


AGENCE FRANÇAISE D'ÉTUDES ET D'ENQUÊTES SOCIALES
DIRECTION GÉNÉRALE
MONTROUGE (SEINE-SAINT-DENIS)
FRANCE

ÉTUDE DE LA SÉRIE DE LA BION DES MAUX SOUTERRAINS
DANS LA RÉGION DE NORD-OUEST
DE LA RÉPUBLIQUE DE MADAGASCAR
(I) (PARTIE I)

PROJET FINAL
VOLUME III
UN PROJET PRINCIPAL

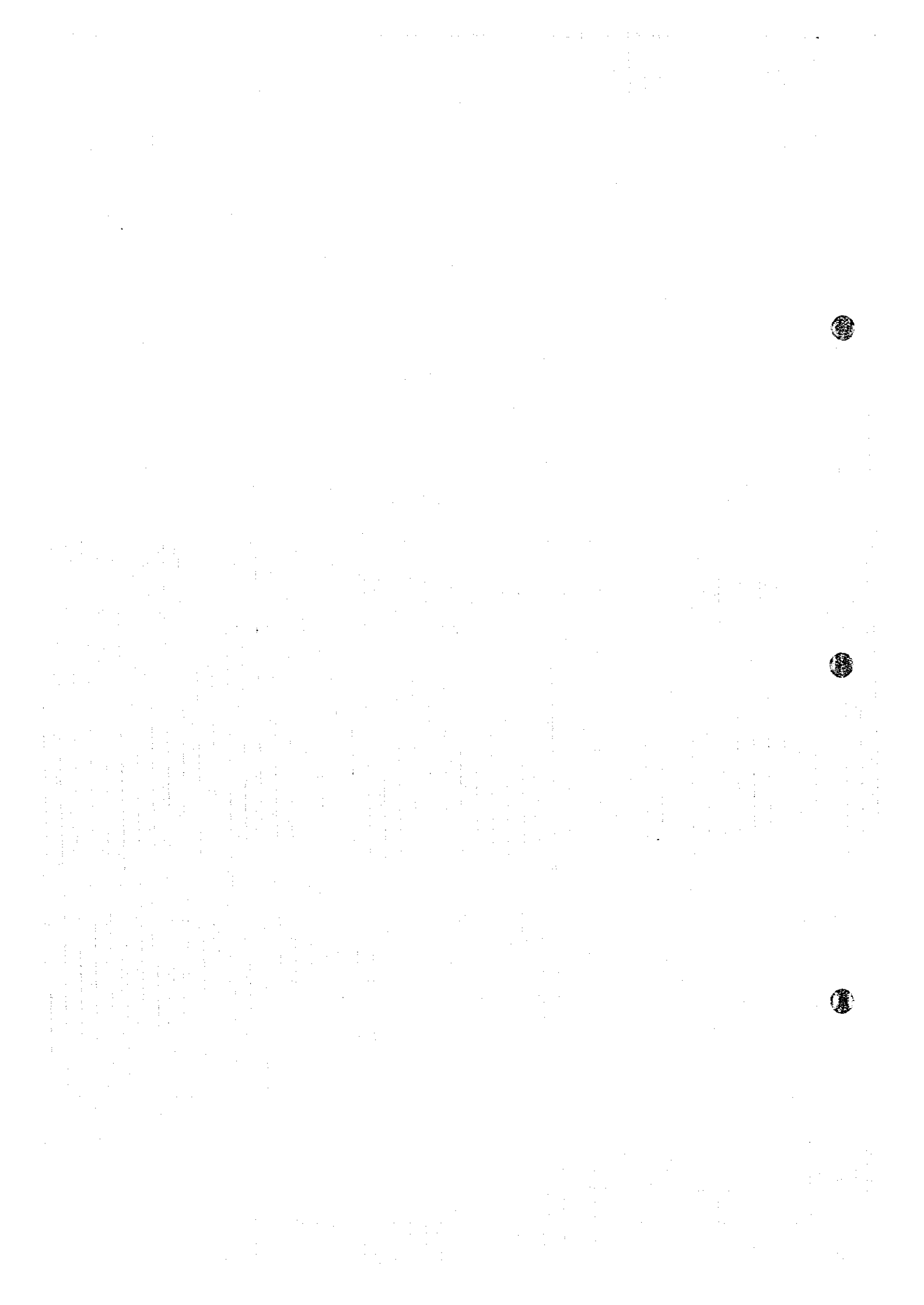
1975

JICA LIBRARY

J 1132202 (1)

FOR THE BUREAU OF SOCIAL RESEARCH
AND CONSULTANTS, JICA

113





AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

**DIRECTION DE L'EAU
MINISTRE DE L'ENERGIE ET DES MINES
REPUBLIQUE DE MADAGASCAR**

**ETUDE DE L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES
DANS LA REGION DU SUD-OUEST
DE LA REPUBLIQUE DE MADAGASCAR**

(PHASE II)

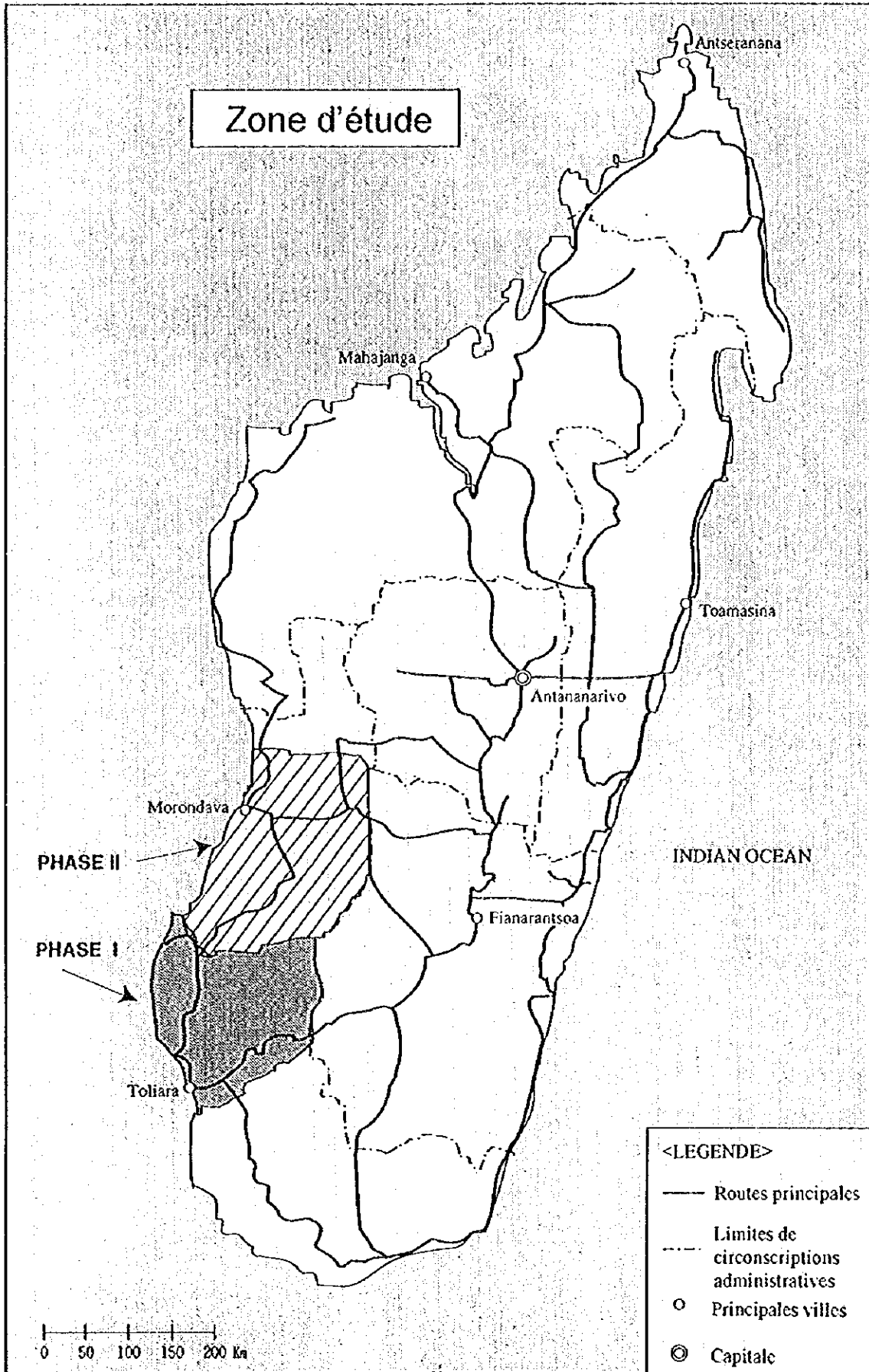
**RAPPORT FINAL
VOLUME II
RAPPORT PRINCIPAL**

AOÛT 1996

**KOKUSAI KOGYO Co., Ltd., TOKYO
SANYU CONSULTANTS Inc., TOKYO**

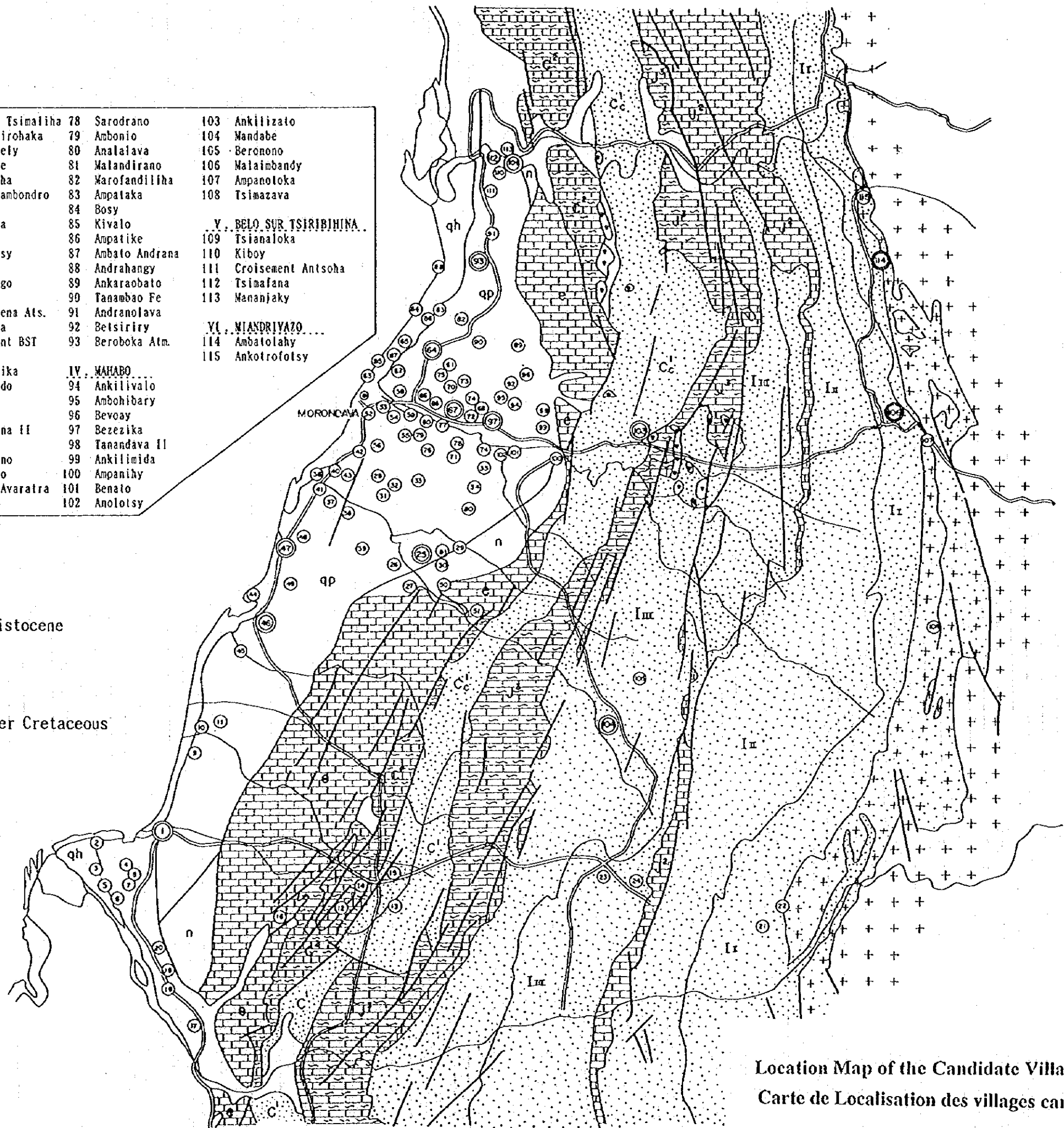
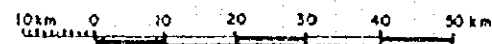


1132202 (1)



I. MANJA.....		III. MORONDAVA.....		51	Lavaravy Tsimaliha	78	Sarodrano	103	Ankilizato
1	Antranopasy I	25	Belasy	52	Antsakamirohaka	79	Ambonio	104	Mandabe
2	Antranopasy II	26	Anlevamena	53	Androvakely	80	Analalava	105	Beronono
3	Antaly	27	Mitsitiky	54	Androvabe	81	Malandirano	106	Malaimbandy
4	Darika	28	Andranovorisofo	55	Apananiha	82	Marofandiliha	107	Ampanotoka
5	Befamonty	29	Ankilatamahavelo	56	Antseranambondro	83	Ampataka	108	Tsimazava
6	Ambatobe	30	Bekiny Soarano	57	Tanambao	84	Bosy		
7	Nositonga	31	Beleo	58	Bemanonga	85	Kivalo	Y. BELO SUR TSIRIBIHINA.....	
8	Nosibe	32	Anadabo	59	Marovoay	86	Ampatike	109	Tsianaloka
9	Ankoba	33	Misokotsa	60	Tandrokasy	87	Ambato Andrana	110	Kiboy
10	Antseranandaka N.	34	Croise. Besotroka	61	Bekonazy	88	Andrahangy	111	Croisement Antsoha
11	Tsaramandroso	35	Amanga	62	Bevoliengo	89	Ankaraobato	112	Tsimafana
12	Songary	36	Namakia	63	Kimony	90	Tanambao Fe	113	Mananjaky
13	Piste de Bedo	37	Voloe	64	Andranomena Ats.	91	Andranolava		
14	Tanambahiny	38	Benasy	65	Tanandava	92	Betsiriry	YI. MIANDRIVAZO.....	
15	Miary	39	Antsamaka	66	Croisement BST	93	Beroboka Atm.	114	Ambatolahy
16	Ambivy I	40	Manomentimay	67	Analaiva			115	Ankotrofotsy
17	Ambivy II	41	Farateny	68	Betsipotika	IV. MAHABO.....			
18	Ambahia	42	Ianadabo	69	Amboloando	94	Ankilivalo		
19	Besatrohaka	43	Andrananja	70	Ampandra	95	Ambohibary		
20	Marolafika Atm.	44	Belo Sur Mer	71	Besonjo	96	Bevoay		
		45	Ankilifoto	72	Anlevamena II	97	Bezezika		
II. BEROROHA.....		46	Marofihitsa	73	Belobaka	98	Tanandava II		
21	Ambalavato Nord	47	Ambararata	74	Tsinjorano	99	Ankilimida		
22	Andranomena	48	Ankevo	75	Betsinefo	100	Ampanthy		
23	Marerano	49	Ambivy	76	Laijoby Avaratra	101	Benato		
24	Ambondrobe	50	Bevantaza	77	Ambinda	102	Anolotsy		

- qh Holocene qp Pleistocene
- n Neogene (Pliocene-Miocene)
- e Eocene
- c² Upper Cretaceous c¹ Lower Cretaceous
- j¹ Upper Jurassic
- j² Middle Jurassic
- I_m Upper Isalo Group
- I_r Middle Isalo Group
- I_c Lower Isalo Group
- + + + + Substratum (Anté-Jurassique)
+ + + + Basement Complex (per-Jurassic)



Location Map of the Candidate Villages
Carte de Localisation des villages candidats

ABREVIATIONS

AfDB	Banque Africaine de Développement (African Development Bank)
CNEA	Comité National de l'Eau et de l'Assainissement
CNRE	Centre National de Recherches sur l'Environnement
EPIC	Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial
IDA	Association Internationale pour le Développement (International Development Association)
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale (Japan International Cooperation Agency)
JIRAMA	Jiro sy Rano Malagasy (Electricité et Eau)
MEM	Ministère de l'Energie et des Mines
MIEM	Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines
ONG	Organisations Non-gouvernementales
OAES	Operation Alimentation en Eau dans le Sud
ONE	Office National de l'Environnement
SAMVA	Service Autonome de Maintenance de la ville d'Antananarivo
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (United Nations Children's Fund)
USAID	Agence des Etats-Unis pour le Développement International (United States Agency for International Development)
OMS/WHO	Organisation Mondiale de la Santé (World Health Organization)
ATP	Capacité à payer (Affordability to Pay)
BHN	Besoins humains de base (Basic Human Needs)
DIA	Analyse de l'Impact des maladies (Disease Impact Analysis)
CE	Conductivité électrique
EIA	Evaluation de l'impact sur l'Environnement (Environmental Impact Assessment)
EIRR	Taux interne de rentabilité économique (Economical Internal Rate of Return)
FMG	Franc Malagasy
PIB	Produit Intérieur Brut
IEE	Examen Initial de l'environnement (Initial Environmental Examination)
L/C/D	Litre per personne par jour (Liters per Capita per Day)
LANDSAT TM	Land + Satellite Thematic Mapper
O/M	Gestion et entretien (Operation an Maintenance)
PIP	Programme d'Investissement Public

SSPA	Stratégie Sectorielle et Plan d'Action
SWL, DWL	Niveau statique, niveau dynamique de l'eau (Static Water Level, Dynamic Water Level)
TDS	Total solides dissous (Total Dissolved Solids)
VLf-EM	Méthode de sondage électromagnétique à très basse fréquence (Very Low Frequency-Electromagnetic Method)
WID	Femmes dans le Développement (Women in Development)
WTP	Volonté de payer (Willingness to Pay)

TABLE DES MATIERES

Carte de localisation de la Zone d'étude
Carte de localisation des villages candidats
Abréviations

1. INTRODUCTION	1-1
1.1 Généralités.....	1-1
1.2 Grandes lignes du Projet.....	1-2
1.2.1 Arrière-plan du Projet.....	1-2
1.2.2 Objectifs de l'Etude.....	1-3
1.2.3 Zone d'étude.....	1-3
1.2.4 Equipe d'étude.....	1-4
1.2.5 Etendue de l'Etude.....	1-6
1.3 Description de l'Etude.....	1-10
1.3.1 Calendrier de l'Etude.....	1-10
1.3.2 Technologies appliquées.....	1-10
2. CONDITIONS GENERALES DE LA ZONE D'ETUDE	2-1
2.1 Conditions naturelles.....	2-1
2.1.1 Topographie.....	2-1
2.1.2 Climat.....	2-1
2.1.3 Géologie et structure géologique.....	2-2
2.1.4 Occupation du sol et végétation.....	2-5
2.2 Situation socio-économique dans la Zone d'Etude.....	2-15
2.2.1 Découpage administratif des autorités locales.....	2-15
2.2.2 Population.....	2-15
2.2.3 Caractéristiques économiques régionales.....	2-16
2.2.4 Infrastructures.....	2-17
2.2.5 Ethnies et religions.....	2-18
2.2.6 Education.....	2-18
2.2.7 Activités des femmes.....	2-19
2.2.8 Assainissement du milieu et santé.....	2-19
3. SECTEUR DE L'ALIMENTATION EN EAU.....	3-1
3.1 Stratégie nationale pour la desserte d'eau.....	3-1
3.1.1 Objectifs sur le plan global (horizon 2010).....	3-1
3.1.2 Objectifs sur le plan opérationnel.....	3-1
3.2 Programme de réalisation de la politique et de la stratégie.....	3-3
3.2.1 Organisation autour des ministères-clés.....	3-3
3.2.2 Intervenants actuels au niveau du secteur.....	3-3

