

RAPPORT DE L'ETUDE DU PLAN DE BASE
POUR
LE PROJET D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DANS LE SUD
DE LA
REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR

FEVRIER 1990

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

JICA LIBRARY



1082597[4]

21193

RAPPORT DE L'ETUDE DU PLAN DE BASE
POUR
LE PROJET D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DANS LE SUD
DE LA
REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR

FEVRIER 1990

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

国際協力事業団

21173

マイクロ
フィルム作成

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 du plan de base concernant le projet d'alimentation en eau dans le sud de la République Démocratique de Madagascar, et l'a confiée à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

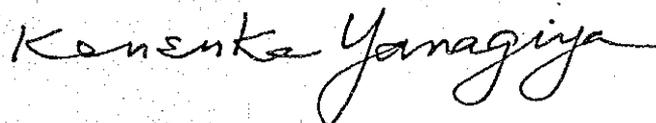
La JICA a envoyé à Madagascar, du 17 septembre au 11 octobre 1989, une mission dirigée par Monsieur Ryutaro Fujii, Directeur Adjoint du Service de l'Aide Financière à Titre de Don, Bureau de la Coopération Economique, Ministère des Affaires Etrangères.

La mission a échangé ses vues avec les autorités concernées du Gouvernement de la République Démocratique de Madagascar, et effectué les études sur le site du Projet. 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 contribue à la promotion du Projet et au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

