperçu du projet

#### 4-3-1 Organismes d'exécution

##### (1) Exécution du projet

L'organisme compétent du présent projet est le Service de l'Eau et de l'Hydrogéologie de la Direction de l'Energie et de l'Eau, du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines (MIEM). En outre, la JIRAMA, organisme chargé de la gestion et de l'entretien des AEP du milieu urbain, participera indirectement au projet. La composition du personnel est mentionnée dans l'article concernant les organismes administratifs de l'approvisionnement en eau (chapitre II). Le chef du service et des principaux ingénieurs ont l'expérience en tant que personnel homologue, dans le projet de l'exploitation des eaux souterraines dans le sud, effectué en 1981 sous la Coopération financière non-remboursable du gouvernement Japonais. La direction du présent projet sera assumée par le chef du Service au niveau de Antananarivo. Et, un des ingénieurs restera en permanence au niveau du site du projet. Parmi les ingénieurs adjoints, deux ont reçu, au Japon, la formation pour la manoeuvre de la machine de forage TOP-200, dans le cadre du projet du sud mentionné ci-dessus. En plus, un autre ingénieur adjoint a participé aux travaux de forage dans la même région. L'on peut donc considérer que trois ingénieurs adjoints au total peuvent manoeuvrer la machine de forage de fabrication japonaise.

##### (2) Organisation de la gestion et de l'entretien

La gestion et l'entretien des installations d'alimentation en eau des milieu urbains à réaliser dans le cadre du présent projet sera assumée par la JIRAMA. Quant à pour le milieu rural, elle sera à la charge de la délégation provinciale MIEM de la faritany de Mahajanga. Etant donné que le bureau ne compte actuellement qu'un chef par intérim de délégation, le MIEM projette de renforcer le personnel, après l'achèvement du projet, pour faire face à un accroissement d'activités relatives à la gestion et l'entretien des installations.

La JIRAMA qui relève du MIEM y collaborera en offrant son atelier et parc pour la gestion et la réparation des matériels et matériaux fournis. Par ailleurs, des travaux de connexion entre les nouveaux forages et les installations existantes seront exécutés à la charge de la JIRAMA par son personnel.

#### 4-3-2 Installations faisant objet de la fourniture

Les installations qui seront construites par moyen des équipements et matériels fournis dans le cadre du présent projet seront les suivants:

##### (I) Installations des sources d'eau pour l'approvisionnement du milieu urbain

###### i) Mahajanga

2 forages de production - profondeur: 50 m; diamètre: 250 mm;  
finition: tuyau en acier; équipement: pompe immergée  
équipement d'un forage existant en pompe immergée

###### ii) Marovoay

1 forage de production - profondeur: 120 m; diamètre: 250 mm;  
équipement: pompe immergée; groupe électrogène

###### iii) Ambato-Boeny

1 forage de production - profondeur: 50 m; diamètre: 250 mm;  
équipement: pompe immergée

###### iv) Boriziny

Fourniture de matériaux pour la construction d'un puisard à drain

(2) Installations des sources d'eau pour l'approvisionnement du milieu rural (22 sites)

22 forages - profondeur: 50 m; diamètre: 100 mm;  
équipement: pompe à main

4-3-3 Aperçu des équipements et matériels nécessaires

Les équipements et matériels nécessaires à la réalisation du présent projet sont les suivants:

- ° 1 unité d'instruments géoélectriques nécessaires à l'étude hydrogéologique et la localisation d'emplacements de puits
- ° 1 machine de forage et une unité de compresseur nécessaires pour les travaux de forage
- ° 7 véhicules d'accompagnement pour les études hydrogéologiques des travaux de forage et essais de pompage
- ° 5 pompes immergées pour équiper les forages de production
- ° 30 pompes manuelles pour l'approvisionnement du milieu urbain
- ° Un lot de tuyaux de tubage pleins et crépinés pour forages de production
- ° Une unité d'instruments pour essais de pompage
- ° Une unité d'appareils de mesures des caractéristiques de forages
- ° Une unité d'instruments d'analyse d'eau
- ° Une unité d'équipement de radio
- ° Matériels de construction d'un atelier de réparation et un lot de d'outils
- ° Une unité de matériel de camping pour déplacement
- ° Un lot de pièces de rechange nécessaires aux équipements et matériels ci-dessus

#### 4-3-4 Coopération technique

IL est considéré inutile de détacher des experts pour la réalisation du projet, mais des ingénieurs seront envoyés dans le cadre de la coopération financière non-remboursable en vue du transfert de la technologie.

##### 1) Assistance à la supervision et à l'étude hydrogéologique

Un superviseur de projet et un ingénieur hydrogéologue seront envoyés pour transférer la technologie de l'étude hydrogéologique et la prospection géoélectrique qui servent à localiser des emplacements de forages, et la gestion de projets de l'exploitation des eaux souterraines.

##### 2) Assistance à la construction

Un superviseur de la construction, un expert en forage et un expert en machinerie seront envoyés afin de transférer la technologie englobant la manoeuvre de la machine de forage, le procédé de forage, le procédé de construction de forage, la mesure des caractéristiques de forages, l'essai de pompage, etc.

Le détachement de ces experts et les transferts des techniques des différents secteurs permettra d'améliorer le niveau global de la technologie du MIEM, et contribuera non seulement à la réalisation du présent projet mais aussi au développement futur de l'exploitation des eaux souterraines en République de Madagascar.

## CHAPITRE 5. PLAN DE BASE

### 5-1 Directives de base

Les directives principales du plan de base du présent projet ont été déterminées en tenant compte des conditions telles que le retard de l'aménagement des infrastructures, la difficulté de l'accès aux zones d'intervention, la formation de nappes aquifères constituées de calcaire solide, etc, ainsi que la conformité au système de la coopération financière non-remboursable du gouvernement japonais.

- (1) Les équipements et matériels tels que l'appareil de forage devront être conçus en considération des circonstances hydrogéologiques et des conditions naturelles.
- (2) Les installations et équipements d'adduction d'eau devront s'adapter à celles de la JIRAMA existantes.
- (3) L'hydraulique villageoise sera conçue à ce qu'elle puisse être utile en tant qu'installation modèle dans l'ensemble de la zone d'intervention, et devra être économique.
- (4) Les équipements ou matériels indispensables à la réalisation du projet feront objet du don même dans le cas où ils ne figurent dans la requête. (Par exemple les additifs).
- (5) Compte tenu de la disponibilité à Madagascar, les matières de construction feront également objet du don dans la mesure du possible.



## 5-2 Conception des installations

### 5-2-1 Conception des installations de l'AEP en milieu urbain

Sont prévus trois installations à Mahajanga, une à Marovoy et une à Ambato-Boeny. Parmi les trois installations de la ville de Mahajanga, celle de Ambombonabony dont les travaux de forage sont terminés, ne nécessite que la mise en place d'une pompe et la construction d'une installation annexe.

Le débit de la profondeur de forages prévus, déjà mentionnés dans la chapitre 4, sont comme suit:

Tableau 5-1 Profondeur et débit des forages prévus pour l'AEP du milieu urbain

Secteur	Profondeur prévue (m)	Débit prévu (m <sup>3</sup> /h)	Course totale (m)	Observations
Mahajanga (1)	50	100	50	
(2)	50	100	50	
(3)	-	100	50	Forage terminé. Essai de pompage. Mise en place d'une pompe et des installations.
Marovoy	120	100	50	
Ambato-Boeny	50	60	50	

La profondeur des forages sera de 50 m au minimum et moins de 200 m au maximum. La course totale est de 50 m pour tous les secteurs.

La capacité des pompes immergées devra être de 50 à 100 m<sup>3</sup>/h en tenant compte des débits prévus et la course totale. C'est-à-dire, la pompe qui s'adapte au forage de diamètre de 250 mm. Donc, le diamètre du tuyau de tubage sera de 250 mm et celui de forage 320 mm. Mais, celui-ci n'est maintenu que jusqu'à la profondeur de 20 m et au-delà de cette profondeur il sera de 270 mm. Ceci, la tige de forage et le trépan, permet de forer en profondeur par une machine de forage de dimension modeste.