3.3	Organisation administrative pour et desserte en eau.....	3-5
3.3.1	Approvisionnement en eau en milieu urbain.....	3-5
3.3.2	Approvisionnement en eau en milieu rural.....	3-5
3.4	Conditions de l'approvisionnement en eau dans la Zone d'étude.....	3-7
3.4.1	Systèmes d'adduction d'eau en marche et hors d'usage.....	3-7
3.4.2	Sources d'eau à usage domestique.....	3-7
3.4.3	Consommation de l'eau.....	3-7
3.4.4	Qualité de l'eau provenant des points d'eau existants.....	3-7
4.	CATEGORISATION DES VILLAGES CANDIDATS.....	4-1
4.1	Critères et procédé de classement des villages par catégories.....	4-1
4.2	Classement des villages par catégories et par priorité.....	4-6
4.2.1	Classement des villages en fonction de leurs besoins en eau.....	4-6
4.2.2	Classement des villages en fonction de leurs capacités socio-économiques.....	4-6
4.2.3	Classement global et catégorisation générale.....	4-8
5.	ETUDE POUR L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES.....	5-1
5.1	Hydrologie.....	5-1
5.1.1	Précipitations et évapotranspiration.....	5-1
5.1.2	Réseau hydrographique et débit.....	5-2
5.1.3	Sources naturelles.....	5-3
5.2	Hydrogéologie.....	5-10
5.2.1	Caractéristiques générales de l'hydrogéologie de la Zone d'étude.....	5-10
5.2.2	Caractéristiques hydrogéologiques de la région et caractéristiques des aquifères.....	5-13
5.2.3	Débit des puits existants.....	5-23
5.2.4	Bilan d'eau macroscopique et potentiel de développement des eaux souterraines ..	5-23
6.	ENQUETE SOCIO-ECONOMIQUE DETAILLEE.....	6-1
6.1	Enquête socio-économique globale.....	6-1
6.1.1	Objectifs de l'étude.....	6-1
6.1.2	Profil de base.....	6-1
6.1.3	Recettes et dépenses.....	6-1
6.1.4	Besoins en eau.....	6-2
6.1.5	Services sanitaires et médicaux.....	6-2
6.2	Enquête auprès des villages du Projet-pilote.....	6-5
6.2.1	Objectifs de l'enquête.....	6-5
6.2.2	Volonté de payer et capacité de payer réelle des villageois.....	6-5
6.2.3	Résultats de l'analyse.....	6-6
7.	ETUDE D'EVALUATION DU PROJET DE LA PHASE I.....	7-1
7.1	Conditions actuelles des installations du Projet de la Phase I.....	7-1
7.2	Leçons à tirer pour l'Etude de la Phase II.....	7-3

8.	PROJET-PILOTE.....	8-1
8.1	Objectifs et contenu du Projet-pilote.....	8-1
8.2	Activités dans les villages du Projet-pilote.....	8-2
8.3	Contrôle suivi du Projet-pilote.....	8-8
8.3.1	Contenu des travaux de contrôle suivi.....	8-8
8.3.2	Résultats du contrôle suivi à Andranomena.....	8-9
8.3.3	Résultats du contrôle à Tsianaloka, Beroboka, Beroboka sud, Bezezika et Analaiva.....	8-10
9.	PLAN D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES.....	9-1
9.1	Conception de base du Plan d'exploitation des eaux souterraines.....	9-2
9.2	Plan d'exploitation des eaux souterraines par village.....	9-2
10.	PLAN POUR LES INSTALLATIONS D'ALIMENTATION EN EAU.....	10-1
10.1	Quantité d'eau à fournir par personne.....	10-1
10.2	Population à desservir.....	10-1
10.3	Plan pour les installations d'alimentation en eau.....	10-2
10.3.1	Types d'installations.....	10-2
10.3.2	Taille des installations d'alimentation en eau.....	10-3
10.3.3	Dessin de la conception standard des installations d'AEP.....	10-3
10.4	Estimation des frais d'investissements nécessaires.....	10-13
10.4.1	Coûts de construction des installations d'AEP pour 80 villages.....	10-13
10.4.2	Coûts de construction pour les 60 villages sélectionnés.....	10-14
11.	GESTION ET ENTRETIEN.....	11-1
11.1	Création des comités de l'eau villageois.....	11-1
11.2	Aspects économiques et institutionnels de la gestion et de l'entretien.....	11-2
11.2.1	Contraintes budgétaires et institutionnelles du MEM.....	11-3
11.2.2	Contraintes budgétaires et institutionnelles des autorités locales.....	11-5
11.2.3	Contraintes budgétaires et institutionnelles des comités de l'eau villageois.....	11-6
11.2.4	Démarcation des responsabilités pour la gestion et l'entretien des installations.....	11-6
11.2.5	Plan d'action pour la gestion et l'entretien.....	11-8
11.2.6	Plan futur d'opération et d'entretien pour l'alimentation en eau en milieu rural.....	11-10
11.3	Estimation des coûts de gestion et d'entretien.....	11-11
11.3.1	Coûts d'opération et d'entretien pris en charge par le MEM.....	11-11
11.3.2	Coûts d'opération et d'entretien pris en charge par les comités de l'eau.....	11-13
12.	EVALUATION DU PROJET.....	12-1
12.1	Evaluation économique.....	12-1
12.1.1	Méthodologie.....	12-1
12.1.2	Paramètres de l'évaluation économique du Projet.....	12-2

12.1.3 Coûts du Projet	12-3
12.1.4 Bénéfices du Projet.....	12-5
12.1.5 Taux interne de rendement économique.....	12-7
12.1.6 Résumé et limites de l'évaluation économique	12-8
12.2 Evaluation financière.....	12-33
12.2.1 Méthodologie.....	12-33
12.2.2 Recouvrement des coûts	12-33
12.2.3 Déboursement des emprunts.....	12-36
12.2.4 Résumé et limites.....	12-37
12.3 Evaluation sociale.....	12-50
12.3.1 Impact social sur la situation des femmes.....	12-50
12.3.2 Impact social sur l'équité.....	12-50
12.3.3 Autres répercussions sociales.....	12-51
12.4 Evaluation globale du Projet.....	12-58
13. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	13-1
13.1 Conclusions.....	13-1
13.2 Recommandations.....	13-6

LISTE DES FIGURES

	Pages
Carte de localisation 1 Zone d'étude	
Carte de localisation 2 Villages-candidats	
Fig 1.1 Calendrier des travaux.....	1-12
Fig 1.2 Schéma du déroulement de l'Etude.....	1-13
Fig 2.1.1 Températures mensuelles maximales et minimales.....	2-7
Fig 2.1.2 Conditions climatiques générales (Morondava).....	2-8
Fig 2.1.3 Conditions climatiques générales (Morombe).....	2-9
Fig 2.1.4 Classification stratigraphique.....	2-10
Fig 2.1.5 Carte géologique régionale de la Zone d'étude.....	2-11
Fig 2.1.6 Coupe géologique transversale régionale.....	2-12
Fig 2.1.7 Image en couleurs naturelles.....	2-13
Fig 2.1.8 Image de l'occupation du sol.....	2-14
Fig 2.2.1 Anciennes circonscriptions administratives de Madagascar.....	2-21
Fig 2.2.2 Nouvelles circonscriptions administratives de Madagascar.....	2-22
Fig 2.2.3 Anciennes circonscriptions administratives de la Zone d'étude.....	2-23
Fig 2.2.4 Nouvelles circonscriptions administratives de la Zone d'étude.....	2-24
Fig 4.2.1 Répartition des villages selon leurs besoins en eau.....	4-25
Fig 4.2.2 Répartition des villages selon leurs capacités socio-économiques.....	4-26
Fig 4.2.3 Répartition des villages candidats selon leurs besoins en eau et leurs capacité socio économiques.....	4-27
Fig 5.1.1 Carte hydrologique.....	5-5
Fig 5.1.2 Pluviométrie mensuelle moyenne aux six stations.....	5-6
Fig 5.1.3 Altitude - Courbe pluviométrique annuelle.....	5-7
Fig 5.1.4 Conditions climatiques générales (Morondava).....	5-8
Fig 5.1.5 Conditions climatiques générales (Morombe).....	5-9
Fig 5.2.1 Coupe hydrogéologique transversale.....	5-35
Fig 5.2.2 Coupe hydrogéologique verticale de la plaine de Morondava.....	5-36
Fig 5.2.3 Carte de l'analyse du bilan d'eau macroscopique.....	5-37
Fig 6.1.1 Corrélation entre population et revenu dans les villages sélectionnés.....	6-4
Fig 6.2.1 Volonté de payer (WTP) et capacité de payer (ATP) à Ambararata.....	6-9
Fig 6.2.2 WTP et ATP à Andranomena.....	6-9
Fig 6.2.3 WTP et ATP à Analaiva.....	6-10

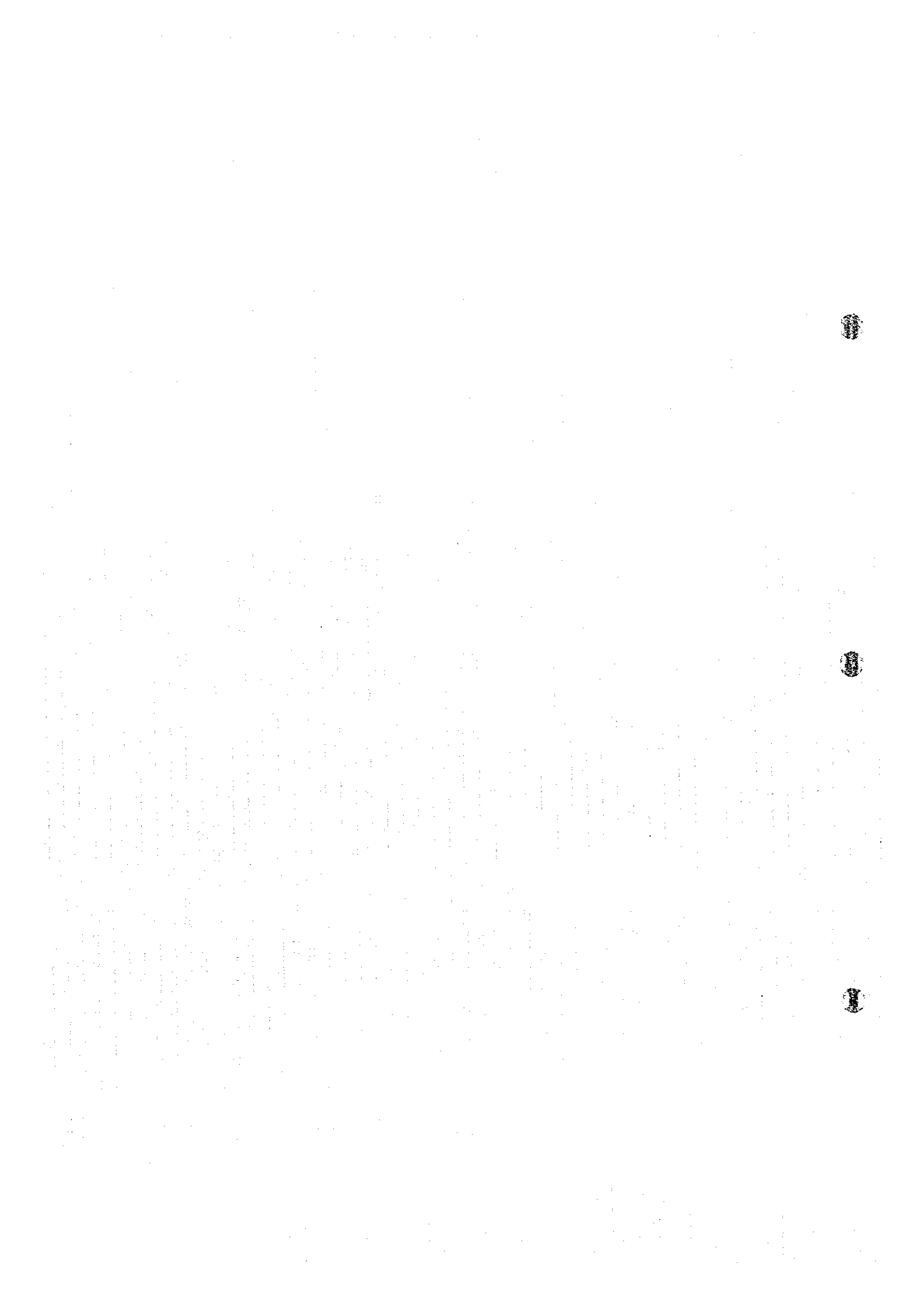
Fig.6.2.4	WTP et ATP à Beroboka Sud.....	6-10
Fig.6.2.5	WTP et ATP à Bezezika.....	6-11
Fig.6.2.6	WTP et ATP à Tsianaloka.....	6-11
Fig.6.2.7	Correlation entre WTP et ATP.....	6-12
Fig.6.2.8	WTP estimée sur la base de 95 % d'intervalle de confiance.....	6-13
Fig.6.2.9	ATP estimée sur la base de 95 % d'intervalle de confiance.....	6-13
Fig.10.3.1	Dessin de la conception standard des puits équipés de pompes à main..	10-8
Fig.10.3.2	Dessin de la conception standard des puits avec pompes à moteur	10-9
Fig.10.3.3	Dessin de la conception standard de la base de la pompe en béton et des bornes-fontaines.....	10-10
Fig.10.3.4	Schéma du système d'adduction d'eau (pompage par générateur à moteur diesel).....	10-11
Fig.10.3.5	Schéma du système d'adduction d'eau (pompage par panneaux solaires).....	10-12
Fig.12.1.1	Taux de mortalité à Madagascar.....	12-16
Fig.12.1.2	Impact du Projet sur le taux de mortalité.....	12-17
Fig.12.1.3	Espérance de vie à Madagascar.....	12-18
Fig.12.1.4	Estimation de la structure de la population (Cas A: 80 Villages).....	12-19
Fig.12.1.5	Estimation de la structure de la population (Cas B: 60 Villages).....	12-20
Fig.12.1.6	Bénéfices du Projet (hommes)(Cas A).....	12-21
Fig.12.1.7	Bénéfices du Projet (femmes)(Cas A).....	12-22
Fig.12.1.8	Bénéfices du Projet (hommes)(Cas B).....	12-23
Fig.12.1.9	Bénéfices du Projet (femmes)(Cas B).....	12-24
Fig.12.1.10	Transition du bénéfice économique net cumulé (Cas A).....	12-31
Fig.12.1.11	Transition du bénéfice économique net cumulé (Cas B).....	12-32
Fig.12.2.1	Recouvrement des coûts (pompes à main).....	12-45
Fig.12.2.2	Recouvrement des coûts (pompes à moteur).....	12-46
Fig.12.2.3	Recouvrement des coûts (pompes à panneaux solaires).....	12-47
Fig.12.2.4	Emprunts étrangers accumulés.....	12-48
Fig.12.2.5	Total des paiements.....	12-49
Fig.12.3.1	Impact du Projet sur le style de vie des femmes.....	12-55
Fig.12.3.2	Taux des maladies d'origine hydrique par Faritany.....	12-56
Fig.12.3.3	Taux des maladies d'origine hydrique dans la Zone du Projet.....	12-57

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 2.1.3 Couverture végétale (occupation du sol) de la Zone d'étude.....	2-6
Tableau 2.2.1 Comparaison entre les anciennes et les nouvelles circonscriptions	2-20
Tableau 4.1.1 Conditions d'accès et catégorisation des villages (1/4)	4-2
Tableau 4.2.1 Classement des villages selon leurs besoins en eau (1/3).....	4-10
Tableau 4.2.2 Classement des villages selon leurs capacités économiques (1/3).....	4-13
Tableau 4.2.3 Classement des villages selon leurs capacités sociales (1/3).....	4-16
Tableau 4.2.4 Classement des villages selon leurs capacités institutionnelles (1/3).....	4-19
Tableau 4.2.5 Classement général des villages candidats (1/3).....	4-22
Tableau 5.1.1 Localisation des stations météorologiques.....	5-1
Tableau 5.1.2 Résultats des mesures de débit.....	5-4
Tableau 5.2.1 Résultats des forages d'essai.....	5-31
Tableau 5.2.2 Résultats de l'analyse des pompes d'essai.....	5-32
Tableau 5.2.3 Données sur les forages existants dans la région d'Analaiva	5-16
Tableau 5.2.4 Qualité des eaux souterraines (1/2)	5-33
Tableau 5.2.5 Facteurs utilisés pour l'analyse du bilan d'eau dans l'étude Phase I.....	5-24
Tableau 5.2.6 Facteurs utilisés pour l'analyse du bilan d'eau macroscopique	5-25
Tableau 5.2.7 Bilan d'eau macroscopique de la plaine de Morondava.....	5-26
Tableau 6.1.1 Corrélation entre la population et le revenu dans les villages sélectionnés ..	6-3
Tableau 6.2.1 Volonté de payer (WTP) et capacité de payer (ATP)des ménages pour les six villages du Projet-pilote.....	6-7
Tableau 6.2.2 Résumé statistique de la volonté de payer (WTP) et capacité de payer (ATP) des ménages pour les six villages du Projet-pilote.....	6-8
Tableau 7.1 Conditions d'approvisionnement en eau dans la Zone du projet Phase I	7-4
Tableau 8.2.1 Taux de participation aux réunions du Projet-pilote	8-6
Tableau 8.2.2 Membres exécutifs des Comités de l'eau.....	8-6
Tableau 8.2.3 Pourcentage des cotisants et fonds des Comités de l'eau en nov. 1995	8-7
Tableau 8.3.1 Date de l'installation des pompes à main.....	8-8
Tableau 8.3.2 Consommation moyenne de l'eau dans les villages du Projet-pilote	8-10
Tableau 8.3.3 Contrôle suivi et évaluation dans les villages (févr. 1996).....	8-12
Tableau 8.3.4 Répartition des hommes et des femmes membres du comité de l'eau (février 1996)	8-13