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

Février 1990



Kensuke Yanagiya

Président

Agence Japonaise de

Coopération Internationale

Figure 1. Emplacement de la zone de l'enquête

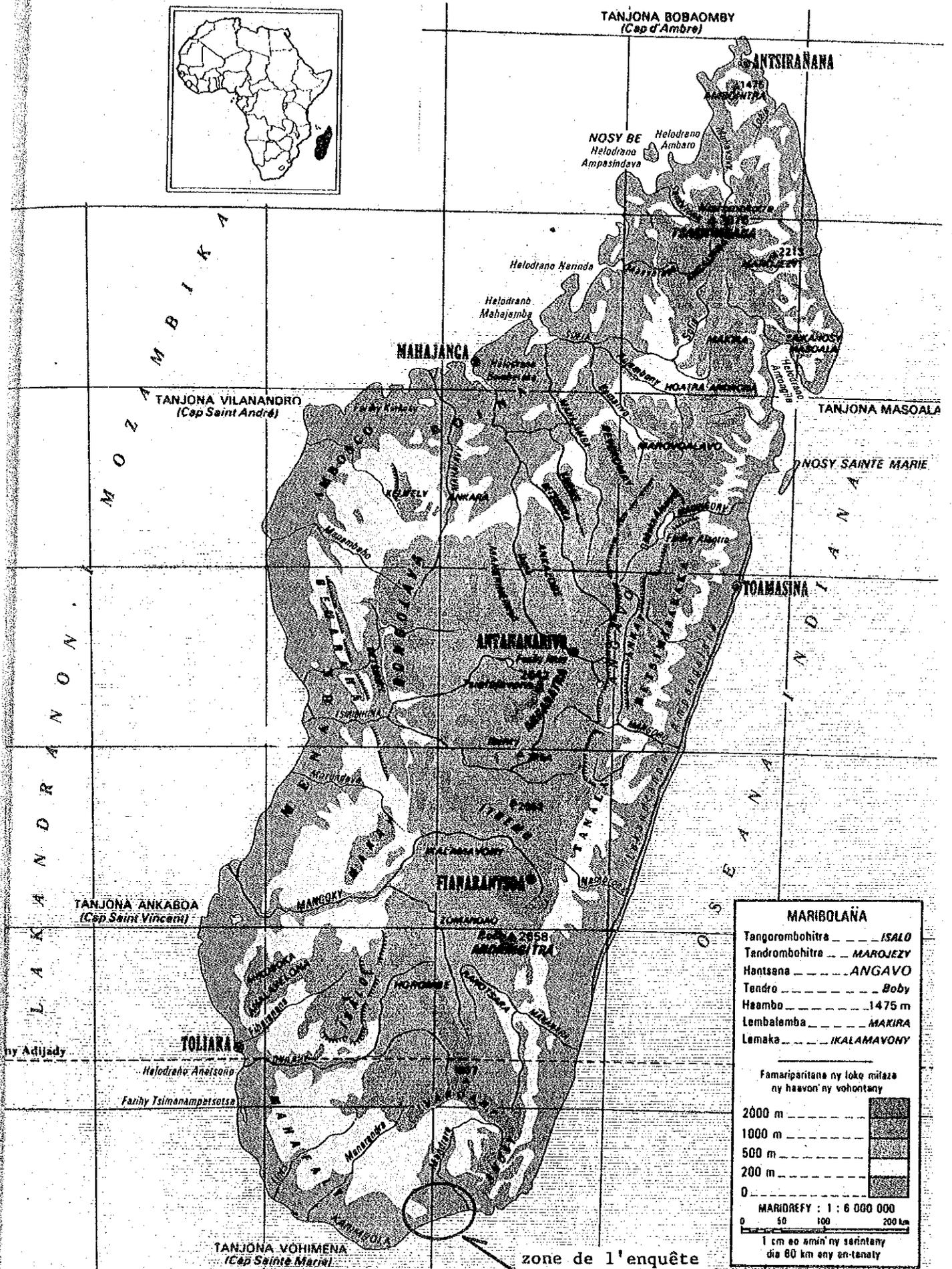
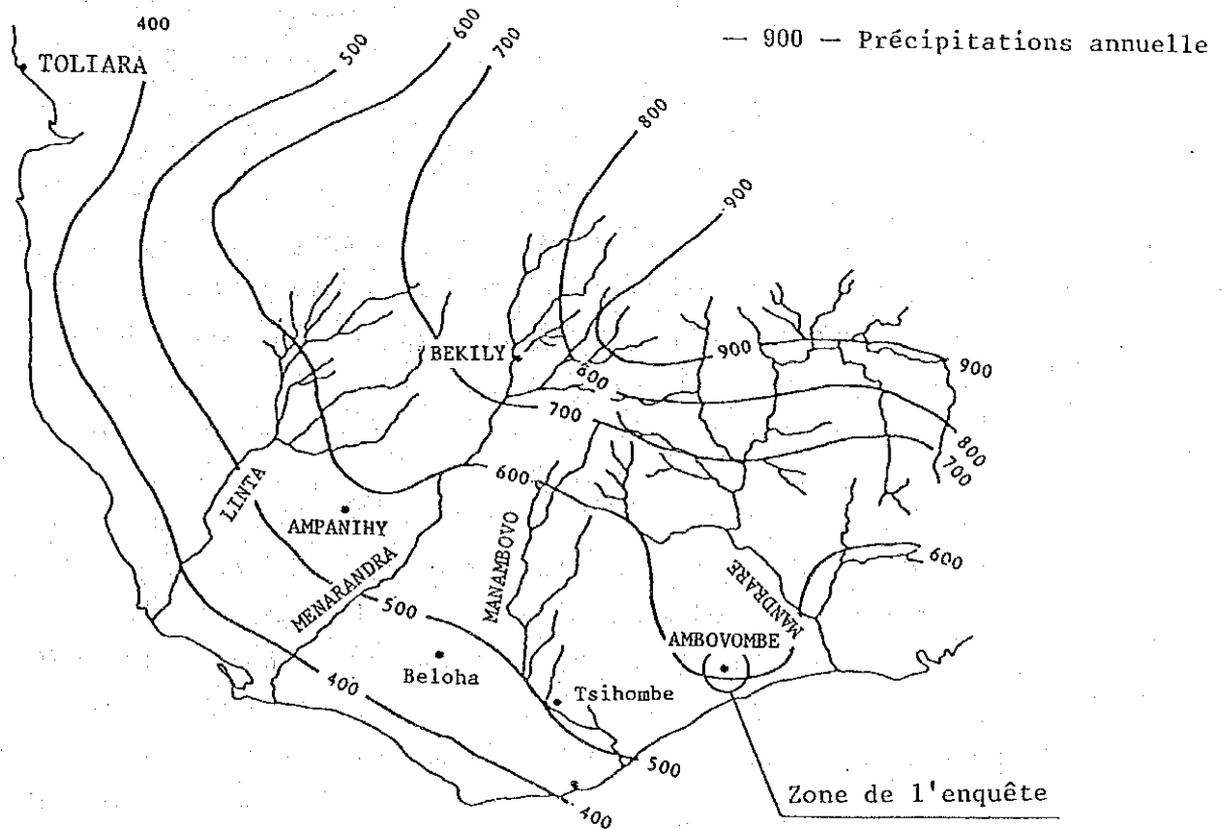


Figure 2. Répartition des précipitations et principales rivières de la zone Sud



RESUME

La République Démocratique de Madagascar (appelée ci-après Madagascar) est une île distante de 390 km du Mozambique, sur la côte est de l'Afrique, située entre 11°57" et 25°38" de latitude sud, et 43°12" et 50°17" de longitude est.