La réflexion sur les conditions géologiques de Madagascar qui laissent prévoir l'existence de la formation désagrégée à la partie supérieure du forage nous oblige de prévoir une construction qui permet d'introduire le tubage temporaire de travaux jusqu'à 20 m.

L'utilisation d'un tuyau de tubage (diamètre de 305 mm) qui permet le passage d'un trépan de 270 mm devra avoir un diamètre de forage de 375 mm.

En tenant compte des conditions ci-dessus, il a été conçu deux types de forage dont la structure est indiquée dans la figure 5-1.

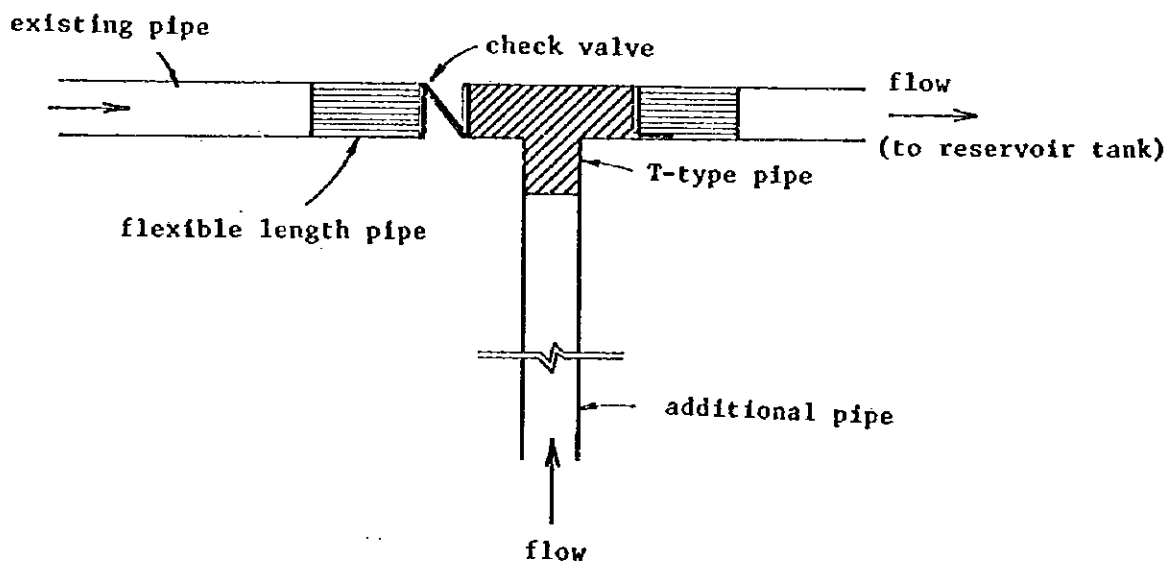
A été conçue la construction d'un ouvrage annexe de forage qui est constitué d'un bâti de pompe immergée, d'une dalle en béton empêchant la pénétration des eaux usées et une baraque qui les couvre. Celle-ci sert à prévenir le vol et le dégât du matériel. Elle est en structure préfabriquée et le toit est détachable, ce pour permettre d'enlever la conduite de refoulement et la pompe immergée lors de la réparation. Le bâti de pompe est posé 1 m au-dessus du niveau du sol pour éviter l'infiltration des eaux usées lors de la crue en saison des pluies. La dalle en béton est en forme carré avec un côté de 2 m et une épaisseur de 20 cm et elle est armée. Le détail est indiqué dans la figure 5-2.

Des moteurs de pompe immergée seront alimentés en électricité à partir des installations existantes. Cependant, à Marovoy, le groupe électrogène existant étant incapable d'alimenter une nouvelle pompe, on installera un groupe électrogène à diesel. Et pour le protéger, sera installée une baraque préfabriquée d'une dimension de 3,6 m x 1,8 m avec une hauteur de  $\pm$  3,1m.

Le détail en est indiqué dans la figure 5-3.

Les forages mentionnés ci-dessus seront connectés aux conduites existantes de la JIRAMA pour permettre de distribuer les eaux par celle-là. Le diamètre des nouvelles conduites devra être le même que celles existantes. La connexion se fait à l'aide d'un tuyau en T et d'un clapet de non retour. Elle est indiquée dans le croquis ci-dessous.

Concept of Connection with existing pipe



### 5-2-2 Conception des installations de l'AEP du milieu rural

La profondeur prévue des installations pour l'AEP du milieu rural est de 50 m en moyenne comme mentionnée dans la section 2 du chapitre 3.

Le diamètre du cylindre de la pompe à main qui sera installée au forage est, en général, de 50 à 90 m. Donc, le diamètre inférieur du tubage sera d'au moins 100 mm et celui de forage à exécuter 150 mm.

Etant donné l'existence probable de la formation désagrégée qu'on rencontre à la partie supérieure du forage, il faut prévoir une construction qui permet d'introduire le tubage temporaire de travaux jusqu'à 20 m. L'utilisation d'un tuyau de tubage (diamètre de 172 mm) qui permet le passage d'un trépan de diamètre de 150 mm devra avoir un diamètre de forage de 211 mm.

En tenant compte des conditions ci-dessus, nous avons conçu deux types de forage dont la structure détaillée est indiquée dans la figure 5-3.

La construction d'une dalle en béton, un fossé d'écoulement et une fosse est prévue pour protéger le forage contre l'infiltration des eaux usées.

La dalle est en forme carrée avec un côté de 2 m et une épaisseur de 20 cm et elle est armée. La fosse est placée à plus de 7 m du forage et ils sont liés par le fossé d'écoulement. Le détail en est indiqué dans la figure 5-5.

### 5-2-3 Conception de l'ouvrage de prise d'eau de Boriziny

Au secteur de Boriziny, il est concevable de faire la prise de l'eau directement à partir de la rivière. Cette méthode sera adoptée étant donné la difficulté du transfert de la machine de forage dû aux