Tableau 8.3.5	Taux de participation des villageois et montant total des fonds collectés par les comités de l'eau en février 1996.....	8-14
Tableau 8.3.6	Synthèse des différences entre les quatre villages du Projet-pilote	8-16
Tableau 9.2.1	Plan d'exploitation des eaux souterraines (1/2)	9-3
Tableau 10.3.1	Installations d'alimentation en eau par village (1/4)	10-5
Tableau 10.4.1	Coûts de construction des installations pour 80 villages	10-14
Tableau 10.4.2	Coûts de construction des installations pour les 60 villages sélectionnés.	10-14
Tableau 10.4.3	Coûts d'investissement (80 Villages).....	10-16
Tableau 10.4.4	Coûts d'investissement (60 Villages).....	10-16
Tableau 11.2.1	PIP attribué à la Direction de l'eau du MEM en 1994-1996	11-3
Tableau 11.2.2	Budget administratif régulier du MEM en 1995	11-3
Tableau 11.2.3	Nombre d'agent du MEM par catégories	11-4
Tableau 11.2.4	Budget du département de Morondava en 1994	11-5
Tableau 11.2.5	Démarcation des responsabilités de chaque partie	11-9
Tableau 11.2.6	Exemple de tableau de mobilisation des ressources de chaque partie	11-9
Tableau 11.3.1	Coûts de la réhabilitation des puits et du remplacement des véhicules.....	11-12
Tableau 11.3.2	Coûts mensuels pour la gestion et l'entretien des puits pour 35 villages (pompes à main).....	11-14
Tableau 11.3.3	Coûts mensuels pour la gestion et l'entretien des puits (panneaux solaires).....	11-15
Tableau 11.3.4	Coûts mensuels pour la gestion et l'entretien des puits (générateurs)	11-15
Tableau 12.1.1	Facteur de conversion standard provenant des statistiques commerciales.	12-9
Tableau 12.1.2	Facteur de conversion de la consommation provenant des statistiques commerciales	12-10
Tableau 12.1.3	Facteur de conversion standard pour les coûts d'investissement, de gestion et d'entretien et de remplacement.....	12-11
Tableau 12.1.4	Coûts financiers et économiques (Cas A: 80 Villages).....	12-12
Tableau 12.1.5	Coûts financiers et économiques (Case B: 60 Villages)	12-13
Tableau 12.1.6	Calendrier des investissements.....	12-14
Tableau 12.1.7	Structure des taux de maladies répandues à Madagascar	12-15
Tableau 12.1.8	Taux de mortalité à Madagascar	12-16
Tableau 12.1.9	Impact du Projet sur le taux de mortalité.....	12-17
Tableau 12.1.10	Espérance de vie à Madagascar.....	12-18
Tableau 12.1.11	Estimation de la structure de la population (Cas A: 80 villages)	12-19
Tableau 12.1.12	Estimation de la structure de la population (Case B: 60 villages).....	12-20

Tableau 12.1.13	Bénéfices apportés par le Projet en matière de réduction de la mortalité (Cas A: Hommes).....	12-21
Tableau 12.1.14	Bénéfices apportés par le Projet en matière de réduction de la mortalité (Cas A: Femmes).....	12-22
Tableau 12.1.15	Bénéfices apportés par le Projet en matière de réduction de la mortalité (Cas B: Hommes).....	12-23
Tableau 12.1.16	Bénéfices apportés par le Projet en matière de réduction de la mortalité (Cas B: Femmes).....	12-24
Tableau 12.1.17	Taux interne de rendement économique (EIRR) (Cas A-1)	12-25
Tableau 12.1.18	Taux interne de rendement économique (EIRR) (Cas A-2)	12-26
Tableau 12.1.19	Taux interne de rendement économique (EIRR) (Cas A-3)	12-27
Tableau 12.1.20	Taux interne de rendement économique (EIRR) (Cas B-1).....	12-28
Tableau 12.1.21	Taux interne de rendement économique (EIRR) (Cas B-2).....	12-29
Tableau 12.1.22	Taux interne de rendement économique (EIRR) (Cas B-3).....	12-30
Tableau 12.2.1	Tableau du recouvrement des coûts (pompes à main).....	12-39
Tableau 12.2.2	Tableau du recouvrement des coûts (pompes à moteur).....	12-40
Tableau 12.2.3	Tableau du recouvrement des coûts (pompes avec panneaux solaires)..	12-41
Tableau 12.2.4	Déboursement et remboursements des emprunts pour le Projet (Cas A)	12-42
Tableau 12.2.5	Déboursement et remboursements des emprunts pour le Projet (Cas B)	12-43
Tableau 12.2.6	Déboursement et remboursements des emprunts pour le Projet (Cas C)	12-44
Tableau 12.3.1	Impact du Projet sur la corvée d'eau (gain de temps des femmes)(1/3).	12-52



1. INTRODUCTION

1.1 Généralités

Le présent Rapport final porte sur "l'Etude de l'Exploitation des Eaux Souterraines dans la Région Sud-Ouest de la République de Madagascar (Phase II)" qui couvre une zone de 39.000 km² environ, située entre les fleuves de Tsihibihina et de Mangoky, où 115 villages candidats sont concernés par le projet d'alimentation en eau.

L'étude de la Phase I a été réalisée par une équipe d'étude conjointe de l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) et du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines (MIEM) (à présent: Ministère de l'Energie et des Mines (MEM)) entre 1990 et 1992, et portait sur la moitié sud de la zone proposée, c'est-à-dire la région située au sud du fleuve Mangoky. Le projet d'alimentation en eau rurale a été formulé sur la base des résultats de cette étude, et des ouvrages d'adduction d'eau ont été construits dans 50 villages sélectionnés entre 1993 et 1995, dans le cadre du Programme de coopération financière non remboursable accordée par le gouvernement du Japon.

L'Etude de la Phase II a été conduite conformément à "l'Etendue des travaux" (Scope of Work) convenue entre le MEM et la JICA en décembre 1994. L'Etude a débuté fin mars 1995 et s'est achevée par la présentation de ce Rapport final en juillet 1996. Une équipe d'étude commune composée des membres de la JICA et du MEM a été organisée comme pour l'étude de la Phase I. L'étude sur le terrain a commencé au mois d'avril 1995 pour s'achever en décembre 1995.

L'étude réalisée à Madagascar était divisée en deux parties. Au cours de la première partie (avril à août), les villages ont été classés par catégories en tenant compte des conditions socio-économiques et du potentiel en eaux souterraines. La deuxième partie de l'étude, qui s'est déroulée de septembre à décembre, était consacrée au forage des sondages d'essai, à une enquête socio-économique détaillée ainsi qu'à la formulation du projet. Elle comprenait également l'exécution du projet-pilote avec la participation des villageois.

Après avoir procédé à des analyses plus approfondies au Japon, la carte hydrogéologique de la Zone d'étude et le plan d'exploitation des eaux souterraines pour chaque village proposé ont été élaborés. On a en outre formulé le Projet de la Phase II et procédé au dessin des installations pour les villages classés par catégories. Les analyses en question et le projet de Rapport final ont été réalisés entre janvier et mars 1996.

Les discussions sur le projet de Rapport final se sont déroulées en juin 1996 entre le MEM et l'Equipe d'étude de la JICA. Ce Rapport final a été établi en tenant compte des

commentaires du MEM sur le projet de Rapport final, et la JICA l'a transmis au gouvernement de Madagascar par voie diplomatique en août 1996.

1.2 Grandes lignes du Projet

1.2.1 Arrière-plan du Projet

Madagascar est un pays en voie de développement à vocation agricole. L'agriculture et l'élevage sont en effet des industries de base, qui emploient 80% de la population et fournissent 80% des produits exportés.

A Madagascar, le Plan d'Investissement Public actuel, qui a succédé au troisième plan quinquennal (1986-1990), insiste en particulier sur les points suivants:

- amélioration de l'assainissement du milieu
- réduction de l'appauvrissement
- activation et développement de l'économie rurale.

Les stratégies employées pour réaliser cette politique se concentrent sur le développement rural, en particulier l'amélioration du niveau de vie dans les campagnes, et concerne plus de 75% de la population totale du pays.

Pour atteindre cet objectif, il est primordial d'améliorer les services d'alimentation en eau potable (AEP) en milieu rural, dont la couverture était estimée à 12% en 1991 alors que la desserte en eau dans les villes était de 70% environ. La région du sud-ouest du pays, où les précipitations annuelles sont réduites à 400 ~ 1000 mm par an, souffre depuis longtemps de graves pénuries en eau; le taux de desserte est en effet de 2,6% seulement en zones rurales, ce qui est de loin la moyenne la plus faible du pays.

Pour remédier à pareille situation, le gouvernement de Madagascar a ainsi adressé une requête au gouvernement du Japon en 1987 pour obtenir son assistance technique et financière pour l'exploitation des eaux souterraines dans la région du sud-ouest qui s'étend entre les fleuves d'Onilahy et de Tsiribihina.

En réponse à la requête malgache, le gouvernement japonais a envoyé une équipe d'étude de la JICA qui a effectué une étude de septembre 1989 à juillet 1991. En s'appuyant sur les résultats de cette étude et sur la requête d'aide financière du gouvernement de Madagascar, le projet proprement dit a été réalisé dans 50 villages prioritaires entre janvier 1993 et janvier 1995, dans le cadre du Programme de coopération financière non remboursable du Japon. Cependant, l'étude et le projet ne concernaient que la moitié sud de la zone initialement proposée qui est délimitée par les fleuves d'Onilahy et de Mangoky. En effet, la zone initialement proposée était trop

étendue et l'utilisation des eaux souterraines comme source d'alimentation en eau s'avérait incertaine au moment de la première requête.

C'est ainsi qu'à l'approche de la fin des travaux de construction des 50 ouvrages d'adduction d'eau le gouvernement de Madagascar a adressé une nouvelle requête au gouvernement du Japon afin qu'une étude similaire soit conduite cette fois-ci pour la moitié nord de la zone, et ce dernier a décidé d'envoyer une équipe de la JICA afin de réaliser une étude.

Par conséquent, la présente étude est considérée par les gouvernements malgache et japonais comme "l'Étude de la Phase II pour l'exploitation des eaux souterraines dans la région sud-ouest de la République de Madagascar" (l'Étude).

1.2.2 Objectifs de l'Étude

Les objectifs de l'étude sont les suivants:

- 1) Evaluer le potentiel de développement des eaux souterraines dans la zone concernée (avec l'élaboration d'une carte hydrogéologique);
- 2) Etablir un plan d'alimentation en eau dans les villages candidats à l'horizon de l'an 2005, et améliorer le niveau de vie en milieu rural dans la région du sud-ouest du pays en installant des systèmes publics d'adduction d'eau;
- 3) Etablir un plan durable de gestion et d'entretien des installations d'alimentation en eau et encourager les habitants bénéficiaires, notamment les femmes, à prendre part non seulement à la gestion et à l'entretien des équipements mais également à l'amélioration de la salubrité de l'environnement;
- 4) Profiter de l'Étude pour permettre un transfert technologique en faveur des homologues malgaches.

1.2.3 Zone de l'Étude

La "Zone d'étude" est d'une superficie d'environ 39.000 km², délimitée au nord par le fleuve Tsiribihina et au sud par le fleuve Mangoky. Jusqu'à octobre 1995, elle concernait six préfectures (FIVONDRONAM-POKONTANY). Les trois préfectures de Manja, Morondava et Mahabo étaient intégralement comprises dans la Zone d'étude, tandis que les trois autres l'étaient partiellement: la partie sud des préfectures de Belosur-Tsiribihina et de Mandrivazo jusqu'au fleuve Tsiribihina, et la partie nord de Beroroha jusqu'au fleuve de Mangoky. L'étude a porté sur 115 villages (FOKONTANY) situés dans cette Zone.

En octobre 1995, une nouvelle politique nationale a été mise en place pour simplifier l'administration régionale si bien que la Zone d'étude couvre désormais 4

Départements: les 3 départements de Belo-sur-Tsiribihina, Mahabo et Manja qui dépendent de la région du Menabe (FARITANY), et le département de Beroroha qui appartient à celle de Atsimo Andrefana. De plus, les 115 villages candidats font maintenant partie des Communes (KAOMININA).

1.2.4 Equipe d'étude

L'Etude a été réalisée par une équipe conjointe composée de membres de l'Equipe d'étude de la JICA et de membres du personnel du MEM. La JICA a préparé une Equipe d'étude formée d'un chef de mission et de 10 experts dans différents domaines. Le chef de mission, M. Kunio Fujiwara, était chargé de maintenir un contact étroit entre la JICA et le MEM et les autres organismes concernés par l'Etude à Madagascar. Spécialiste en développement des eaux souterraines, il était également responsable de l'élaboration du plan de développement ainsi que du contrôle et de la gestion de l'Etude.

De son côté, le MEM a préparé l'équipe d'étude de la contrepartie avec à sa tête M. Aubert Robinirina, Directeur de la Direction de l'eau du MEM. Afin d'assurer le bon déroulement de l'Etude et un transfert de technologie efficace, neuf membres de la contrepartie malgache, dont le représentant du MEM sur le terrain M. Marcel Rakotomavo, ont été assignés sur place pour l'étude de la première étape, tandis que 30 employés du MEM ont participé à l'étude de la deuxième étape.

Les membres de la JICA et du MEM sont les suivants:

- Equipe d'étude de la JICA

<i>Nom</i>	<i>Attributions</i>
M. Kunio FUJIWARA	Chef de mission, Développement des eaux souterraines
M. Atsuo KANDA	Chef assistant, Hydrogéologie / Environnement naturel
M. Masatoshi TANAKA	Etude géophysique / Hydrologie / Analyse de la qualité de l'eau / Supervision de la construction des puits
M. Shuji ARAKAWA	Conception des installations d'alimentation en eau / Planification de la gestion et de l'entretien des puits
M. Hirohisa OOMORI	Environnement social / Promotion de la participation des villageois et éducation en hygiène
M. Takehiko OGAWA	Affaires économiques et financières / Evaluation du projet
M. Hirochika AOKI	Traduction et interprétariat / Administration du projet
Mlle Marie-Line CHARLES	Traduction et interprétariat / Projet-pilote / Administration du projet
M. Masaharu ARASHI	Assistance pour l'administration du projet
Mlle Sachie OIKAWA	Projet-pilote
M. Masayuki OGATA	Supervision de la construction des puits

- Equipe du MEM

<i>Nom</i>	<i>Attributions</i>	<i>Organisme</i>
M. ROBINIRINA Aubert	Chef d'équipe	Directeur de la Direction de l'Eau
M. RANDRIANARISON Justin	Représentant de la région de Toliara	Directeur, Direction provinciale du MEM à Toliara (DPU)
M. RAJOELISAONINA Alfred	Chef-assistant de l'équipe	Direction de l'Eau
M. RAKOTOMAVO Marcel	Représentant sur le terrain / Hydrogéologie	Direction de l'Eau
<i>Première étape de l'étude:</i>		
Mme RAMISILOA Beby	Environnement social / Economie	Direction de l'Eau
M. ANDRE Jérôme	Environnement social	Direction provinciale de Toliara
Mme ANDRIAMALALA Léa	Etude géophysique	Direction de l'Eau
M. RAJERISON Jean-Etienne	Environnement social	Direction de l'Eau
M. JACQUIS Josué A.R.	Hydrogéologie	Direction de l'Eau
M. ANDRIANATOANDRO Désiré	Analyse de la qualité de l'eau Etude géophysique	Direction de l'Eau Direction de l'Eau
M. RABENANDRASANA Emmanuel		
M. RAKOTONDRAJAONA Joseph	Administration du Projet	Direction de l'Eau
M. ALPHONSE Thomas	Assistance pour l'étude géophysique	Direction provinciale de Toliara
M. GALIGALY	Assistance pour l'étude géophysique	Direction provinciale de Toliara
<i>Deuxième étape de l'étude:</i>		
M. RAJERISON Jean-Etienne	Environnement social	Direction de l'Eau
M. JACQUIS Josué A.R.	Chef de l'équipe de forage TOP-200	Direction de l'Eau
M. RAKOTONDRAJAONA Joseph	Administration du Projet	Direction de l'Eau
M. RAKOTOMARIA	Sondeur	Direction de l'Eau
M. RANDRIANASOLO J. Baptiste	Aide sondeur	Direction de l'Eau
M. RANDRIANAMANANTENA P.J.B	" "	Direction de l'Eau
M. RAVELOSON Philippe	" "	Direction de l'Eau
M. ALPHONSE Thomas	" "	Direction provinciale de Toliara
M. GALIGALY Philémon	" "	Direction provinciale de Toliara
M. MAHAVE Rakoto	" "	Direction provinciale de Toliara
M. ANDRIANATOANDRO Désiré	Chef de l'équipe de forage TOP-500	Direction de l'Eau
M. RAZAFINDRATSIRA William	Sondeur	Direction de l'Eau
M. RAKOTOMALALA	Aide sondeur	Direction de l'Eau
M. RAKOTONANDRASANA Jérôme	" "	Direction de l'Eau
M. RAMILISON Martin	" "	Direction de l'Eau
M. MARAVELO	" "	Direction provinciale de Toliara
M. RALAY Vincelas	" "	Direction provinciale de Toliara
M. RAKOTONIRINA Jean	Chef de l'équipe de forage KOKEN	Direction de l'Eau

M. RAKOTOMAVO Paul	Sondeur	Direction de l'Eau
M. RAKOTONDRANAMPY	Aide sondeur	Direction de l'Eau
M. RAKOTONIRINA Victor	“ “	Direction de l'Eau
M. RELAZA Bernardin	“ “	Direction provinciale de Toliara
M. TAHIMANA Edmond	“ “	Direction provinciale de Toliara
M. TSIAVINOLO Vincent	“ “	Direction provinciale de Toliara

1.2.5 Etendue de l'étude

L'Etude est divisée en trois étapes, et le contenu de ces étapes qui a fait l'objet d'un accord entre la JICA et le MEM est le suivant :

Première étape: Compréhension et analyse des conditions actuelles

1. Collecte et analyse de données existantes et de renseignements relatifs aux:

- a. Conditions naturelles
 - (a) conditions météorologiques
 - (b) conditions géologiques et topographiques
 - (c) conditions hydrologiques et hydrogéologiques
- b. Conditions socio-économiques
- c. Conditions sanitaires et salubrité
- d. Conditions de l'environnement
- e. Lois, réglementations et politique en vigueur concernant l'exploitation des ressources en eau et la desserte d'eau
- f. Services de distribution d'eau existants, avec l'examen des points suivants:
 - (a) sources d'eau
 - (b) système et installations d'alimentation en eau (AEP)
 - (c) qualité de l'eau
 - (d) taux et niveau de desserte
 - (e) utilisation de l'eau
 - (f) organisations chargées de la gestion et de l'entretien des installations
- g. Aspects institutionnels de mise en oeuvre et de suivi du projet
- h. Projets en cours et projets prévus en rapport avec l'Etude
- i. Autres données et renseignements pertinents.