L'île est très étendue du nord au sud, 1.580 km nord-sud sur 580 km d'est en ouest. D'une superficie de 587.070 km², c'est la 4ème île du monde.

Son climat est presque entièrement tropical, le tropique du Capricorne traversant sa partie sud. La population de Madagascar était de 9.985.000 habitants en 1985. Les cultures principales du pays: le café, la banane, le girofle, les crevettes, sont également ses principaux produits d'exportation. Le PNB par habitant est de 230 dollars U.S. (1986).

Le Gouvernement Malgache considère l'alimentation stable en eau potable de sa population comme une condition fondamentale au développement socio-économique du pays, et il a accordé la première priorité à l'alimentation stable en eau potable dans son plan à long terme "Plan National" (1978-2000) et dans son Plan Quinquennal (1986-1990) à moyen terme.

Le Gouvernement Malgache est en train de réaliser ces plans sur la base de ses fonds propres auxquels vient s'ajouter l'aide de pays étrangers et d'organismes internationaux, mais actuellement, dans les zones rurales, le pourcentage de généralisation des installations d'alimentation en eau est inférieur à 10% (estimation 1987).

Le volume pluviométrique annuel de Madagascar est très variable par région: de 300 à 3.600 mm, et dans le sud-ouest et l'extrême sud du pays, il n'est que de 300 à 700 mm, et diminue encore en avançant vers la côte. Cette situation fait que, depuis toujours, les habitants de la région ont beaucoup de peine à assurer leur alimentation en eau, élément de base vital. De plus, le PNB de la population de la région considérée est faible: à peine du tiers de la moyenne nationale, ce qui

en fait la région la plus pauvre de Madagascar.

Ainsi, il n'existe pas d'adduction d'eau dans la zone d'Ambovombe, le centre du sud du pays, et l'alimentation en eau s'y effectue grâce aux camions citernes et installations d'alimentation en eau (puits, impluvia) fournis par le Japon en 1981, et aux installations d'alimentation en eau construites grâce à l'aide étrangère, mais tout cet ensemble ne permet que d'assurer le minimum d'eau vital à la population locale.

Vu cette situation, en août 1988, le Gouvernement Malgache a déposé une demande d'octroi de la coopération financière non remboursable du Gouvernement japonais en vue de la fourniture de camions citernes, puis une demande additionnelle en mars 1989 concernant la construction d'installations d'alimentation en eau, en plus de la fourniture de camions citernes précitée.

Répondant à cette requête, le Gouvernement japonais a envoyé une mission d'étude sur place du 17 septembre au 11 octobre 1989. La mission a rencontré les personnes concernées du Gouvernement malgache, a collecté des informations concernant la situation de l'alimentation en eau, des eaux de surface et des eaux souterraines, examiné les réservoirs existants, l'état d'usure des camions citernes et pompes d'alimentation existants, enquêté sur la zone et la population de la zone à alimenter, étudié le terrain prévu pour la construction d'une citerne d'alimentation, en vue de l'établissement d'un plan pour le projet d'alimentation en eau.

De retour au Japon, la mission a élaboré un projet de plan de base sur la base de cette étude sur place.

Les articles fondamentaux pour l'établissement du plan pour le présent projet sont les suivants:

1. Abgégé du projet

- (1) Année d'achèvement prévue 1992
- (2) La zone du projet comprend la ville d'Ambovombe, département d'Ambovombe et les villages de sa banlieue.
- (3) La population bénéficiaire du projet sera un total de 22.000 habitants de la ville d'Ambovombe s'alimentant en eau aux réservoirs, et 45.100 habitants des villages environnants, soit un total de 67.100 habitants.

- (4) Le volume d'eau journalier fourni sera de 10 l par jour et par personne en ville et de 5 l par jour et par personne dans les villages.
- (5) L'eau sera puisée aux eaux de surface de la rivière Mandrare et aux puits de la zone d'Ambovombe, et un système permettant le puisage même en saison sèche, quand le débit des eaux de surface est très bas, sera mis en place.
- (6) L'installation d'épuration sera de type à bassin de précipitation et bassin de décantation, et de plus à gestion-entretien simple.
- (7) L'eau puisée sera transportée en ville et jusqu'aux villages par camions citernes.
- (8) Des réservoirs et la citerne seront construits dans le centre ville pour recevoir l'eau amenée par les camions citernes, et la pose de conduites de distribution reliant les 17 réservoirs existants et la citerne assurera la rationalisation du réseau d'alimentation.
- (9) Un atelier d'entretien sera construit pour assurer la bonne gestion-entretien des camions citernes.