Fig. 5-1 Borehole Types for Urban Water Supply

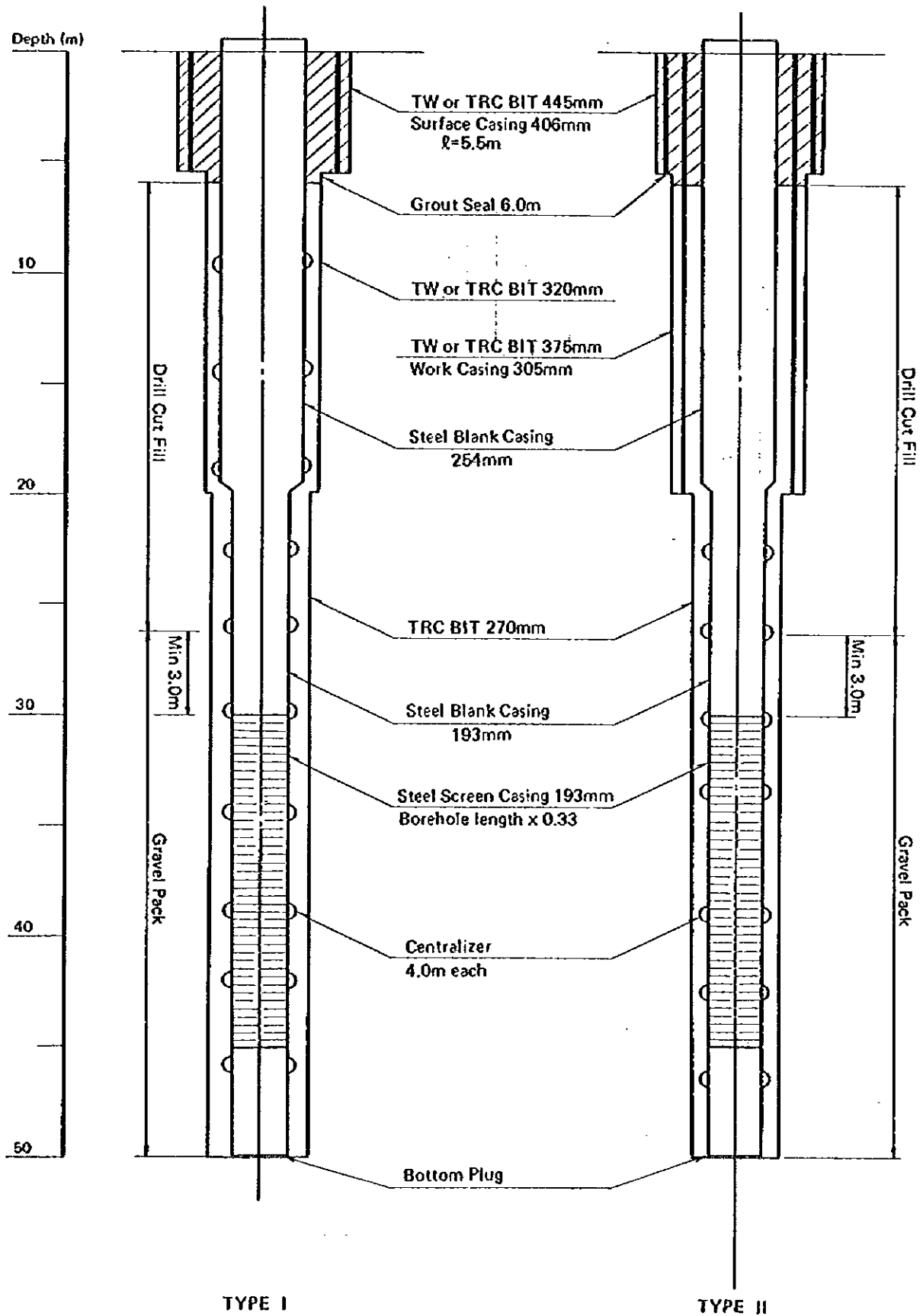
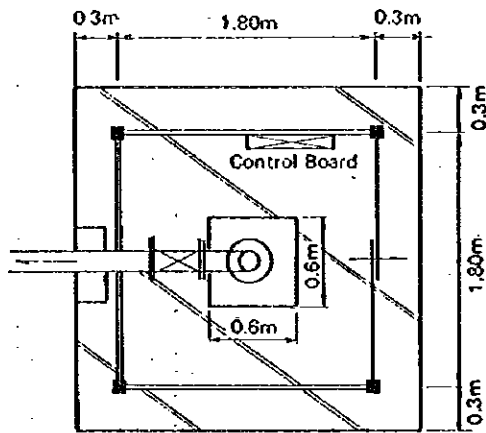
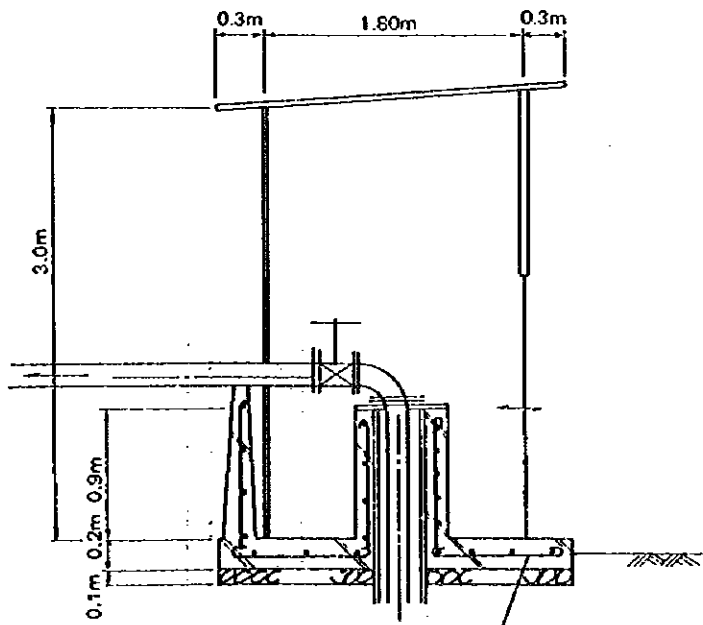


Fig. 5-2 Appurtenant Facility of Urban Area Borehole



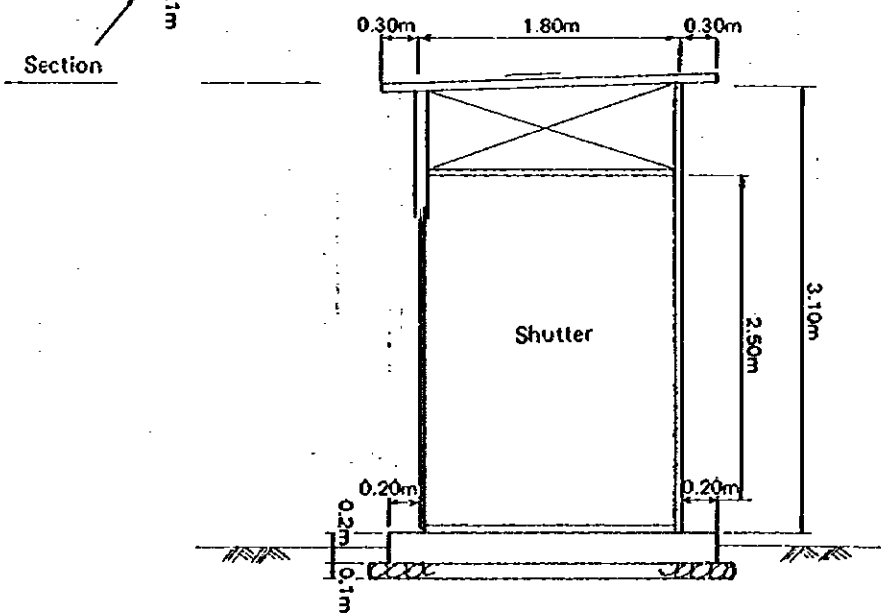
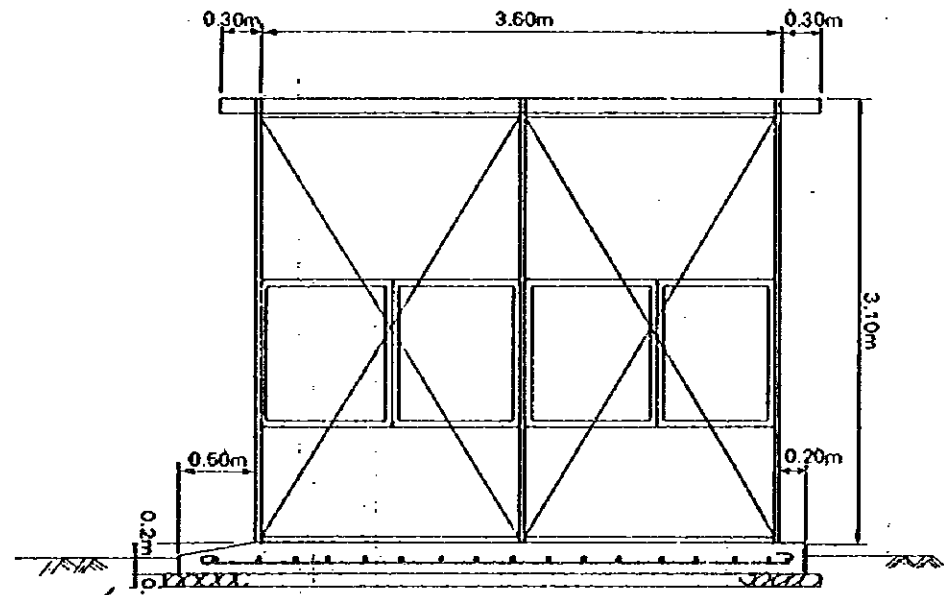
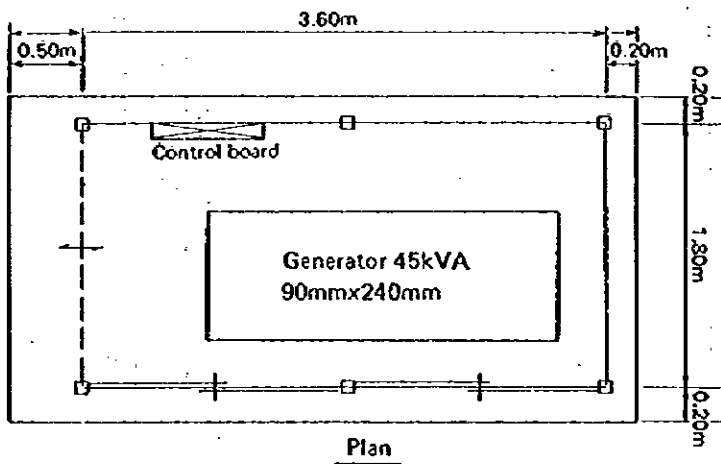
Plan