2. Etudes préliminaires sur les conditions actuelles des ressources en eau:

- a. Reconnaissances géologiques
- b. Investigation hydrogéologique, notamment l'ingression d'eau salée

- c. Examen de la qualité de l'eau aux puits existants et de celle des eaux de surface
- d. Données hydrogéologiques portant sur:

- (a) inventaire et capacité de production des puits
- (b) mesure du niveau des puits
- (c) niveau de l'eau souterraine
- (d) écoulement de l'eau

3. *Etude sur les conditions actuelles de la desserte d'eau et sur certains aspects apparentés tels que:*

- a. Installations d'AEP existantes, et notamment leurs conditions de gestion et d'entretien
- b. Utilisation de l'eau dans les ménages
- c. Conditions sanitaires (latrines, autres moyens de traitement des eaux usées)
- d. Prise de conscience des habitants bénéficiaires quant aux conditions de santé et d'hygiène, et leur volonté de cotiser pour de meilleurs services d'AEP
- e. Education sur la santé et sur l'hygiène dans les écoles et les centres de santé publique

4. *Identification des sites potentiels pour l'exploitation des eaux souterraines, et plan des études de terrain détaillées*

- a. Identification des sites offrant un grand potentiel de développement des eaux souterraines
- b. Choix des sites pour une reconnaissance détaillée in situ
- c. Plan des forages d'essai et méthodes de forage appropriées
- d. Examen initial de l'environnement (Initial Environment Examination, IEE)

Deuxième étape: Analyse et évaluation du potentiel des ressources en eaux souterraines

1. *Etude détaillée sur les sites potentiels et analyse des données obtenues*

- a. Etude géologique
- b. Mesure du niveau de l'eau souterraine
- c. Analyse de la qualité de l'eau
- d. Etude géophysique
- e. Forages d'essai et pompages d'essai
- f. Autres

2. *Analyse et évaluation du potentiel des ressources en eau souterraine et autres sources d'eau*

- a. Analyse topographique et géologique
 - b. Analyse hydrologique et analyse du bilan d'eau
 - c. Evaluation du potentiel des eaux souterraines
 - d. Evaluation du potentiel des eaux de surface
3. *Projection des besoins en eau et répartition*
- a. Prévission des besoins en eau
 - b. Répartition de l'eau
4. *Projet-pilote encourageant la participation des habitants*
- a. Construction d'installations pilotes (puits avec pompe à main)
 - b. Transfert technologique pour l'entretien des équipements
 - c. Encouragement des habitants à entretenir eux-mêmes les installations
 - d. Vulgarisation sanitaire auprès des habitants
 - e. Promotion de la participation des femmes
 - f. Suivi du projet

Troisième étape: Elaboration d'un plan d'alimentation en eau

1. *Adoption de la politique de base et des stratégies relatives aux services d'AEP*
- a. Taux de desserte à atteindre pour la population bénéficiaire
 - b. Niveau de desserte à atteindre en termes d'accessibilité
 - c. Qualité et quantité d'eau à atteindre
 - d. Choix technologiques
2. *Plan d'alimentation en eau, en mettant l'accent sur la durabilité*
- a. Plan de développement de sources d'eau associant les sources d'eau existantes et de nouvelles implantations
 - b. Plan de réhabilitation des installations existantes
 - c. Dessin de la conception initiale des installations d'AEP
 - d. Plan pour la gestion et l'entretien des installations, comprenant un programme de formation en matière de maintenance
3. *Estimation des coûts*
4. *Plan pour le contrôle suivi du niveau de l'eau souterraine et de la qualité de l'eau*
5. *Evaluations*
- a. Planning et évaluation financiers

- b. Evaluation au niveau institutionnel et technique
- c. Evaluation socio-économique
- d. Etude sur les incidences du projet sur l'environnement (Environmental Impact Assessment)

6. *Mise en priorité des projets*

7. *Elaboration d'un programme de mise en oeuvre*

Les rapports qui seront rédigés au cours de cette Etude sont les suivants:

- Rapport d'avancement en anglais et récapitulatif en français à la fin de la 1ère étape (août 1995)
- Rapport intermédiaire en anglais et récapitulatif en français à la fin de la 2ème étape (décembre 1995)
- Avant-projet de rapport final à la fin de la 3ème étape (mai 1996), qui comprendra:
 - Rapport principal en anglais et en français
 - Rapport récapitulatif en anglais et en français
 - Rapport de soutien en anglais
 - Livre de données en anglais
- Rapport final préparé un mois après avoir reçu les commentaires sur l'avant-projet de Rapport final de la part du MEM, et qui comprendra les mêmes ouvrages que l'avant-projet. La JICA fera parvenir le Rapport final au MEM par voie diplomatique.

1.3 Description de l'Etude

1.3.1 Calendrier de l'Etude

La durée de l'Etude était de 16 mois, de mars 1995 à juillet 1996, et s'est déroulée selon le calendrier des travaux présenté en Figure 1-1 et le diagramme de la Figure 1-2. Les principales étapes de l'Etude sont les suivantes:

1) Préparatifs au Japon

15 jours à partir de la fin mars 1995.

2) Etude à Madagascar

Environ 8 mois d'avril à décembre 1995. Cette étude était divisée en deux parties:

2)-1 Reconnaissance sur le terrain de la première étape: avril - août

2)-2 Reconnaissance sur le terrain de la deuxième étape: septembre - décembre

3) Etude au Japon

Deux mois et demi de janvier à mars 1996. Un programme de stage d'un mois pour la partie malgache s'est déroulé au cours de cette période.

4) Explication du projet de Rapport final et discussions

Trois semaines en juin 1996. Un atelier de formation sur la gestion et l'entretien des ouvrages d'alimentation en eau s'est déroulé au cours de cette période.

5) Préparation et présentation du Rapport final

La JICA fera parvenir les rapports au gouvernement de Madagascar par voie diplomatique en août 1996.

1.3.2 Technologies appliquées

Les différentes technologies appliquées au cours de cette Etude sont les suivantes:

(1) Méthodes de recherches hydrogéologiques

(Première étape)

- Interprétation des photographies aériennes (topographie et structures géologiques)
- Reconnaissance géologique de terrain
- Prospection géophysique (sondages électriques de résistivité, et essais de sondages électro-magnétiques)
- Révision des données sur les forages existants (lithologie et pompages d'essai)
- Inspection et interviews portant sur l'utilisation des eaux souterraines
- Préparation de la carte hydrogéologique préliminaire

(Deuxième étape)

- Forages d'essai et logs géophysiques
- Pompages d'essai afin de déterminer les paramètres hydrauliques des aquifères
- Analyse de la qualité de l'eau (composants chimiques)
- Mise à jour de la carte hydrogéologique préliminaire en portant sur la carte les résultats des forages d'essai

(2) Etudes hydrologiques

- Acquisition et analyse des données météorologiques
- Mesure du débit d'écoulement fluvial pendant la saison sèche

(3) Etude d'évaluation pour le Projet de la Phase I

- Inspection des installations d'alimentation en eau
- Interview des villageois sur la gestion et l'entretien des points d'eau

(4) Enquête socio-économique

(Première étape)

- Entretiens avec le personnel administratif des villages
- Observation de la situation dans les villages (salubrité, utilisation de l'eau, etc.)
- Préparation de l'inventaire des villages et classement par catégories

(Deuxième étape)

- Série d'interviews sur l'économie des ménages
- Analyse économique s'appuyant sur diverses méthodes
- Révision du classement des villages par catégories et nouvelle classification

(5) Projet-pilote pour des études de cas portant sur l'entretien et la gestion des installations d'AEP et l'amélioration du style de vie des villageois

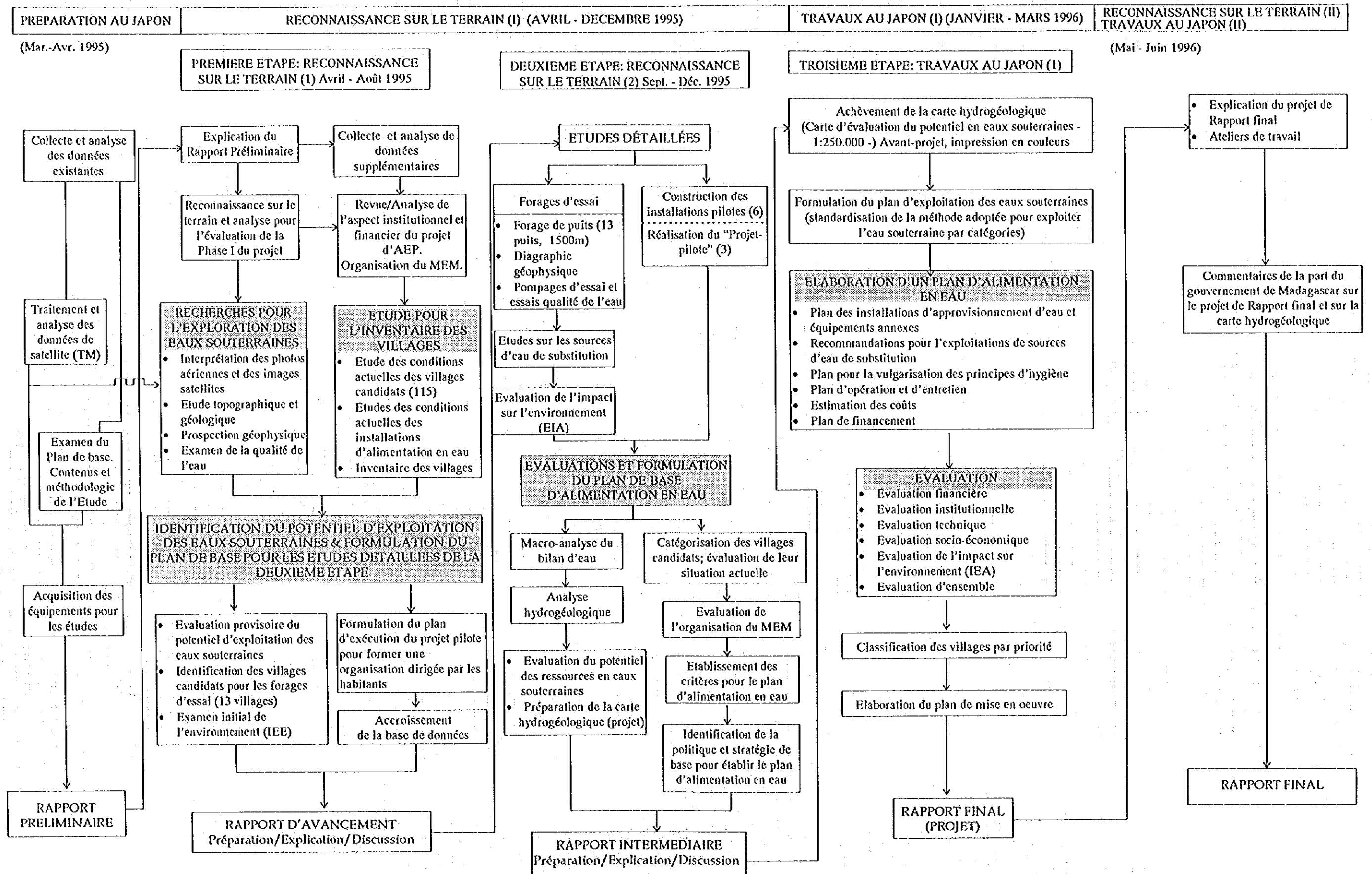
- Formulation des Comités de l'eau
- Actions de sensibilisation auprès des habitants sur l'hygiène, le statut des femmes et autres au cours de discussions avec les villageois
- Installation des pompes à main sur l'ouvrage de captage et construction d'une aire d'assainissement en béton armé de deux façons: construction de l'aire en béton par les villageois eux-mêmes et construction par l'Equipe d'étude, afin de comparer ces deux manières de faire participer les villageois.
- Contrôle et surveillance de l'utilisation de l'eau, du fonctionnement des Comités de l'eau et des conditions de gestion et d'entretien des installations dans le cadre du projet-pilote. De plus, on comparera les deux façons de faire participer les villageois.

		1995										1996								
		Saison des pluies					Saison sèche					Saison des pluies			Saison sèche					
		PREPARATION	ETUDES DE TERRAIN(1)										TRAVAUX AU JAPON(1)			TRAVAUX A MADAGASCAR(2)				
			Ière étape					IIème étape					IIIème étape			TRAVAUX AU JAPON(2)				
		Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet		
ETUDES DE TERRAIN (1)	Préparatifs au Japon																			
	Ière Etape	Explications / Discussions sur Rap. prélimin.																		
		Collecte de données supplémentaires																		
		Etude d'évaluation du projet Phase I																		
		Etudes de terrain topographie & géologie																		
		Etude hydrologique, analyse qualité de l'eau																		
		Sondages géophysiques																		
		Analyse hydrogéologique/Prép. Carte hydro.																		
		Enquête socio-économique dans 115 villages																		
		Etude sur alimentation en eau (115 villages)																		
		Sensibilisation sur hygiène/entretien des puits																		
		Préparation de l'inventaire des puits																		
		Prép. / Explication Rapport d'avancement																		
	IIème Etape	Sondages géophysiques pour forages d'essai																		
		Prép. & mobilisation pour forages d'essai																		
		Construction des puits d'essai	Groupe Top-500																	
			Groupe FSW-ST-S19																	
			Groupe Top-200																	
		Construction installations pilotes (6)																		
		Exécution du "Projet-pilote" et contrôle suivi (3)	Village a.																	
			Village b.																	
			Village c.																	
		Contrôle suivi des 3 autres villages																		
		Etudes suppl. hydrogéol. / inventaire villages																		
		Prép. / Explication Rapport intermédiaire																		
IIIème Etape		TRAVAUX AU JAPON (1)																		
	TRAVAUX AU JAPON (1)																			
	TRAVAUX AU JAPON (1)																			
	TRAVAUX AU JAPON (1)																			
	TRAVAUX AU JAPON (1)																			
TRAVAUX A MADAGASCAR (2)	TRAVAUX A MADAGASCAR (2)																			
	TRAVAUX A MADAGASCAR (2)																			
TRAVAUX AU JAPON (2)	TRAVAUX AU JAPON (2)																			

■ Travaux de terrain et chantiers réalisés

Fig. 1.1 CALENDRIER DES TRAVAUX

FIG. 1.2 SCHÉMA DU DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE POUR LE PROJET D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA RÉGION SUD-OUEST DE MADAGASCAR (PHASE II)



2. CONDITIONS GENERALES DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Conditions naturelles

2.1.1 Topographie

Du point de vue topographique, la Zone d'étude est formée de plaines littorales dans sa partie occidentale, d'une zone de collines en son centre et d'une zone montagneuse dans sa partie orientale; elle s'étend dans la direction nord-est - sud-ouest en se courbant vers l'est.

La plaine littorale est couramment appelée plaine de Morondava; elle est large et continue et s'étend le long du littoral en fléchissant vers l'est. On y distingue deux deltas importants, celui de Mangoky à la limite sud et celui de Tsiribihina à la limite nord.

Cette plaine, formée de dunes de sable et de zones marécageuses, est surtout constituée de dépôts alluviaux dans sa partie côtière et d'une plaine asséchée composée de sédiments datant du Pliocène et du Pléistocène. Quant à sa largeur, elle est de 50 km environ dans sa partie centrale et se rétrécit progressivement aussi bien au nord qu'au sud (20 km de large), tandis que sa superficie totale est de 6.000 km² environ.

Les collines de la partie centrale forment les massifs de Bemahara-Tangorombohitri Makay (225 km de long et entre 350 m et 1035 m d'altitude), le massif d'Ankilizato (125 km de long et entre 400 m et 510 m d'altitude), et le massif et le plateau calcaire de Manja (125 km de long, et entre 150 m et 560 m d'altitude). Ces massifs et ce plateau s'étendent en direction nord-est sud-ouest en fléchissant vers l'est. Ils sont séparés par le bassin d'entremont de Besabora (une large vallée formée par la rivière Morondava), la rivière Maharivo et les affluents des fleuves Tsiribihina et Mangoky. De façon générale, ces massifs forment une chaîne de montagnes continue (cuesta). Ils sont bordés à l'est d'une falaise abrupte et s'inclinent faiblement vers l'ouest.

Les montagnes situées à l'est de la Zone d'étude sont en fait la bordure occidentale du "Plateau central de Madagascar" et se prolongent en direction nord-est sud-ouest, en s'inclinant vers l'est. Ces montagnes sont essentiellement constituées de roches de soubassement Précambrien, comme le plateau central. Elles sont séparées des massifs Bemahara-Tangorombohitri Makay par la large vallée que forment les rivières Sakeny et Matsiatra (bassin d'entremont de Betsiriry).

2.1.2 Climat

La Figure 2.1.1 représente les températures mensuelles maximales et minimales enregistrées dans six stations météorologiques. Les températures moyennes annuelles,

maximales et minimales, observées sont respectivement de 30°C et 11°C sur le littoral, et de 33°C et 18°C dans les régions de collines et de montagnes. L'écart entre les températures maximales et minimales est d'environ 11°C en région côtière et 15°C dans les collines et les montagnes. L'hiver s'étend en général de mai à septembre et l'été d'octobre à février.

Les Figures 2.1.2 et 2.1.3 présentent les conditions climatiques générales telles que les précipitations mensuelles, les températures mensuelles maximales, minimales et moyennes, l'humidité relative moyenne mensuelle, l'insolation et l'évaporation potentielle mesurées aux stations de Morombe et de Morondava.

Dans la Zone d'étude, la saison des pluies dure 5 mois (novembre à mars) et la saison sèche 7 mois (avril à octobre). Les précipitations annuelles vont en augmentant géographiquement de la plaine littorale au sud-ouest (600 ~ 800 mm) vers les montagnes au nord-est (1400 mm).

Les heures d'insolation par mois indiquées dans les tableaux sont des moyennes obtenues sur dix ans (1980 à 1989). Les heures moyennes d'ensoleillement quotidien par mois sont variables: entre 8,56 heures (février) et 10,50 heures (novembre) à Morondava, et entre 9,10 heures (février) et 10,66 heures (novembre) à Morombe.

2.1.3 Géologie et structure géologique

(1) Stratigraphie

La stratigraphie de la Zone est présentée dans la Figure 2.1.4. La stratégie établie diffère quelque peu de la stratigraphie qui avait été utilisée au cours des études géologiques précédentes; c'est pourquoi ces différentes classifications sont présentées dans le même tableau pour servir de référence.

Le système Précambrien est constitué de roches métamorphiques dures et de roches plutoniques qui affleurent dans une portion de la marge orientale de la Zone d'étude. Les groupes Sakoa et Sakamena, qui sont respectivement des périodes carbonifère et permienne, sont en contact par discordance ou par effondrement avec le système précambrien. Le groupe Sakoa commence tout d'abord par du tillite de fond et est surtout composé de dépôts continentaux, tandis que le groupe Sakamena est composé de dépôts continentaux associés à des sédiments lagunaires et des dépôts marins, ce qui montre que l'environnement sédimentaire a changé au cours de la sédimentation du groupe.

Dans le système jurassique, les parties essentiellement composées de dépôts continentaux sont collectivement appelées groupe Isalo et se transforment progressivement en groupe Sakamena sous-jacent. Les groupes Isalo supérieurs et

moyens consistent surtout en grès feldspathiques peu solides et qui présentent des stratifications entrecroisées et des conglomérats. Le groupe Isalo supérieur, cependant, montre un faciès mélangé d'origine continentale et marine. Le système jurassique inférieur marin montre, lui, le faciès contemporain et hétérogène du groupe Isalo supérieur, il est surtout formé de calcaire et de grès calcaire et contient du grès d'origine continentale en très grande proportion. Le Jurassique supérieur marin est formé de marnes (marnes d'Ankilizato), de calcaires marneux et de faciès de calcaires et de marnes en alternance.