Section

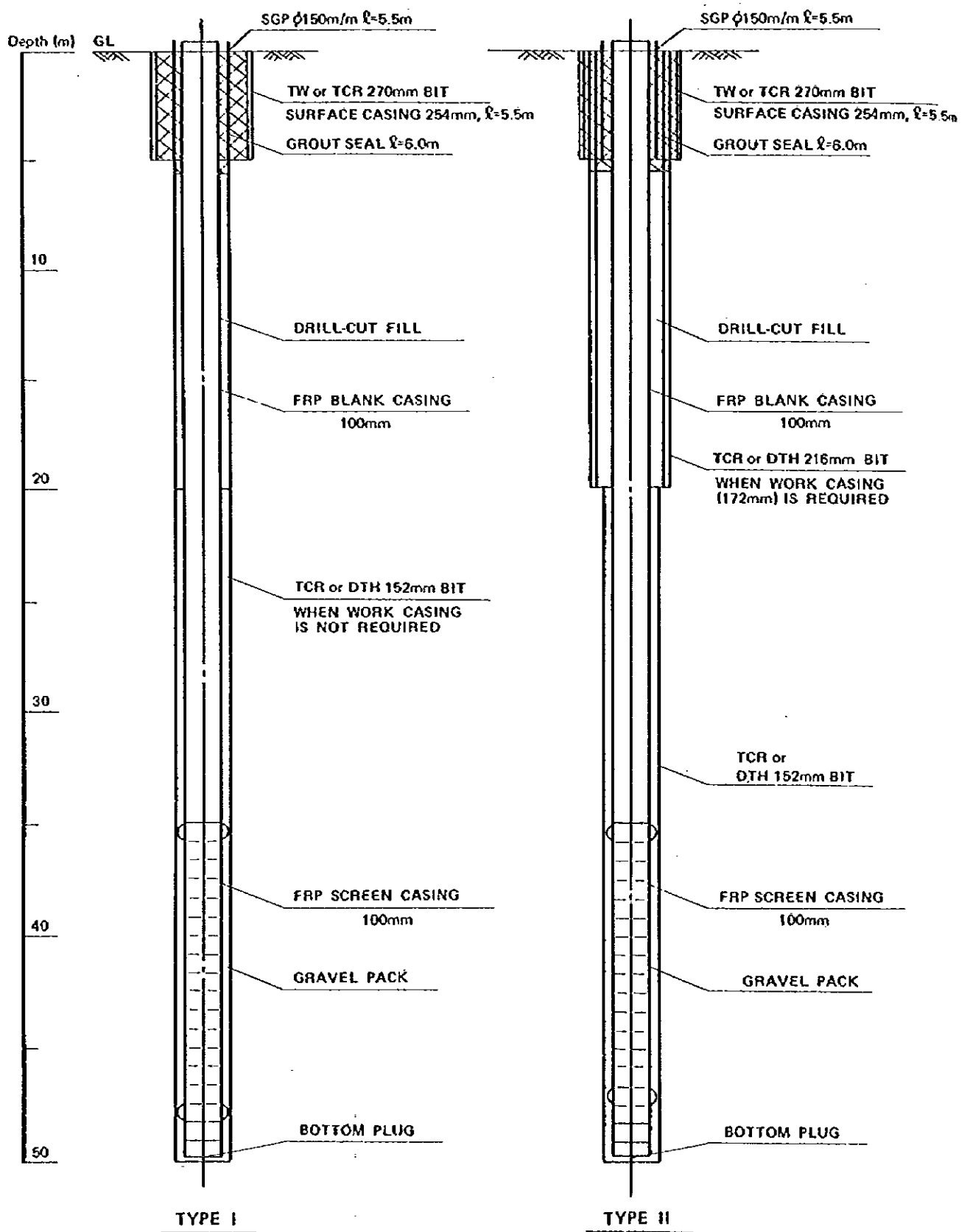
Scale: 1/50

Fig. 5-3 Shed of Generator

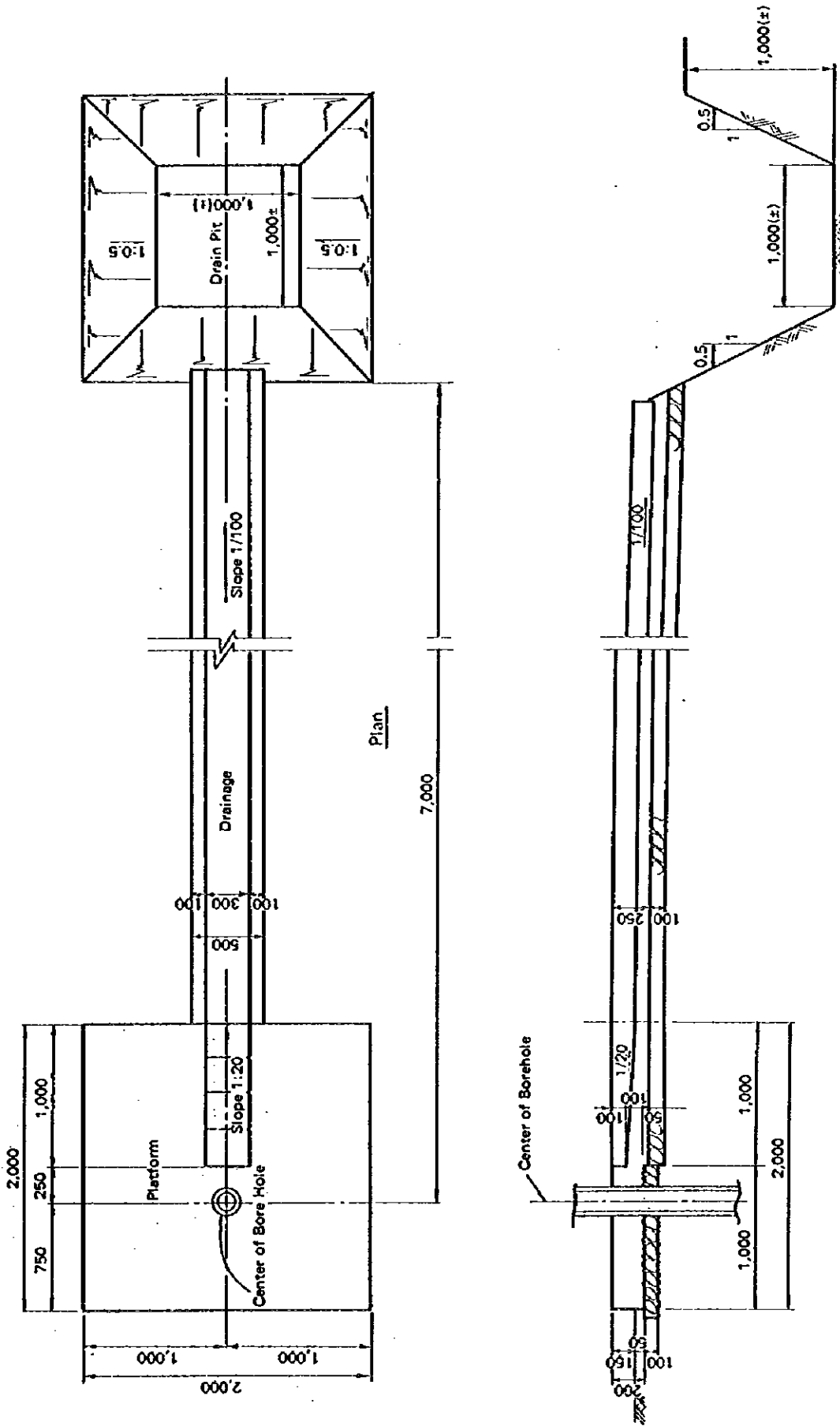


Scale: 1/50

Fig. 5-4 Borehole Types for Rural Water Supply







Scale: 1/40

Section

Fig. 5-5 Appurtenant Facility of Rural Area Borehole

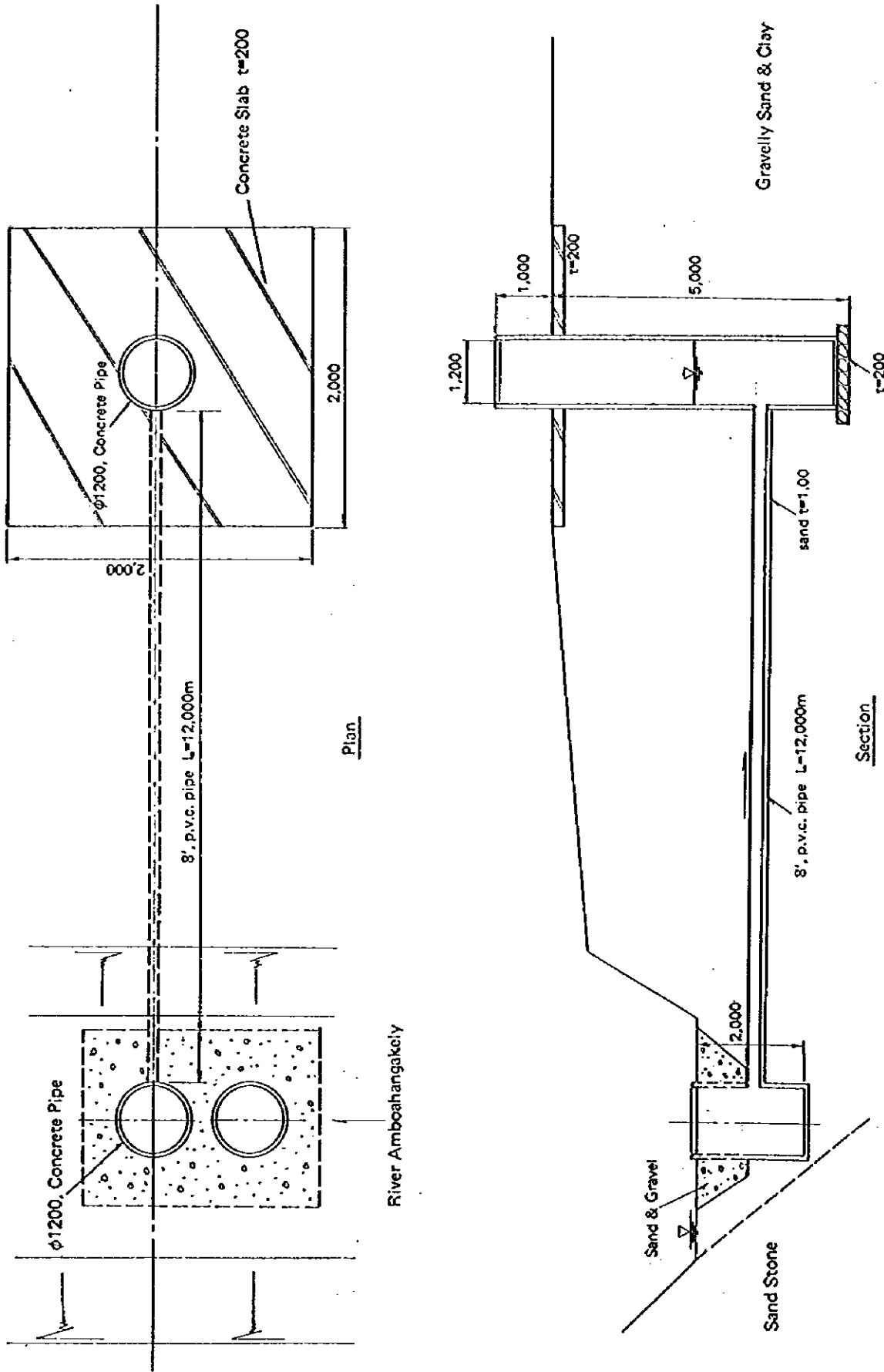


Fig. 5-6 Water Intake Facility of Port - Berge City

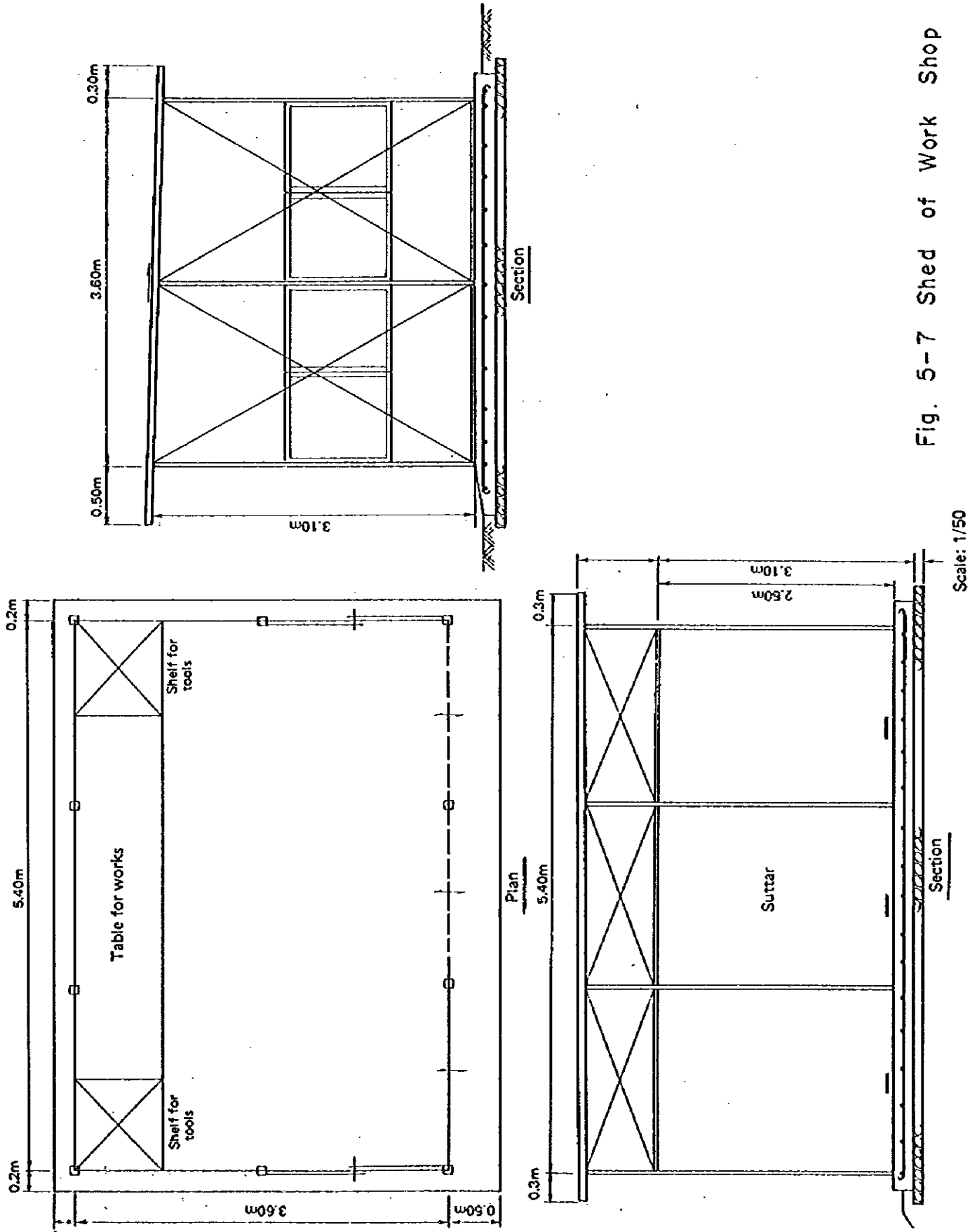


Fig. 5-7 Shed of Work Shop

mauvaises conditions routières. La prise d'eau se fera au moyen d'une méthode traditionnelle à Madagascar qui consiste à relier à l'aide d'un drain, une installation de prise d'eau posée au lit à un puisard placé sur la rive. Le détail de ce type d'installation présentée par la partie malgache est indiqué dans la figure 5-6.

Cette méthode traditionnelle ne nécessitant pas de technologie spécifique, les techniciens du MIEM à eux seuls peuvent réaliser la construction au moyen des matériaux fournis. Par conséquent, il suffira de fournir les matériaux (ciment, fers à béton et armature) et laisser les travaux sous la responsabilité du MIEM.

#### 5-2-4 Conception de l'atelier de réparation

L'atelier de réparation, dont la demande de la mise en place à Madagascar a été exprimée, sera de construction préfabriquée en tenant compte de difficultés de ravitaillement en matériaux sur place et du manque de main-d'oeuvre qualifiée telle que charpentier. Le détail en est indiqué dans la figure 5-7.

En outre, cet atelier sera équipé d'un minimum d'équipement et d'outils nécessaires à l'entretien de la machine de forage, des véhicules et la réparation des pompes à main. Il sera un bâtiment préfabriqué ayant une dimension suivante: 5,4m x 3,6m; hauteur de 3,1m.

#### 5-3 Equipements et matériels

##### (1) Machine de forage

La machine de forage à adopter pour le présent projet sera de type rotary et air percussion qui peut faire face aux diverses formations géologiques.

Vu la dimension des forages pour l'AEP du milieu urbain, elle doit avoir la capacité de forer jusqu'à une profondeur de 150 m avec un

diamètre de 270 mm. Pour obtenir une certaine mobilité, la machine sera montée sur camion.

La spécification des équipements et matériels ainsi que leur quantité sont comme suit:

1) Machine de forage

Machine de forage rotary et air percussion (top drive). La capacité de poussée est de plus de 100 m lors de l'emploi du tuyau de forage de 120 mm. La capacité d'une pompe boueuse est de plus de 500 à 600 l/min.

ii) Accessoires standards et pièces accessoires de forage

iii) Porte-foreuse (4 x 4)

GVW: plus de 11 t Moteur: diesel

iv) Réservoir à carburant (2 m<sup>3</sup> x 1), réservoir d'eau (3 m<sup>3</sup> x 2)

(2) Compresseur à air à haute pression

Typé: monté sur camion

Capacité de compression: plus de 17,5 kg/cm<sup>2</sup> x 20 m<sup>3</sup>/min.

(3) Véhicules

Le type, la spécification, le nombre et l'usage des véhicules nécessaires aux travaux de forage et aux études hydrogéologiques du projet sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 5-2 Liste des véhicules d'accompagnement

Véhicules Nb.	Spécifications	Emplois principaux
Camion 1	Capacité: 8t. Equipement: grue de 3t. Longueur de carrosserie : plus de 6,0m	Transport des pièces accessoires de forage (tuyaux de forage, tubage de travaux, trépan, etc.)
Camion 1	Capacité: 11t. Equipement: grue de 5t. Longueur de carrosserie : plus de 6,0m	Transport de réservoirs (3 m <sup>3</sup> x 2) tonneau à carburant, matériels et matériaux de construction.
Camion 1	Capacité: 8t. Equipement: grue de 3t. Longueur de carrosserie : plus de 6,0m	Transport de tuyaux de tubage, pompes et matériel et matériaux de construction.
Véhicule léger 2	Type: camionnette Capacité: 1t Longue carrosserie	1 pour transport de matériaux de construction. 1 pour transport du matériel d'études.
" 2	Type: break à 13 places longue carrosserie	1 pour transport du personnel de forage et construction. 1 pour le personnel d'études.
Total 7		

Tous ces véhicules auront les spécifications suivantes: tout terrain, moteur à diesel, équipement de remorque.

#### (4) Equipement de camping

Malgré que la zone du projet s'étende sur un espace de d'environ 150 km du nord au sud et 250 km de l'est à l'ouest, comme le montre le plan du début du rapport, on ne peut pas espérer trouver des logements existants dans la zone, à l'exception de de la ville de Mahajanga. Par conséquent, au cours de la période de travaux, il faut installer un camp mobile dans chaque secteur.