Le système crétacé est divisé en deux sous-systèmes, le Crétacé supérieur et le Crétacé inférieur; on n'observe aucune différence temporelle entre le Crétacé inférieur et le Jurassique. Le Crétacé inférieur commence par du calcaire peu épais. Le Crétacé supérieur occupe la plus grande partie du système Crétacé; il comprend du grès continental puissant auquel se superpose un faciès d'alternance de grès et de marnes. Le Crétacé supérieur est interstratifié de plusieurs couches de basalte. Comme les strates en contact avec des lits de basalte subissent généralement des altérations thermiques, on considère que les couches de basalte sont des bancs qui se sont introduits dans le Crétacé supérieur. Dans cette zone, le Crétacé est recouvert en discordance par les séries de l'Eocène.

La section inférieure des séries éocènes est principalement formée de calcaires et calcaires marneux distribués dans presque toute la Zone d'étude. Les séries éocènes moyennes et supérieures sont, elles, constituées de calcaires, calcaires marneux, marnes, grès marneux, grès, etc. Le système néogène repose en discordance sur ces séries de l'Eocène.

Le système néogène est aussi largement réparti dans la région et se trouve partiellement exposé dans la marge orientale de la plaine de Morondava. De même, on trouve exposés sporadiquement des sédiments calcaires marins qui datent probablement du Miocène et des faciès continentaux de calcaires datant probablement du Pliocène.

Le système quaternaire est composé de lits de sable qui forment des dunes anciennes et récentes, de dépôts fluviaux et de dépôts argileux contenant de la boue et du sable dans la zone littorale. Bien que les cartes géologiques existantes aient classées les lits de sable et les roches arénacées de revêtement comme appartenant au Quaternaire et montrées leur répartition, ces lits et ces roches ont été considérés comme matériaux couvrants superficiels et exclus de la carte hydrogéologique ainsi que du tableau de stratigraphie préparés au cours de cette Etude. La plaine de Morondava, en particulier, est largement couverte de lits de sable et de roches arénacées de revêtement, et les informations géologiques sur le sous-sol que nous avons obtenues ne concernaient que quelques zones seulement (Mahabo et Analaiva). Dans cette Etude, les sondages de résistivité

électrique et les forages d'essai ont permis de comprendre que la plus grande partie de la plaine de Morondava avait été formée au cours du Pléistocène et qu'elle était faite de matériaux sableux et boueux provenant de dépôts marins et continentaux.

La carte géologique (1:100.000è) de la Zone d'étude se trouve en Figure 2.1.5.

(2) Structure géologique

Il y a quelques années, des recherches pétrolières ont été entreprises dans la Zone d'étude et ses environs en pratiquant des levés gravimétriques et des prospections magnétiques aéroportées, et en réalisant des puits d'exploration pétroliers qui atteignaient entre 1000 et 4000 m de profondeur. Les coupes géologiques schématiques de la Figure 2.1.6 ont été préparées en modifiant partiellement celles qui avaient été exécutées à partir des données obtenues au cours des études pétrolières. De plus, les coupes transversales hydrogéologiques des Figures 5.2.1 et 5.2.2 ont été établies d'après les résultats des reconnaissances géologiques et géophysiques de terrain et des forages d'essai effectués au cours de cette Etude. La structure géologique de cette région est résumée ci-dessous.

La bordure supérieure du soubassement précambrien qui affleure sur une grande étendue dans les montagnes de la crête occidentale du Plateau central de Madagascar est fortement inclinée vers l'ouest et recouverte de strates du Paléozoïque et d'autres plus jeunes d'une puissance totale de 5.000 à 10.000 m. D'une façon générale, ces strates s'inclinent légèrement vers l'ouest (pendage de 1° à 5°). Cependant, la structure de cette région est perturbée par plusieurs systèmes de failles dont les trois principaux sont les suivants.

Le premier système de failles est composé d'un groupe de failles de directions N-S et NNW-SSE qui se développent en échelons dans la marge ouest du soubassement précambrien. Vu que les rejets de la faille sont circonscrits dans le soubassement précambrien, dans les groupes Sakoa du Carbonifère et les groupes Sakamena permien-jurassiques, on peut donc en déduire que les principales activités de ce système de failles se sont déroulées pendant le Paléozoïque.

Le second système de failles est appelé faille de l'Ilovo-Vohitelo, et traverse la partie centrale de la Zone d'étude dans les directions NNE-SSW pour la partie sud et NNW-SSE pour la partie nord. Le rejet causé par ce système de failles atteint le système jurassique supérieur.

Le troisième système de failles est un groupe de failles qui parcourt la moitié ouest de la zone de collines dans les directions NNE-SSW et NE-SW. Le rejet causé par ce système de failles atteint l'Eocène supérieur, et les failles alternées qui projettent le rejet à l'ouest et à l'est sont à l'origine de nombreux horsts et fossés d'effondrement.

Dans la Zone d'étude, on rencontre de nombreux filons intrusifs (dikes), des bancs, des pitons de roches (necks) et de petits massifs intrusifs (stocks) de roches basaltiques à gabbroïques ainsi que des sources thermales en relation avec leurs activités volcaniques. Ces activités volcaniques relèvent semble-t-il de deux périodes géologiques: le Pré-Eocène et le Post-Eocène. La lithologie des roches présentes dans les petits massifs intrusifs est en général de type basalte gabbroïque à gabbro et leur répartition est limitée au Jurassique supérieur et au Crétacé. La répartition des pitons de roche et des massifs intrusifs est la plupart du temps contrôlée par le troisième système de failles de direction NNE-SSW et NE-SW mentionné plus haut. Les filons de basaltes sont intrusifs dans les directions NW-SE, NNE-SSW et N-S. Leur largeur est de plusieurs mètres et ils s'étendent sur une zone de plusieurs kilomètres jusqu'à 35 km. Parmi eux, le filon intrusif de direction NW-SE coupe toutes les formations géologiques, sauf les dépôts alluviaux, et il est accompagné de sources thermales.

2.1.4 Occupation du sol et végétation

L'occupation du sol et la couverture végétale ont été étudiés sur une superficie de 39.000 km² en compilant les images en couleurs naturelles obtenues à partir des données Landsat TM. L'utilisation des sols a été établie en déterminant les caractéristiques des couleurs sur l'image en couleurs naturelles (Figure 2.1.7) par traitement numérique, par interprétation des images et en se référant aux cartes d'occupation des sols existantes. L'image Landsat en question se trouve en Figure 2.1.8.

Les terres cultivées, y compris les jachères, n'occupent que 210 km², soit 0,5% seulement de la zone totale. La couverture végétale varie selon le relief. Presque 70% de la plaine littorale est couverte de forêts, ce qui offre de bonnes conditions pour la recharge des eaux souterraines. D'autre part, les forêts situées entre Andranomèna et Marofandilia sont gérées par un groupe de volontaires américains depuis 1983 et constitue une réserve forestière qui protège les ressources en eau.

Les collines au centre de la Zone d'étude sont couvertes de prairie avec parfois quelques bois épars. Ce type de végétation occupe plus de 80% de la région, mais on trouve sporadiquement de petites forêts près des rivières.

A l'Est, les montagnes sont essentiellement couvertes de prairie ou de terrains nus dont la capacité de rétention des eaux est moindre, si bien que le ruissellement direct des eaux de pluies est plus important et provoque des inondations en aval tandis que la recharge des nappes souterraines est faible. On trouve des forêts seulement le long des cours d'eau.

La classification de la végétation a été établie comme suit par classement automatique à partir de l'image en couleurs naturelles.

Tableau 2.1.3 Couverture végétale (occupation du sol) de la Zone d'étude

Occupation du sol	Superficie (km ²)	Portion (%)
Forêt dense	4.572	11,7
Forêt clairsemée	4.412	11,3
Mangrove	352	0,9
Arbustes et herbages	15.560	39,7
Prairie	12.604	32,9
Rizières	166	0,4
Champs cultivés et jachères	36	0,1
Plantations	13	(0,03)
Terrains nus	920	2,3
Marais	170	0,4
Plans d'eau	374	1,0
Zone impossible à interpréter (nuages)	4	(0)
TOTAL	39.183 km²	

Températures maximales et minimales

	JAN.	FEB.	MAR.	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	Moyenne
Morondava max.	31.90	31.80	32.20	31.80	30.40	29.00	28.70	29.10	29.70	30.70	31.60	31.90	30.73
Morondava min.	23.40	23.20	22.60	20.50	17.00	14.50	14.30	15.30	17.60	20.10	21.60	22.90	19.42
Morombe max.	31.70	31.60	32.00	30.90	29.30	27.60	27.50	28.10	28.80	29.70	30.60	31.20	29.92
Morombe min.	22.90	22.90	21.80	19.70	16.50	14.20	14.00	14.60	16.20	18.50	20.20	22.10	18.63
Mahabo max.	33.97	33.38	34.30	33.94	33.15	30.97	32.04	33.32	34.72	35.94	36.46	35.42	33.97
Mahabo min.	22.33	22.32	21.75	19.36	16.20	13.05	13.00	13.90	15.86	18.79	20.58	21.61	18.23
Manja max.	33.80	33.96	33.50	35.00	32.57	31.30	30.73	31.58	33.33	34.84	35.36	34.20	33.35
Manja min.	21.63	21.55	20.02	20.13	15.57	13.90	14.43	15.20	16.77	18.43	19.66	19.68	18.08
Beroroha max.	33.80	34.58	34.96	34.30	31.30	29.57	30.06	31.63	34.18	35.90	35.88	35.30	33.46
Beroroha min.	22.10	22.20	21.18	19.43	14.78	12.80	12.23	13.53	17.85	19.25	20.70	20.70	18.06
Miandrivazo max.	35.01	34.05	34.56	33.99	32.55	31.26	31.02	33.30	35.41	37.79	36.69	35.20	34.24
Miandrivazo min.	20.90	22.21	21.49	20.99	18.07	15.76	14.96	16.38	18.23	20.33	20.19	21.08	19.22

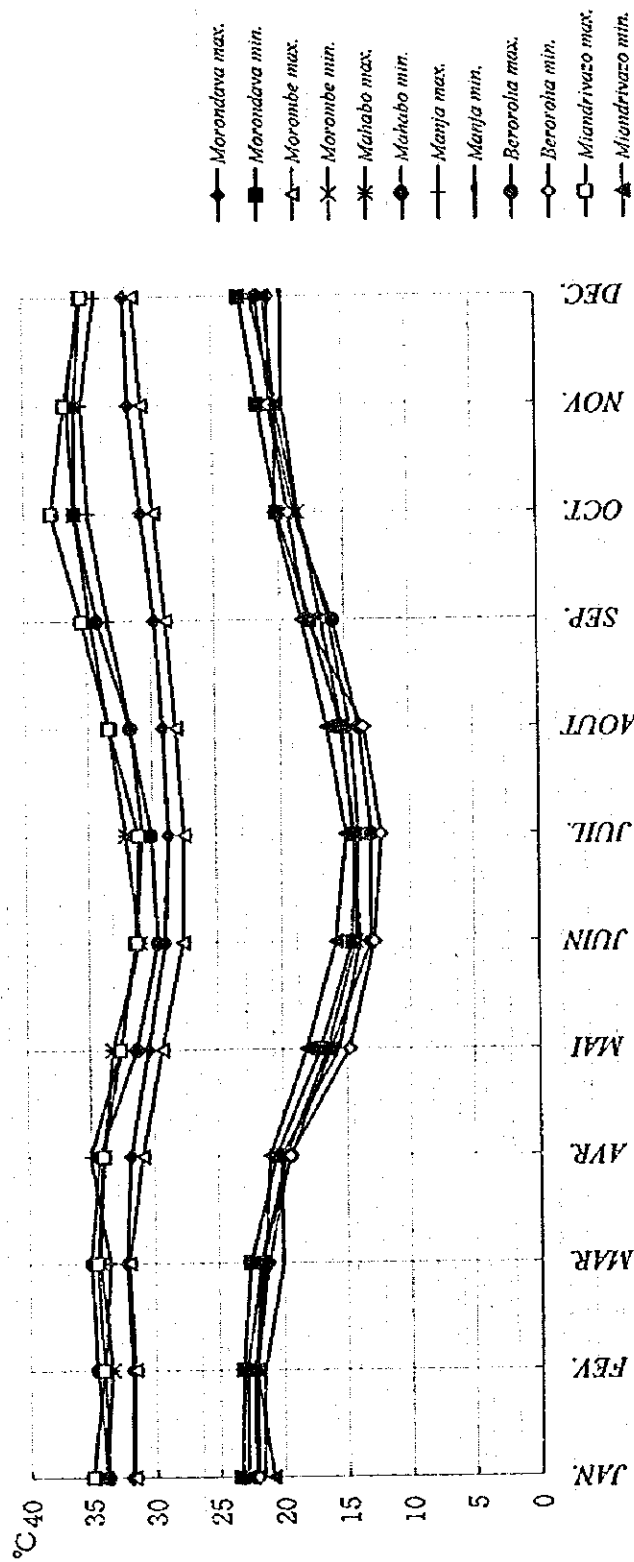


Fig. 2.1.1 Températures mensuelles max. et min.

Station : MORONDAVA Latitude : 20° 17' S Longitude : 41° 19' E Altitude : 7m

ANNEES	ITEK	UNITE	JAN.	FEB.	MAR.	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1961-90	PLUIES	(mm)	241.6	200.2	89.5	14.8	11.4	2.4	2.3	2.2	3.6	11.9	20.6	163.3
	TEMP.	Max.	31.9	31.8	32.2	31.8	30.4	29.0	28.7	29.1	29.7	30.7	31.6	31.9
		Min.	23.4	23.2	22.6	20.5	17.0	14.5	14.3	15.3	17.6	20.1	21.6	22.9
		Ave.	27.6	27.5	27.4	26.1	23.7	21.7	21.5	22.2	23.6	25.4	26.6	27.4
	HUM.	(%)	80.0	82.0	81.0	79.0	77.0	74.0	74.0	74.0	76.0	76.0	75.0	78.0
	SOLEIL. (h & 1/10h)		267.9	239.9	286.6	288.4	301.2	287.5	295.7	308.5	296.5	320.3	315.1	282.0
	(h & 24h/M)		8.9	8.6	9.2	9.6	9.7	9.6	9.5	10.0	9.9	10.3	10.5	9.1
	EVAP.	(mm/M)	143.7	143.7	139.5	124.8	90.0	63.9	64.7	74.9	92.5	127.1	135.0	139.5

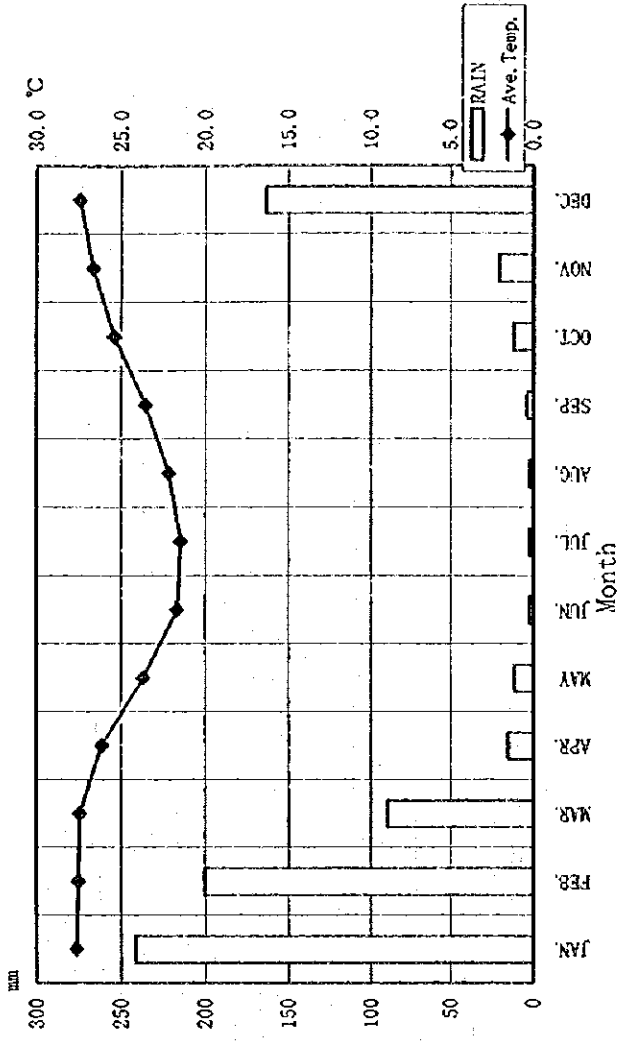
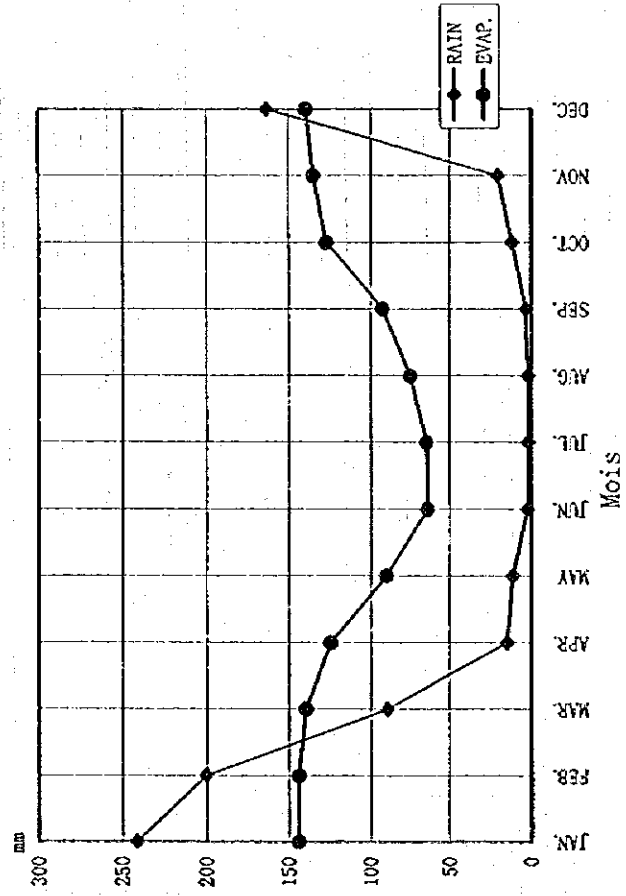


Fig. 2.1.2 Conditions climatiques générales (Morondava)

Station : MOROMBE Latitude : 20° 45' S Longitude : 43° 22' E Altitude : 4m

ANNEES	JAN.	FEB.	MAR.	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1961-90 UNITE	119.4	128.7	51.7	9.9	11.6	4.3	2.0	2.8	2.6	12.6	18.8	108.8
1961-90 PLUIES (mm)												
TEMP. Max.	31.7	31.6	32.0	30.9	29.3	27.6	27.5	28.1	28.8	29.7	30.6	31.2
Min.	22.9	22.9	21.8	19.7	16.5	14.2	14.0	14.6	16.2	18.5	20.2	22.1
Ave.	26.8	27.2	26.9	25.3	22.9	20.9	20.7	21.4	22.5	24.1	25.4	26.6
HUM. (%)	80.0	81.0	78.0	77.0	76.0	75.0	74.0	74.0	76.0	76.0	77.0	80.0
SOLEIL. (h & l/10h)	292.9	254.8	299.6	292.5	303.9	289.6	298.3	316.5	306.6	317.8	319.7	297.7
(h & 24h/M)	9.5	9.1	9.7	9.8	9.8	9.7	9.6	10.2	10.2	10.3	10.7	9.6
EVAP. (mm/M)	135.0	139.5	135.0	114.3	83.5	59.9	60.8	70.1	82.4	109.7	130.0	135.0