L'équipement sera constitué de:

- i) 4 bâtiments préfabriqués (airconditionnés)
- ii) 5 tentes pour opérateurs (pour 6 personnes)
- iii) 30 lits de camp pour tent
- iv) 1 unité de cabinets de toilettes
- v) 1 unité de douches
- vi) 1 pompe immergée à moteur électrique (40 mm) pour alimentation en eau
- vii) 1 réservoir d'eau aérien (1 m<sup>3</sup>, 3m) pour alimentation en eau
- viii) 1 groupe électrogène (moteur diesel, 20 KVA)
- ix) 1 lot de matériaux de tuyauterie pour distribution d'eau

(5) Système de communications

Il faut un système de communications pour s'assurer des liaisons parmi la base de Mahajanga, les camps mobiles et les points de travaux, et pour maintenir la conduite des travaux sans incident et la sécurité.

- i) Puissance: 100 W
- ii) Nombre de stations: 1 station permanente  
4 stations mobiles

(6) Instrument géoélectrique

Un instrument géoélectrique, sera utilisé pour les études hydrologiques nécessaires à la localisation des sites de forage.

- Courant continu réversible  
Profondeur explorable: plus de 100 m  
1 unité d'accessoires standards

(7) Appareils d'essais de forages

Les appareils ci-dessous sont nécessaires pour décider une position de crépine dans le forage et des essais de pompage effectués lors d'une finition de forage:

i) 1 unité d'appareils électriques de mesures

Articles à mesurer: résistance relative, potentiel naturel

Dispositif d'inscription: auto-inscription

Longueur de câble: plus de 100 m

Tambour à câble, accessoires standards

ii) Appareils d'essais de pompage

a) 1 pompe immergée à moteur électrique pour forage de grand diamètre (30 KW, diamètre: 150 mm; course total: 50m; conduite d'aspiration: 40m)

b) 1 pompe immergée à moteur électrique pour forage de petit diamètre (150 l/min. Course totale: 40 m. Conduite d'aspiration: 40 m)

c) 1 groupe électrogène (moteur à diesel, 50 Hz, 380 V, 45 KVA)

d) 2 unités d'appareil de mesures des niveaux d'eau de forage (mode de mesure à pointe, 100 m)

e) 1 unité d'entaille triangulaire

(8) Instruments d'analyses d'eau

Des analyses d'eau se font sur 18 articles ci-dessous prescrits par l'OMS.