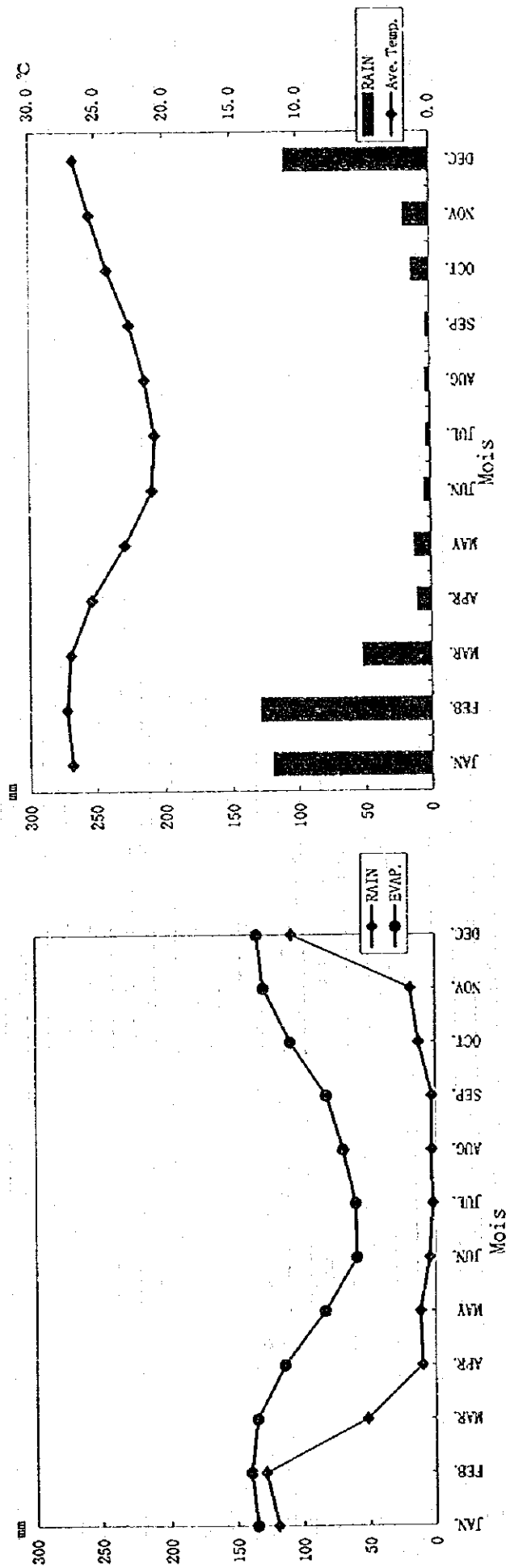


Fig. 2.1.3 Conditions climatiques générales (Morombe)

Fig. 2.1.4 Classification stratigraphique

Geological Time		Geological Map		1/1,000,000		1/500,000		1/250,000		
		Madagascar (1965)		Morondava (1969)		Ampanihy (1970)		Phase I Study (1991)		
Quaternary	Alluvium		a, d	a, d ¹	a, d ¹	a	d			
	Pleistocene		ac, d ¹	ac, d ²	ac, cc, d ² , d ³	f				
Tertiary	Neogene	Pliocene	n ¹	P ¹	N ¹	N	N ¹			
		Miocene	m	m	m					
	Paleogene	Oligocene								
		Eocene	Ludian	e		e ²	e ³	Emtu		
			Ledian							
			Lutetian			e ¹	e ²	El		
Ypresian										
Paleocene					e ¹					
Mesozoic	Cretaceous	Upper	Maestrichtian			C ⁹⁻⁸	C ⁹⁻⁸			
			Campanian	C ²				Cu		
			Santonian			C ⁷				
			Coniacian							
		Lower	Turonian				C ⁷⁻³			
			Cenomanian	C ¹		C ⁶⁻³		Cm+I		
			Albian							
			Aptian			C ¹				
	Neocomian				C _v					
	Jurassic	Upper	Tithonian	J ³		J ³⁻⁵	J ³	Ju		
			Kimmeridgian							
			Oxfordian	I _{III} ^Δ		J ⁴⁻²	J ⁴			
		Middle	Callovian	J ²		J ¹	J ¹	Jm		
			Bathonian			J _{I-II}	I _{III}	J _{I-IV}	I _{III} ^Δ	
			Bajocian			J _{III-IV}	I _{III}			
		Lower	Aalenian	(j ¹)	I _{II} ^Δ	I _{II}	I _{II}	I _{II} ^Δ		
			Lias			I _I	I _I	I _I ^Δ		
	Triassic									
Palaeozoic	Permian		K ²	(Sakamena G.)	(Sakamena G.)	PJu				
	Carboniferous		K ^{1*}	(Sakoa G.)	(Sakoa G.)	PJI				
Igneous rock (Basalt)	Post Eocene		β ²	β ³	β ³	β ²				
	Pre Eocene		β ¹	β ¹ · β ²	β ¹ · β ²	β ¹				

(Isalo Group)

* Continental facies sediments
 Δ Mixed facies sediments

I. MANJA		II. MORONDAVA			
1 Andranopasy I	25 Befasy	51 Lavaravy Tsimaliha	77 Ambinda	102 Anaialotra	
2 Andranopasy II	26 Antevamena	52 Antsakamirohaka	78 Sarodrano	103 Ankilizato	
3 Antaly	27 Mitsitiky	53 Androvakely	79 Ambonio	104 Wandabe	
4 Darike	28 Andranovorisosotra	54 Androvabe	80 Analalava	105 Beronono	
5 Befamanty	29 Ankitatamahavelo	55 Ampananiha	81 Walandirano	106 Walaimbandy	
6 Ambatobe	30 Bekininy Soarano	56 Antseranambondro	82 Marofendiliha	107 Ampanotokana	
7 Nositonga	31 Beleo	57 Tanambao	83 Ampataka	108 Tsinazava	
8 Nosibe	32 Anadabo	58 Bemanonga	84 Bosy		
9 Ankoba	33 Misokotsa	59 Marovoay	85 Kivalo	Y. BELO SUR TSIRIBIHINA	
10 Antseranandaka-Nord	34 Croisement Besetroka	60 Tandrokasy	86 Ampitike	109 Tsianaloka	
11 Tsaramandroso	35 Amanga	61 Bekonazy	87 Ambato-Andrano	110 Kiboy	
12 Songary	36 Namakia	62 Bevoliengo	88 Andrahangy	111 Croisement Antsoha	
13 Piste de Bedo	37 Voloe	63 Kimony	89 Ankarabato	112 Tsiaafana	
14 Tanambahiny	38 Benasy	64 Andranomena-Atsiwo	90 Tanambao Fe	113 Mananjaky	
15 Miary	39 Antsamake	65 Tanandava	91 Andranolava		
16 Ambivy I	40 Manomentinay	66 Croisement Belo sur Tsiribibina	92 Betsiriry	W. MIANDRIVAZO	
17 Ambivy II	41 Farateny	67 Analaiva	93 Beroboka Sud	114 Ambatolahy	
18 Ambahia	42 Ianadabo	68 Betsipotika		115 Ankotrofotsy	
19 Besatrohaka	43 Andrananja	69 Amboloando	IV. MAHABO		
20 Marolafika	44 Belo sur Mer	70 Ampandra	94 Ankilivalo		
I. BERORONA	45 Ankillifolo	71 Besonjo	95 Ambohibary		
21 Ambalavato Nord	46 Marofihitsa	72 Antevamena I	96 Bevoay		
22 Andranomena	47 Ambararata	73 Belobaka	97 Bezezika		
23 Marerano	48 Ankevo	74 Tsinjorano	98 Tanandava I		
24 Ambondrobe	49 Ambivy	75 Betsinefo	99 Ankilimida		
	50 Bevantaza	76 Laijoby	100 Ampanihy		
			101 Benato		

A — A' Profil géologique (Geologic cross section)
 I — I' Profil hydrogéologique (Hydrogeologic cross section)
 ⊙ Site ayant fait l'objet de forage d'essai en 1995
 Site of test drilling carried out in 1995

- qh Holocene qp Pleistocene
- n Neogene (Pliocene-Miocene)
- e Eocene
- c' Upper Cretaceous c' Lower Cretaceous
- j' Upper Jurassic
- j' Middle Jurassic
- I_{III} Upper Isalo Group
- I_{II} Middle Isalo Group
- I_I Lower Isalo Group
- Substratum (Anté-Jurassique)
Basement Complex (per-Jurassic)

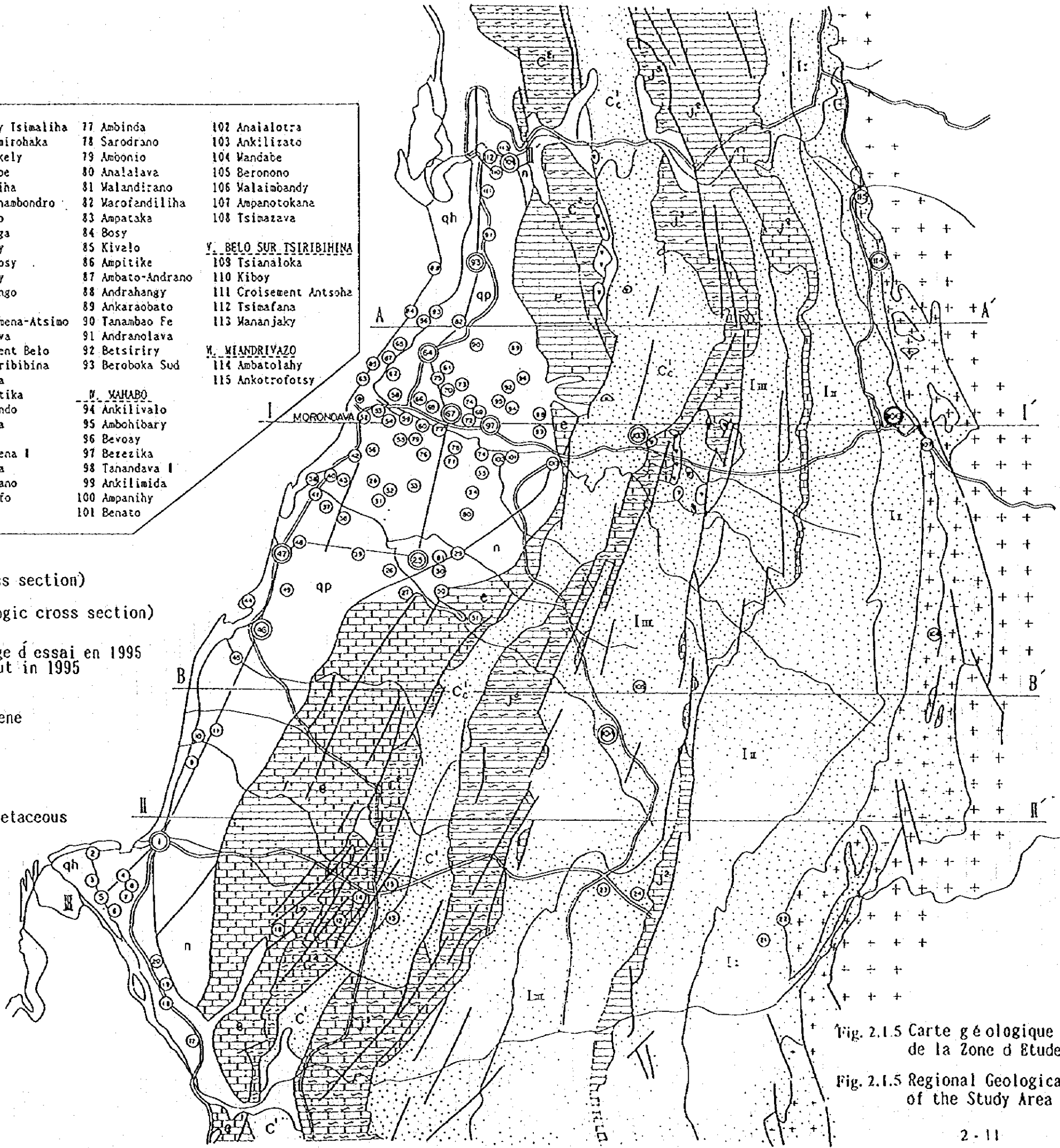
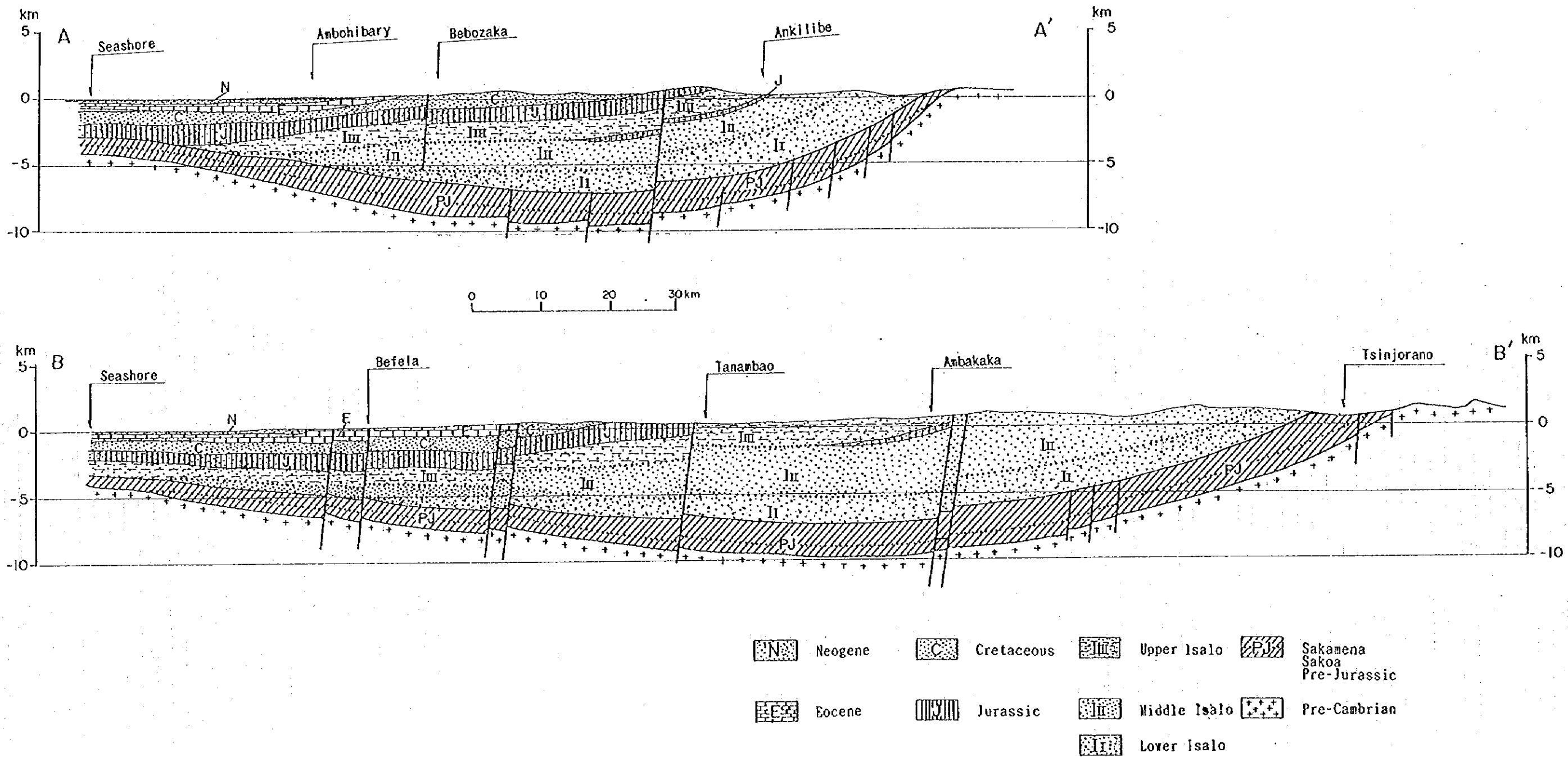


Fig. 2.1.5 Carte géologique régionale de la Zone d'Etude
 Fig. 2.1.5 Regional Geological Map of the Study Area



After "Géologie de Madagascar" (partially modified)

Fig. 2.1.6 COUPE GEOLOGIQUE TRANSVERSALE REGIONALE
REGIONAL GEOLOGICAL CROSS SECTION

Image en naturel couleurs
Natural Color Image

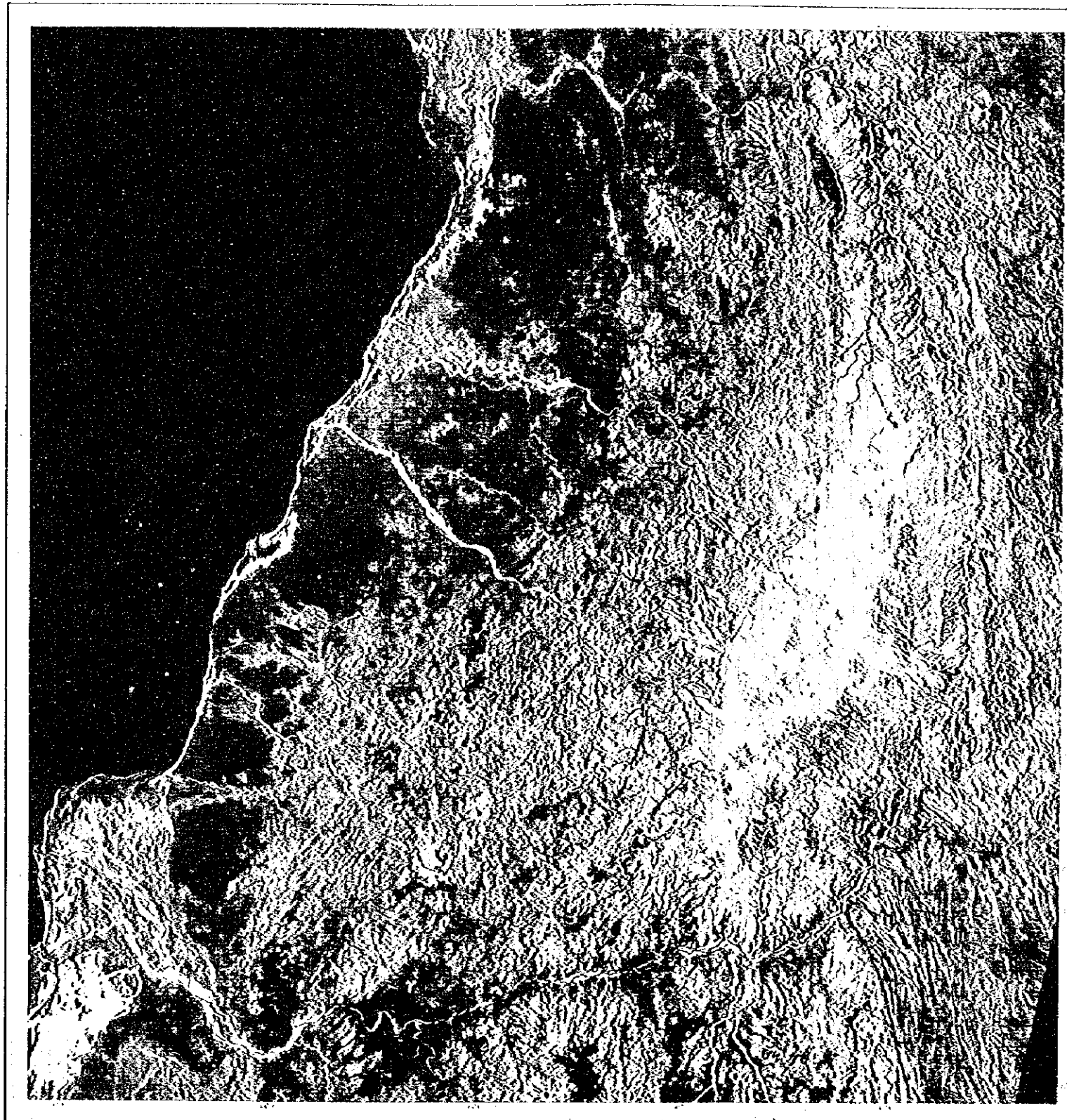


Fig.2.1.7 *Image en naturel couleurs*
Natural Color Image

Image d'utilisation des terrains Land Use Image



Légende Legend

	Forêt dense Dense Forest
	Forêt clairsemée Thin Forest
	Mangrove Mangrove Forest
	Bustes et herbes Bush and Grass
	Terrain herbeux Grassland
	Rizières Paddy field
	Champ (avec jachères) Farmland (including fallow)
	Plantation Plantation
	Terrain nu Barrenland
	Marais Swamp
	Plans d'eau Water bodies
	Nuages Cloud
	Ombre de nuage Shadow of cloud