Articles à mesurer: turbidité, degré de couleur, goût, odeur, peroxyde de manganèse, consommation de potasse, PH, azote nitreux, azote nitrique, azote ammoniacal, chlore, chrome hexavalent, fer, cuivre, zinc, dureté total, chlorure, bactéries, générales, colibacille.

i) 1 trousse d'instruments d'analyses d'eau (pour 100 échantillonnages)

ii) 1 instrument de mesure de PH

iii) 1 instrument de mesure de conductibilité



#### (9) Tuyaux de tubage

Les tuyaux de tubage destinés à l'AEP en milieu urbain sont tous en acier comme ceux existants. On prépare la quantité nécessaire de tuyaux en acier crépinés, façonnés sur place, qui couvre environ un tiers de la profondeur prévue du forage.

D'après la figure 5-1, il faut, pour l'AEP en milieu urbain, deux types de tuyaux pleins ( $\phi$  254 mm et  $\phi$  193 mm) et un type de tuyaux crépinés ( $\phi$  193 mm).

Les tuyaux de tubage pour l'AEP du milieu rural sont en fibre renforcé en tenant compte de frais et facilités de travail.

- i) 19 tuyaux en acier pleins ( $\phi$  254 mm, l = 5,5 m)
- 21 tuyaux en acier pleins ( $\phi$  193 mm, l = 5,5 m)
- ii) 20 tuyaux en acier crépinés ( $\phi$  193 mm, l = 5,5 m)
- iii) 200 tuyaux pleins en fibre renforcé ( $\phi$  100 mm, l = 4,0 m)
- iv) 100 tuyaux pleins en fibre renforcé ( $\phi$  100 mm, l = 4,0 m)
- v) 22 tuyaux pleins de surface (SGP,  $\phi$  150 mm, l = 5,5 m)

#### (10) Pompes immergées à moteur électrique

Le débit projeté est de 100 m<sup>3</sup>/h et la course totale, de 50 m. La pompe qui satisfait à ces conditions doit avoir les spécifications suivantes:

5 pompes immergées à moteur électrique (pour forage de diamètre de 250 mm)

Capacité de pompe: 30 KW, diamètre: 150 mm

Source d'électricité: 380 V, 50 Hz

#### (11) Pompes à main

Des pompes à main seront fournies, parce qu'elles sont plus économiques et efficaces en raison du diamètre des forages pour l'AEP en milieu rural et la consommation. Malgré qu'il existe différents types de pompes à main, il faut choisir celui dont l'approvisionnement

en pièces de rechange et la réparation soient aisés, parce que les pompes nécessiteront généralement la réparation au bout d'un ou deux ans. Le nombre total de pompes sera de 30 pompes, dont 22 pour les 22 forages et 8 comme réserves.

30 pompes à main (pour forage de diamètre de 100 mm)

#### (12) Groupe électrogène

Parmi les secteurs du milieu urbain, dans celui de Marovoy, la centrale existante n'a plus de capacité excédantaire. Il faut donc y installer un groupe électrogène pour alimenter en électricité le nouveau forage. La capacité de la pompe immergée nécessitera le groupe dont la capacité est aux environs de 45 KW.

Un groupe électrogène à moteur diesel (45 KW)

#### (13) Equipement et outils pour atelier de réparation

Le bureau de la délégation du MIEM à Mahajanga est démuné d'atelier. Et le garage d'Antananarivo ne possède suffisamment d'équipement, et d'outils pouvant être utilisés dans le présent projet. Les outils nécessaires sont sélectionnés en supposant les travaux ci-dessous:

- A. Réparation des pannes des appareils de forage et des véhicules
- B. Réparation des pannes de Pompes à main

L'équipement et les outils nécessaires à l'atelier de réparation sont des perceuses électriques, des compresseurs, les cric pour garages, etc. Les détails sont indiqués dans le document annexe.

#### (14) Baraques

Des baraques à installer à cinq forages de l'AEP en milieu urbain, la centrale de Marovoy et l'atelier de réparation doivent être de préfabrication, construction aisée et transport facile. Ces baraques sont constituées d'un bâti et de piliers en fer léger, et d'un toit et

de murs de panneaux en contreplaqué de l'awan et plaque de fer en couleur.

Les plans de base de ces baraques sont indiqués dans "5-2 Conception des installations".

- i) 5 baraques pour installations de forage du milieu urbain (1,8 x 1,8 x 3,19 m)
- ii) 1 baraque pour groupe électrogène (1,8 x 3,6 x 3,1 m)
- iii) 1 atelier de réparation (3,6 x 5,4 x 3,1 m)

(15) Machine de soudage autogène  
(C.C.: 250 A, C.A.: 10 KVA)

(16) Malaxeur à béton ( $V=0,25m^3$ )

(17) Matériaux en fer

Parmi des matériaux nécessaires à la construction des ouvrages de prise d'eau et l'atelier de réparation, des biers à béton, des clous et des fils métalliques sont très difficiles à trouver sur place. Il faut donc s'en approvisionner au Japon.

- i) Fers à béton ( $\phi$  9 mm, l = 6,0 m) ..... 3,7 t
- ii) Clous ..... 100 kg
- iii) Fils métalliques ..... 100 kg
- iv) 1 lot de plaques en acier

(18) Conduite de connection aux canalisations existants

Des brouettes, pelles, et d'autres outils de génie civil seront fournis pour des travaux de construction des installations de forage, des dalles et le coulage du béton.

- 168 tuyaux ..... diamètre: 350 mm, longueur: 6,0 m
- 1 lot de raccord et soupape d'échappement ... diamètre: 350 mm
- 34 tuyaux ..... diamètre: 200 mm, longueur: 6,0 m
- 1 lot de raccord et soupape d'échappement ... diamètre: 200mm
- 17 tuyaux ..... diamètre: 150 mm, longueur ... 6,0 m

(19) Une unité d'outils pour génie civile

(20) Additifs de fluide de sondage

- i) Bentonite ----- 13.000 kg
- ii) CMC ----- 1.300 kg
- iii) Agent moussant ----- 260 kg

(21) Une unité de tamis pour essais de l'armature

#### 5-4 Coût estimatif des travaux

Le coût des travaux est estimé comme suit:

(1) Conditions du calcul du coût estimatif

- i) Date de référence: juin 1986
- ii) Taux de change: 1 FMG = 0,27 Yen  
1 \$ US = 625 FMG = 170 Yen
- iii) Période de fourniture: 18 mois après l'Echange de Notes (y compris la période de détachement des experts japonais)
- iv) Entrepreneur: fournisseur de personnalité juridique japonaise
- v) Autres: il est considéré que seront exonérées les taxes relatives à l'importation des matériels de construction de forage à être fourni dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du gouvernement japonais, ainsi que les divers taxes éventuelles relatives aux activités des sociétés de nationalité japonaise concernées au projet

(2) Coût du projet estimatif à la charge de la partie malgache

Le coût estimatif à la charge de la partie malgache est évalué à 23 millions de Yen. Ce montant comprend les coûts nécessaires à l'accomplissement de 22 forages en milieu rural. La durée de travaux est de 31 mois à partir de l'Echange de Notes.

Le coût de construction à la charge de la partie malgache est comme mentionné ci-dessous. Ce coût comprend les frais de travaux à être exécuté par la partie malgache après le départ des experts japonais.

Frais de personnel -----	41.260.000 FMG
Frais de matériaux -----	28.000.000 FMG
Frais de réserve -----	13.659.000 FMG
<hr/>	
Total	82.910.000 FMG

## CHAPITRE 6. SYSTEME DE REALISATION DU PROJET

### 6-1 Organismes chargés de la réalisation du Projet et système de réalisation

Le Service de l'Eau et de l'Hydrologie de la Direction de l'Energie et de l'Eau relevant du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines (MIEM) est le corps d'exécution du présent projet. Les détails figure dans le chapitre 4, 4-3-1.