Fig.2.1.8 Image d'utilisation des terrains
Land Use Image

2.2 Situation socio-économique dans la Zone d'étude

2.2.1 Découpage administratif des autorités locales

Conformément à la politique nationale de décentralisation, un nouveau système de circonscriptions administratives locales a été mis en vigueur à Madagascar. Le Fivondronana, circonscription de taille moyenne, reste tel quel mais change de nom pour s'appeler désormais Departenianta, tandis que l'ex-Faritany, la région, qui est la division administrative la plus importante, a été subdivisée en plusieurs Faritany et que les Kaominina (Communes) regroupent plusieurs Firaisana, une unité administrative plus petite. Quant aux Fokontany (villages), la circonscription administrative de base, ils ont été abolis, tout du moins en ce qui concerne l'administration officielle. Les six anciens Faritany (Antananarivo, Antsiranana, Mahajanga, Toamasina, Fianarantsoa et Toliara) ont subi une nouvelle découpe en 29 nouveaux Faritany ou Régions. Les anciennes et les nouvelles circonscriptions administratives sont respectivement présentées dans les Figures 2.2.1 et 2.2.2.

Avec ce nouveau système administratif, la couverture administrative sous laquelle se trouve placée la Zone faisant l'objet de l'Etude a légèrement changé. Ainsi, la Zone d'étude qui est délimitée au nord par le fleuve Tsiribihina et au sud par le fleuve Mangoky relève maintenant de deux régions (Menabe et Atsimo-Andrefana) au lieu de l'ex-Faritany de Toliara. Elle inclue la région Menabe qui comprend cinq départements (Morondava, Manja, Mahabo, Belo-Tsiribihina et Miandrivazo) et 46 Kaominina ainsi qu'une partie de la région Atsimo-Andrefana c'est-à-dire le département de Beroboaha et 4 Kaominina. Le nouveau découpage administratif de la Zone d'étude est présenté en détail dans le Tableau 2.2.1. les Figures 2.2.3 et 2.2.4 permettent de comparer les anciennes et les nouvelles circonscriptions administratives des Départements.

Bien que le nouveau système administratif local de décentralisation ait été mis en place, les villages restent les communautés les plus petites placées sous l'autorité de présidents officieusement désignés, même s'ils n'existent plus officiellement. Ce qui signifie que l'exploitation des eaux souterraines sera projetée en s'appuyant sur les unités de base que constituent les villages.

2.2.2 Population

Selon le recensement de 1993, la population de la Zone d'étude est estimée à 298.948 habitants et sa répartition est indiquée dans le tableau ci-dessous. Cependant, comme une partie des départements de Belo-Tsiribihina (40%) et de Miandrivazo (65%) au nord du fleuve Tsiribihina n'est pas intégrée dans la Zone d'étude, on estime que la population englobée par la Zone d'étude est de 242.842 habitants (1992).

La densité de cette population est d'environ 6,23 habitants au km². D'après les estimations faites par la Banque Mondiale, le taux de croissance de la population malgache est de 3,03% par an (1990), et sera vraisemblablement de 3,21% par an en l'an 2000. On observe pourtant qu'il est plus élevé en milieu urbain qu'en milieu rural où le taux de croissance démographique se situe entre 2,5% et 3,0%. En s'appuyant sur ces données, on peut estimer qu'en 1996 la population totale de la Zone d'étude est d'environ 273.300 habitants en tenant compte du taux de croissance démographique de 3,0% pendant 4 ans de 1992 à 1996.

Population dans la Zone d'étude en 1992

Nom des départements	Hommes	Femmes	Total
Morondava	29.500	29.751	59.251
Mahabo	33.427	32.375	65.802
Belo-Tsiribihina	19.376 (11.626)	19.405 (11.643)	38.781 (23.269)
Miandrivazo	31.728 (11.105)	30.725 (10.754)	62.453 (21.859)
Manja	21.748	21.735	43.483
Beroroha	14.841	14.337	29.178
Total	150.620 (122.247)	148.328 (120.595)	298.948 (242.842)

Source: Recensement 1993

Note: Les chiffres entre parenthèses sont des estimations de la population corrigées en tenant compte de la superficie que la Zone d'étude occupe dans chaque département considéré, pour établir une répartition proportionnelle de la population.

2.2.3 Caractéristiques économiques régionales

L'agriculture est la principale industrie de la Zone d'étude, excepté sur certaines côtes, et le revenu en espèces des habitants provient essentiellement de l'agriculture. On estime que la moitié de la production agricole est consommée par les ménages et que le reste est vendu à des négociants locaux. Cependant, la commercialisation des produits agricoles ainsi que leur transport, surtout par charrette, sont peu développés. Les grossistes qui ont de meilleurs moyens de transport approchent directement les producteurs et les exploitent en leur proposant des prix bas. Les agriculteurs de cette région gagnent donc forcément de petits revenus en espèces.

Malgré la présence d'agro-industries telles que la raffinerie de sucre de Betsipotsika, la distillerie de rhum de Bezezika, la fabrique de tabac de Malaimbandy et les marais salants

de Belo-sur-mer qui emploient des ouvriers salariés, leur nombre est limité par rapport à l'économie totale de la région.

Les activités de pêche prospèrent dans certains villages et sur la côte. Cependant, les prises ne sont vendues que sur les marchés locaux et ne peuvent être transportées sur les grands marchés d'Antananarivo ou autre car il n'y a aucun équipement de stockage par congélation.

Avec leurs plages tropicales et leurs paysages magnifiques, les côtes de Morondava et de Belo-sur-mer attirent un nombre considérable de touristes. Mais les opportunités professionnelles se limitent à quelques zones spécifiques.

C'est pourquoi la Zone d'étude reste l'une des plus pauvres de Madagascar. Selon les données les plus récentes, le Produit Intérieur Brut par personne est estimé à 523.300 FMG (1993) ce qui équivaut à peu près à 133,1 US\$ par personne au taux de change actuel. Cependant, l'enquête socio-économique du Chapitre 6 révèle que le revenu en espèces annuel par famille dans la Zone d'étude est estimé à 587.800 FMG. Les chiffres indiquent que lorsque la production agricole destinée à la consommation domestique est également comptée comme revenu non numéraire, le revenu annuel par ménage est de 1.175.600 FMG. Par conséquent, la production annuelle par personne est estimée à 195.900 FMG dans la Zone d'étude, ce qui est très bas comparé à la moyenne nationale.

2.2.4 Infrastructures

Le réseau routier reste insuffisant; de plus, l'état des routes s'est dégradé au cours de la dernière décennie, et aussi à cause des dommages infligés par le cyclone Geralda en 1994. Ainsi, de nombreuses pistes ou chemins agricoles sont impraticables pendant la saison des pluies. A cause de la montée des eaux des rivières, Morondava et Manja deviennent inaccessibles pendant la saison des pluies.

Le réseau de télécommunications est également limité; les communications par téléphone entre la Zone d'étude et Antananarivo sont très difficiles (lignes insuffisantes). Cela entrave les activités économiques de la région. En cas d'urgence, on peut envoyer un appel radio à partir des postes de police ou des agences gouvernementales locales.

La JIRAMA (société d'état pour l'alimentation en électricité et en eau) est chargée de la desserte en eau et en électricité dans les grands centres urbains tels que Morondava, Mahabo, Manja, etc.. Mais les zones rurales ne sont pas desservies en électricité sauf les villages situés aux alentours de Morondava.

2.2.5 Ethnies et religions

Les ancêtres du peuple malgache sont malais et africains. Ces ancêtres ont traversé l'Océan Indien et mélangèrent leur sang avec celui des Africains vivant sur les côtes. Bien que la langue malgache contienne de nombreux termes d'origine africaine, c'est une langue d'origine Malaiso-indonésienne. On distingue généralement 18 groupes ethniques à Madagascar. Dans la Zone d'étude, la principale ethnie est celle des Sakalava, suivie de celle des Antandroy, des Betsileo, des Antaisaka, des Bara, des Vezo, des Mahafany et des Antanosy. Les villages sont en majorité formés d'un seul groupe ethnique; dans quelques villages, plusieurs ethnies coexistent.

Les religions traditionnelles prévalent chez les Sakalava et les Antandroy; les autres groupes ethniques suivent surtout la religion chrétienne, catholique ou protestante.

2.2.6 Education

Bien que la scolarisation des enfants en école primaire soit très répandue dans les villes malgaches et que le taux d'alphabétisation des adultes en ville soit de 80% environ selon l'UNICEF, les habitants de la Zone d'étude restent peu scolarisés sauf dans les villes importantes comme Morondava. Le recensement de 1993 indique que le taux d'alphabétisation des adultes et celui de la scolarisation des enfants en école primaire sont en moyenne de 26,8% et de 42,8% seulement dans la Zone d'étude (voir le tableau ci-dessous). En effet, l'accès à l'école primaire est difficile; les enfants constituent de plus une main d'oeuvre importante en agriculture et doivent donc souvent rester chez eux.

**Taux d'alphabétisation des adultes
et d'inscription à l'école primaire dans la Zone d'étude**

Nom du Département	Taux d'alphabétisation des adultes (%)	Taux d'inscription à l'école primaire (%)
Morondava	50,1	61,9
Mahabo	20,2	36,6
Belo Tsiribihina	29,5	48,8
Miandrivazo	19,7	39,8
Manja	16,3	29,1
Beroboaha	21,6	36,6
Total	26,8	42,8

Source: Recensement 1993

2.2.7 Activités des femmes

Comme c'est souvent le cas dans les sociétés traditionnelles des pays en voie de développement, le statut des femmes dans la Zone d'étude est relativement bas comparé à celui des femmes en zones urbaines. Elles sont rarement choisies pour diriger un village; elles sont chargées de la corvée d'eau. Malgré l'existence des associations villageoises des femmes, elles ne sont pas tellement actives.

2.2.8 Assainissement du milieu et santé

Les infrastructures sanitaires ne sont pas assez développées à Madagascar, les maladies et la mortalité sont typiques des pays qui sont aux premiers stades de transition épidémiologique.

Dans la région de Morondava, les habitants des villes et de certains villages importants ont accès aux hôpitaux publics. Il existe aussi un certain nombre de centres ou postes de santé dont le responsable n'est pas un médecin mais un petit nombre d'infirmiers. Les maladies d'origine hydrique (diarrhées) sont des maladies prédominantes dans la Zone d'étude car la qualité de l'eau n'est pas bonne et les pratiques d'hygiène fondamentales, telles que faire bouillir l'eau avant de la boire, ne sont pas assez enseignées.

**Tableau 2.2.1 Comparaison entre les anciennes
et les nouvelles circonscriptions administratives**

Table 2.2.1 Comparison between Old and New Administrative Units

A. Faritany Menabe		
Departemanta	Kaominina	Firaisana ao anatin'ny
Morondava	CU Morondava Analaiva Befatsy Bemanonga Belo-Amorondriaka	Morondava, Analaiva Befatsy, Lavaravy-Tsiamalika Bemanonga, Androvabe, Marofandili Belo Amorondriaka, Manomelimay.
Manja	Manja Beharona Ankiliabo Andranopasy Soaserana Anosibe-Sakalava	Manja Beharona Ankiliabo Andranopasy Soaserana Anosibe-Sakalava
Mahabo	CU Mahabo Ankilivalo Ampanihy Analamitsivalana Befotaka Ankilizato Mandabe Beronono Malaimbandy Tsimazava	Mahabo Ankilivalo Ampanihy Analamitsivalana Befotaka Ankilizato Mandabe Beronono Malaimbandy Tsimazava
Belo-Tsiribihina	CU Belo-Tsiribihina Tsimafana Tsaraotana Masoarivo Ankiorokoa Manambolo/Andimaky Ankalalobe Ambiky/Ankalalobe Berevo Belinta-Soaserana Beroboka Ambolimena Bemarivo/Ankirondro Antsoha	Belo Tsimafana Tsaraotana Masoarivo Ankiorokaa Manambolo-Andimaky Ankalalobe Ambiky-Anakalalobe Berevo Belinta-Soaserana Beroboka Ambolimena Bemarivo-Ankirondro Antsoha
Miandrivazo	CU Miandrivazo Bemahatazana Ampanihy Anosimena Isalo Belolo Ankotrofotsy Ambatolahy Soaserana Anteramena Manandaza Manambina	Miandrivazo Bemahatazana Ampanihy Anosimena Isalo, Analambidy Belolo Ankotrofotsy Ambatolahy Soaserana-Anteramena Manandaza Manambina
B. Faritany SUD-OUEST		
Beroroaha	CU Beroroaha Fanjakana Behitsatsy Marerano	Beroroaha Fanjakana Behitsatsy Marerano

Figure 2.2.1 Anciennes circonscriptions administratives de Madagascar

Figure 2-2-1 Old Administrative Unit of Madagascar

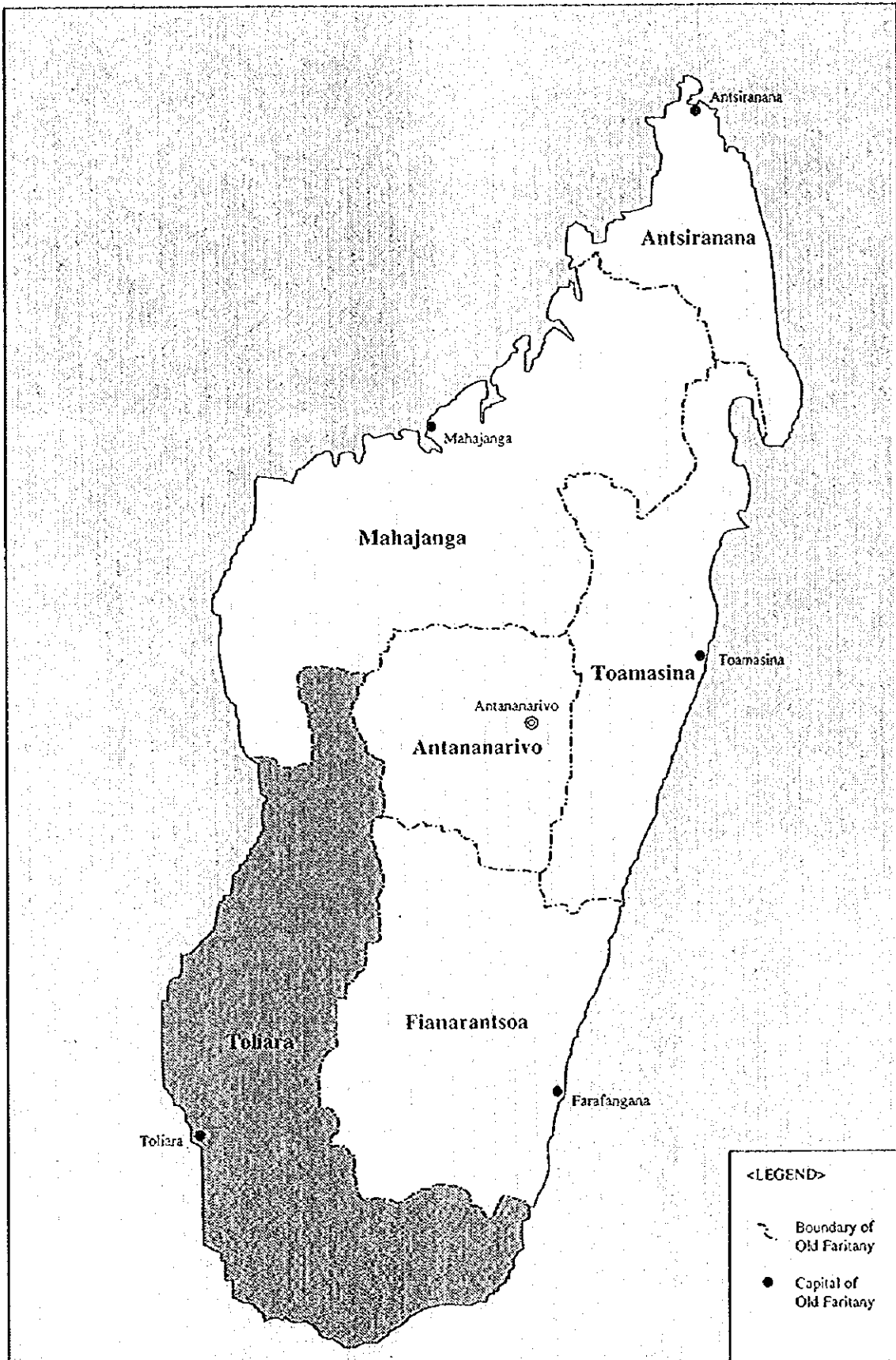


Figure 2.2.2 Nouvelles circonscriptions administratives de Madagascar
 Figure 2-2-2 New Administrative Unit of Madagascar