Le MIEM, suivant la signature de "L'Echange de Notes" des gouvernements malgache et japonais, conclura un contrat avec une société de consultant japonais quant à la supervision du dessin du Projet etc., et procèdera, avec l'assistance dudit consultant, à l'appel d'offres et à la conclusion d'un contrat avec une entreprise japonaise relatif à l'approvisionnement des équipements et matériels (y compris le détachement des experts).

Les travaux de réalisation seront effectués par le MIEM sous l'assistance des experts japonais, et les travaux des équipements électriques et les travaux de canalisation seront effectués par la JIRAMA.

Le personnel de la partie malgache nécessaire à la réalisation du Projet est indiqué au tableau 6-1.

Tableau 6-1 Personnel de la partie malgache

classi- fication	poste	nombre	total
personnel  MIEM	gestionneur du Projet .....	1	
	gestionneur les travaux de construction .....	1	
	ingénieur hydro-géologue .....	2	
	ingénieur mécanicien .....	1	
	foreur .....	1	
	assistant au foreur .....	1	
	gestionneur des stocks .....	1	
	compteur .....	1	9
à  employer	chauffeurs .....	8	
	dactylographe .....	1	
	cuisinier .....	1	
	ouvriers .....	6	
	gardiens .....	2	18
	<b>Total</b> .....		<b>27</b>

## 6-2 Répartition des travaux

Les travaux du présent projet sont réparties comme suit:

### (1) Travaux à la charge de la partie japonaise

- 1) Fourniture des équipements et matériels nécessaires à l'exécution de 4 sources en milieu urbain et 22 sources en milieu rural.
- 11) Détachement de personnel japonais pour la construction des 4 sources en milieu urbain et 22 sources en milieu rural.

iii) Service d'assistance technique à la fourniture des équipements et matériels cités à i), ainsi qu'aux travaux de construction.

iv) Transport maritime et transport aux sites des équipements et matériels; Construction des forages pendant la période de détachement des experts japonais.

(2) Travaux à la charge de la partie malgache

i) Obtention des terrains de construction et assurer l'accès au sites

ii) Paiement des frais de commission relatifs à l'arrangement bancaire.

iii) Prise de mesure pour exonération d'impôts des équipements et matériels du Projet lors de leur déchargement au port de Madagascar

iv) Prise de mesure pour exonération d'impôts et taxes de tout les propriétés des nationaux japonais concernés au présent projet.

v) Prise de mesure pour faciliter les formalités d'entré et de sortie au/du territoire malgache aux nationaux japonais concernés au projet.

vi) Prise en charge de tout les frais nécessaires à coté de ceux faisant objet de la Coopération Financière Non-remboursable.

vii) Mobiliser le personnel nécessaire à la réalisation du Projet et prise en charge de leur frais.

viii) Assurer la sécurité des ingénieurs japonais.

ix) Utiliser les équipements et matériels objet de la coopération financière non-remboursable exclusivement pour le Projet durant la période de son exécution.



x) Utilisation efficace et appropriée des ouvrages, équipement et matériels objet de la coopération.

xi) Réalisation des travaux de construction restant à être exécuter après la période de détachement des ingénieurs japonais.

Le personnel MIEM relatif à la clause xi) ci-dessus, ainsi que leur fonction sont les suivants (les détails figurent dans le tableau 6-1):

i) Supervision du Projet (1 superviseur)

Se chargera de la coordination et des délibérations avec les autorités malgaches intéressées et effectuera la supervision et la gestion de l'ensemble du Projet, à savoir, le contrôle du programme de réalisation du projet, le contrôle des équipements et matériels, le rapport des travaux, etc.

ii) Supervision de la construction (1 superviseur)

Effectuera le contrôle des campements mobile, des sites de construction, et assistera le superviseur du projet

iii) Localisation des sites de forages (2 experts)

Effectuera des études hydrogéologiques et des prospections électriques pour la localisation des sites.

iv) Travaux de forage (3 opérateurs)

Construction de forages, essais de pompage, examen de la qualité des eaux, et construction des installations accessoires.

v) Travaux de la prise d'eau de Borisiny

Effectuer les travaux de construction des installations d'adduction d'eau.

### 6-3 Programme de fourniture

Les équipements et matériels à être fournis dans le cadre du présent projet doivent être en principe de fabrication japonaise ou malgache, et fourni par une entreprise de nationalité japonaise. Des assistances techniques relatives aux travaux d'approvisionnement seront fournies par une société d'ingénieur-conseil japonais.

La période nécessaire à partir de la commande des équipements et des matériels jusqu'à leur livraison est estimée à environ 6 mois. Les équipements et matériels seront transportés par voie maritime et le débarquement est prévu à être effectué au port de Mahajanga.

### 6-4 Plan détaillé et supervision de la construction

Les services d'assistance technique relatifs à la supervision de la fourniture des équipements et matériels, le plan détaillé des travaux de construction et la supervision des travaux de construction seront les suivants:

- 1) Etablissement du Plan détaillé relatif à l'approvisionnement des matériels; établissement du dossier d'appel d'offres y compris les spécifications techniques.
- 2) Exécution de l'appel d'offres et évaluation des soumissions par procurement.
- 3) Contrôle de fabrication et assistance à la livraison des matériels.
- 4) Supervision de la réalisation du Projet

Les ingénieurs à détacher pour les travaux de construction et pour le transfert des techniques de forage sont les suivants:

1) Service d'assistance technique (Ingénieur-conseil)

° Superviseur du Projet (1)

Se chargera des délibérations avec les organismes malgaches intéressés ainsi qu'avec la JICA et effectuera le contrôle et la supervision du projet.

° Ingénieur hydrogéologue (1)

Se chargera de l'exécution des études hydrogéologiques et effectuera le transfert des techniques quant à l'analyse des études des eaux souterraines à travers les travaux d'analyse globale des résultats des études et des travaux d'élaboration des rapports.

2) Assistance à la construction

° Ingénieur de supervision des travaux (1)

Dirigera les travaux à être effectués par la partie japonaise. Elaborera le rapport des travaux, la gestion du campement, la gestion des équipements et matériels, ainsi que de tous les opérations relatives à l'ensemble du projet, et le transfert technique.

° Ingénieur de forage (1)

Assistera et donnera des instructions aux foreurs malgaches quant à l'opération et la conduite des équipements de forage et des véhicules ainsi que de la finition des forages et puits, les tests de pompage, etc., tout en effectuant le transfert des techniques à la partie malgache.

° Ingénieur mécanicien (1)

Effectuera la gestion et l'entretien des appareils de sondage et véhicules, etc. tout en effectuant le transfert des techniques à la partie malgache.

#### 6-5 Programme de réalisation du Projet

Le Projet démarrera à partir du moment où les gouvernements malgache et japonais effectueront "l'Echange de Notes". La Direction de l'Energie et de l'Eau procédera à la conclusion d'un contrat d'assistance technique avec une société d'ingénieur conseil de nationalité japonaise en ce qui concerne les travaux d'approvisionnement des équipements et matériels objets du don.

La société d'ingénieur-conseil préparera les dossiers d'appel d'offres dès la conclusion du contrat. Après l'approbation de celui-ci par les gouvernements malgache et japonais, elle effectuera un appel d'offres des entreprises de nationalité japonaise et assistera à la conclusion du contrat entre l'adjudicataire et le gouvernement malgache.

La période nécessaire à partir de l'E/N à la conclusion du contrat de fourniture des équipements et matériels est de l'ordre de 4 mois; la période de fabrication de l'appareil de sondage, et celle de l'approvisionnement et emballage des divers équipements et matériels est estimée à environ 4,5 mois; la période de transport maritime, à 2,5 mois. Ce qui signifie qu'il faut compter 1 an avant le démarrage des travaux de construction et du transfert des techniques. Les travaux de construction dureront 31 mois en total, durant lesquels les ingénieurs japonais seront détachés pour une période de 5 mois.

La figure 6-1 indique le programme d'exécution.