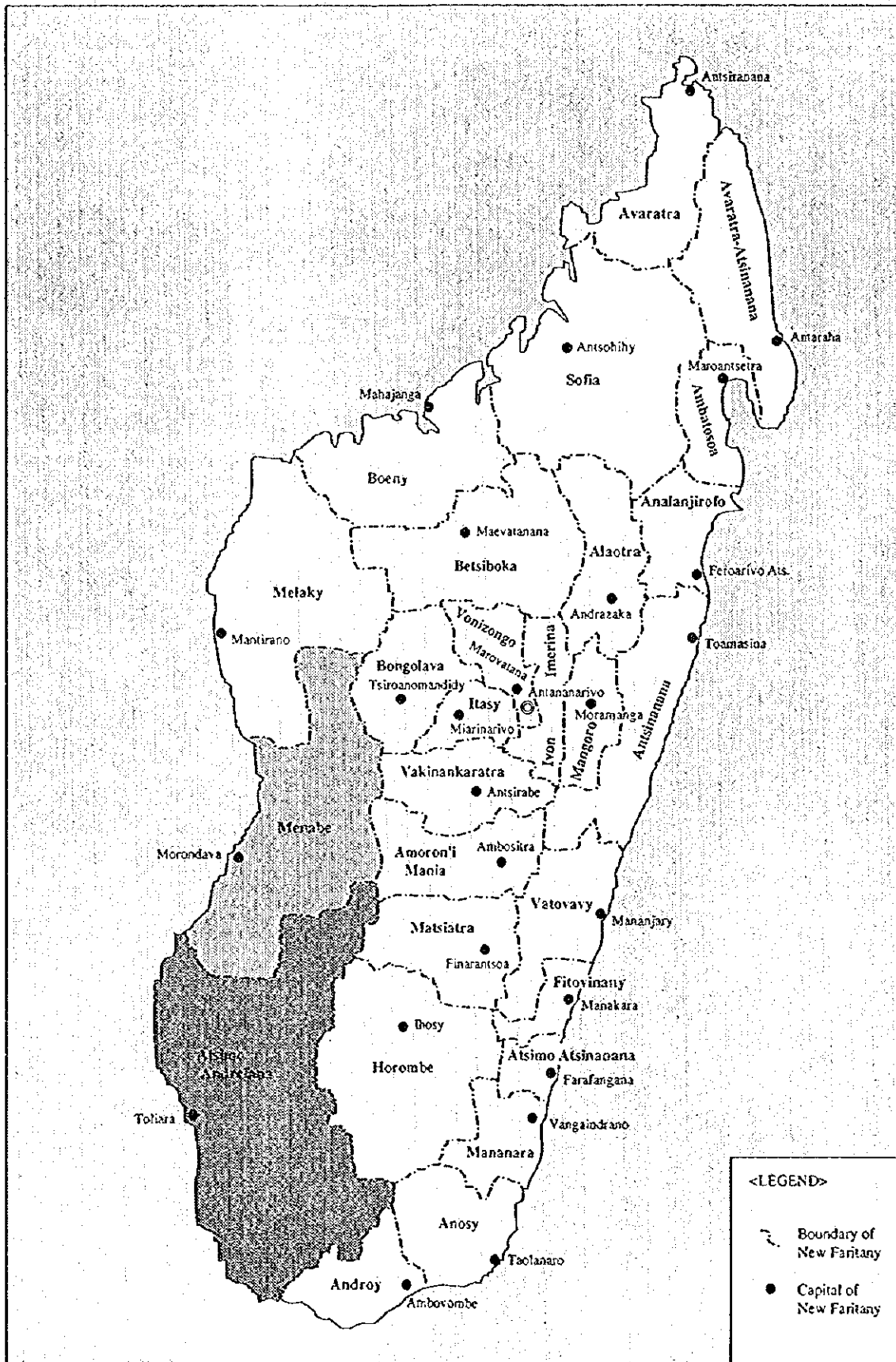


Figure 2.2.3 Anciennes circonscriptions administratives de la Zone d'étude
 Figure 2-2-3 Old Administrative Unit of the Study Area

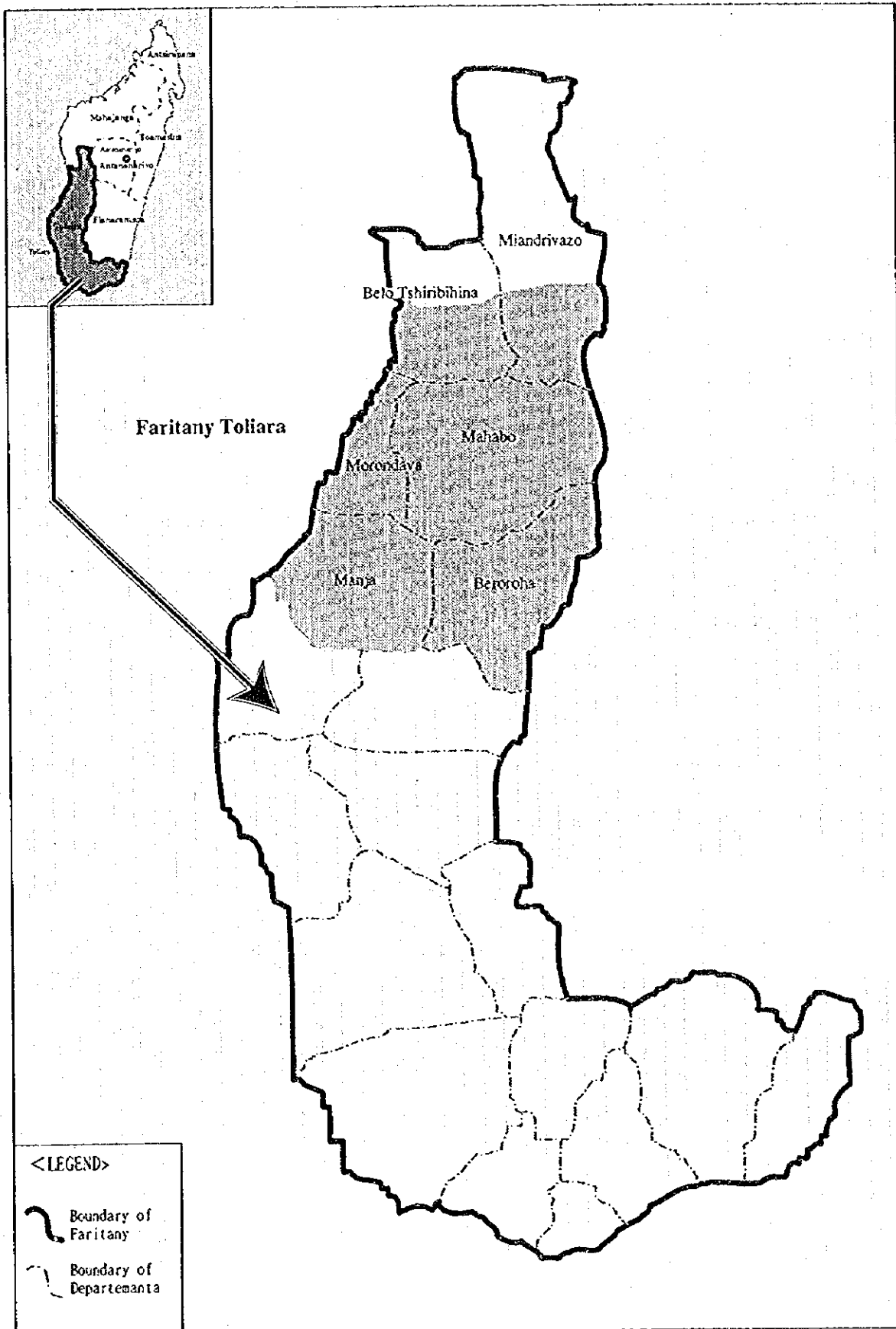
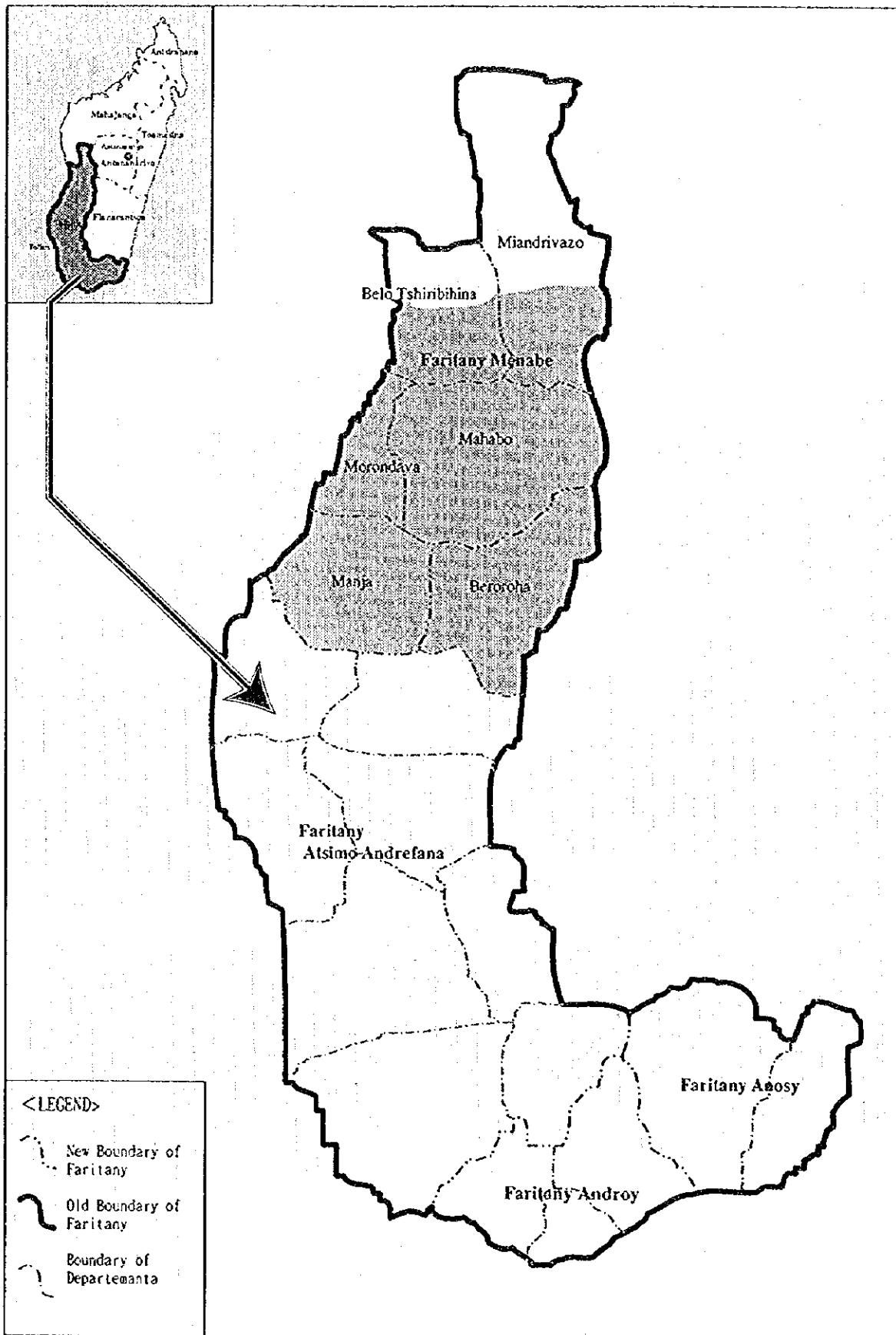


Figure 2.2.4 Nouvelles circonscriptions administratives de la Zone d'étude
Figure 2-2-4 New Administrative Unit of the Study Area



3. SECTEUR DE L'ALIMENTATION EN EAU

3.1 Stratégie nationale pour la desserte en eau

A Madagascar, la stratégie nationale en matière d'approvisionnement en eau est formulée par le Comité de l'Eau et de l'Assainissement (CNEA), placé sous la tutelle du Ministère chargé du plan et chargé de la coordination, de l'orientation et du suivi de toutes les activités relatives au secteur de l'eau et de l'assainissement. C'est notamment le CNEA par le biais d'une cellule restreinte qui est à l'origine de l'élaboration de la *Stratégie sectorielle et Plan d'action (SSPA)* pour l'eau et l'assainissement, document approuvé par le Gouvernement en mai 1995, et qui stipule le caractère hautement prioritaire de l'eau et de l'assainissement.

3.1.1 Les objectifs sur le plan global (horizon 2010)

Obtenir un gain de 50% du taux de desserte en eau et de 35% pour l'assainissement. Pour ce, les objectifs seront de:

- Renforcer la contribution du secteur à l'amélioration de la santé publique:
 - . en fournissant l'eau en quantité et en qualité suffisante/satisfaisante
 - . en améliorant l'hygiène du milieu
- Renforcer la contribution du secteur dans le processus de développement économique et social:
 - . en impliquant davantage les ONG et le secteur privé
 - . en améliorant le processus de coordination et de suivi du secteur
 - . en assurant la maîtrise de l'eau pour la protection de l'environnement

3.1.2 Les objectifs sur le plan opérationnel

- *A moyen terme (2005-2010):*

En milieu urbain: Doter les localités non encore desservies d'installations d'adduction d'eau et rehausser le taux de desserte actuel en assainissement à 60%.

En milieu rural: Relever le niveau de desserte en eau actuel à 50% et celui de l'assainissement à 30%.

- *A court terme (1997-2000):*

En milieu urbain: Face à la concentration urbaine de plus en plus pressante, assurer la protection des ressources en eau et la sauvegarde de l'environnement.

En milieu rural: Mettre à la disposition de la population une eau de qualité.

- *Dans l'immédiat (1995-1997): Réunir les conditions de mise en place des différentes réformes envisagées dans le cadre de la SSPA, C'est-à-dire:*

- Redéfinir les rôles et les attributions des différents intervenants;
- Stimuler le dynamisme et l'initiative nationale (compétences et savoir-faire nationaux);
- Encourager la participation communautaire à tous les niveaux du développement et du secteur.

3.2 Organisation de la mise en oeuvre de la politique et de la stratégie

3.2.1 Organisation autour des ministères-clés

Pour une meilleure coordination technique des interventions au niveau du secteur, il y a lieu d'organiser la mise en oeuvre de la stratégie sectorielle avec la participation des ministères-clés afin de mener ces actions de façon systématique et dans la coopération. La SSPA sera mise en oeuvre:

- autour du Ministère chargé de l'eau (en l'occurrence le Ministère de l'Energie et des Mines) qui assurera à travers sa Direction de l'Eau le leadership du sous-secteur Eau et secondé par le Ministère chargé du développement rural, tous les intervenants du sous-secteur, qu'ils soient du secteur public ou du secteur extra-étatique (secteur privé et ONG). Le Ministère responsable sera l'interlocuteur technique des différents intervenants et sera chargé d'organiser le processus de mise en oeuvre de la politique et de la stratégie pour le sous-secteur.

- autour du Ministère chargé du développement urbain par le biais de sa Direction chargée de l'Urbanisme qui assurera le leadership du sous-secteur de l'assainissement, secondé par le Ministère chargé de la Santé, les intervenants actuels et futurs au niveau de ce sous-secteur.

3.2.2 Les intervenants actuels au niveau du secteur

Autour du CNEA opèrent:

- d'une part, les départements ministériels et entités décentralisées ayant une responsabilité dans le secteur, à savoir:

- les départements chargés:

- du Plan
- des Finances
- de l'Intérieur et de la Décentralisation
- de l'Energie et de l'Eau
- de l'Agriculture et du Développement rural
- de la Météorologie et de l'Hydrologie
- des Travaux Publics et du Développement Urbain
- de la Santé
- de la Population
- de la Recherche
- de l'Environnement, et

- les collectivités décentralisées

- et d'autre part, les organismes publics ci-après:

- JIRAMA,
- Operation Alimentation en Eau dans le Sud (OAES)

- Opération Microréalisation
- Opération Microhydraulique
- Office National de l'Environnement (ONE)
- Centre National de Recherche pour l'Environnement (CNRE)

A côté de ces organismes publics interviennent d'autres entités telles que :

- les ONG,
- des entreprises d'études et/ou de travaux, semi-privées et privées, aussi bien nationales qu'internationales,
- d'une manière quasi-formelle, des vendeurs d'eau (en milieu urbain comme dans les zones plus particulièrement défavorisées).

D'autre part, il est prévu qu'un établissement de type EPIC (Etablissement public à caractère industriel et commercial) soit créé pour prendre en charge la gestion et l'entretien des installations d'AEP en milieu rural, sous le contrôle du Ministère de l'Energie et des Mines.

3.3 Organisation administrative et desserte en eau

3.3.1 Approvisionnement en eau en milieu urbain

La JIRAMA ("Jiro sy Rano Malagasy"), une compagnie d'Etat placée sous le contrôle du MEM, est chargée de la desserte en eau et en électricité surtout dans les centres urbains. La compagnie est financièrement indépendante du budget du gouvernement et approvisionne en eau 1) six grandes villes malgaches telles que Antananarivo et Antsirabe ainsi que 2) les villes centrales régionales ayant une population de plus de 2000 habitants. Dans la Zone d'étude, la JIRAMA dessert entre autres les villes de Morondava, Mahabo et Manja.

Cependant, dans certains cas, les autorités locales comme celles des départements jouent un rôle essentiel dans l'approvisionnement en eau des villes locales importantes. Selon le rapport annuel 1993-1994 du CNEA, il y avait 65 villes et localités desservies en eau par la JIRAMA et 45 par les autorités locales en 1991.

Ces 110 localités rassemblent 70% de la population urbaine, soit environ 2 millions d'habitants; 30% de cette population s'approvisionnent par branchements particuliers et le reste par bornes-fontaines.

Il reste par conséquent 122 localités considérées comme zones urbaines dont la population totale est de 846.000 personnes environ, et quinze d'entre elles sont des chefs-lieux de Fivondronampokontany. Ces localités sont malheureusement dépourvues de services d'AEP.

En résumé, les services d'adduction d'eau couvrent 70% des zones urbaines.

3.3.2 Approvisionnement en eau en milieu rural

Les zones rurales malgaches sont desservies par le secteur public et le secteur privé (surtout par les ONG). La Direction de l'eau du MEM est surtout responsable du secteur rural pour la desserte en eau avec l'aide de la coopération étrangère. Les organismes gouvernementaux suivants s'occupent de la desserte en eau dans les zones rurales:

1. Le Ministère de la Santé pour la promotion de la santé;
2. La Direction des infrastructures du Ministère de l'agriculture pour des projets de développement rural intégré.

Il n'existe aucune donnée fiable sur les services d'approvisionnement en eau pour 76,7% de la population rurale car la définition que l'on donne à ces services en zones rurales n'est pas uniforme. En effet, certaines données considèrent les puits creusés non protégés comme un système d'AEP, malgré la contamination de l'eau par des bactéries, alors que

de tels puits ne sont pas considérés comme une source d'approvisionnement en eau dans d'autres données.

Selon les informations fournies par le rapport DINIKA, 12% de la population rurale (environ 9.300.000 habitants) sont approvisionnés par des systèmes divers: bornes fontaines, puits avec ou sans pompes, forages munis de pompe manuelle en état de marche, impluvia, sources aménagées ... Si l'on donne aux services d'AEP en zones rurales le sens plus strict de fournir aux populations une eau saine et potable, alors il est probable que ce chiffre de 12% doit être révisé à la baisse.