2. Installations

- | | | |
|---|--|--------------------------|
| (1) Installation de captage | Volume puisé 600 m ³ /jour, | |
| | tuyau de prise d'eau l= 30 m, | |
| | Pompe immergée | 1 ensemble |
| (2) Installation d'épuration | Volume épuré du projet | 600 m ³ /jour |
| (i) Bassin de précipitation | | " |
| (ii) Bassin de décantation lente | | " |
| (iii) Bassin d'épuration (bassin de distribution) | | 300 m ³ /jour |
| (3) Citerne d'alimentation | | |
| (i) Réservoir de réception | | 100 m ³ /jour |

- (ii) Citerne surélevée 50 m³/jour, pompe de refoulement
1 ensemble
- (4) Conduites de distribution Tuyau en chlorure de vinyle ø30 à ø75
l = 5 km
- (5) Atelier de réparation
des véhicules 232 m²

3. Equipements

- | | | |
|--|-------|-----------|
| (1) Camions citernes (4x4) 8 unités, (4x4) 16 unités | Total | 24 unités |
| (2) Camions citernes à carburant (4x2) | | 1 unité |
| (3) Véhicule-atelier (4x4) | | 1 unité |
| (4) Pick-up (4x4) | | 2 unités |
| (5) Dépanneuse avec grue (4x4) | | 1 unité |
| (6) Réservoir à carburant 8 kl, de surface | | 1 unité |
| (7) Pompe immergée + génératrice | | 9 unités |
| (8) Equipement simple d'analyse de l'eau | | 1 unité |
| (9) Outillage d'entretien des véhicules | | 1 unité |

L'exécution du présent projet assurera les avantages suivants.

- (1) Elle permettra d'assurer l'alimentation stable en eau potable salubre des habitants de la ville d'Ambovombe et de ses environs.
- (2) Elle stabilisera et améliorera le niveau de vie de la population bénéficiaire, améliorera les conditions d'hygiène et contribuera à la modernisation des villages agricoles de la zone concernée.
- (3) Elle mènera également au développement de la zone Sud du pays, dont Ambovombe est le centre.

L'exécution du présent projet est considérée très significative, et pertinente pour l'octroi de la coopération financière non remboursable du Gouvernement japonais.

Si ce projet est exécuté dans le cadre de la Coopération financière non remboursable du Gouvernement japonais, il faudra compter 4 mois pour établir le plan d'exécution du projet, et 12 mois pour l'exécution des travaux de construction. D'autre part, la charge du Gouvernement

malgache sera nulle, exception faite des frais d'achat d'une partie des terrains nécessaires à la construction.

L'AES (OPERATION ALIMENTATION EN EAU DANS LE SUD) placée sous le contrôle direct de la Présidence de la République, sera l'organe d'exécution du présent projet.

TABLE DES MATIERES

Avant-propos	
Cartes d'emplacement	
Résumé	
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 2 ARRIERE-PLAN DU PROJET.....	3
2-1 Abrégé de la République Démocratique de Madagascar.....	3
2-1-1 Géographie.....	3
2-1-2 Climat.....	3
2-1-3 Population.....	4
2-1-4 Ethnies, langues, religions.....	6
2-1-5 Administration politique.....	6
2-1-6 Aide étrangère.....	9
2-1-7 Economie.....	9
2-1-8 Balance du commerce extérieur.....	12
2-1-9 Industrie.....	14
2-2 Abrégé des projets en relation.....	17
2-2-1 Projet de développement national.....	17
2-2-2 Projet national d'alimentation en eau.....	18
2-3 Abrégé de la situation de l'alimentation en eau.....	21
2-3-1 Situation actuelle de l'eau potable.....	21
2-3-2 Organisation de l'administration de l'alimentation en eau et situation actuelle.....	23
2-3-3 Alimentation en eau dans le Sud (AES).....	25
2-3-4 Aide étrangère.....	31
2-4 Historique et contenu de la requête.....	35
2-4-1 Historique de la requête.....	35
2-4-2 Contenu de la requête.....	35

CHAPITRE 3	ABREGE DE LA ZONE DU PROJET.....	39
3-1	Conditions générales.....	39
3-1-1	Emplacement et population.....	39
3-1-2	Climat.....	42
3-1-3	Relief et géologie.....	44
3-2	Situation des ressources en eau.....	49
3-2-1	Rivières.....	49
3-2-2	Eaux souterraines.....	54
3-2-3	Qualité de l'eau.....	71
3-3	Etat des installations existantes et de l'équipement..	75
3-3-1	Puits.....	75
3-3-2	Réservoirs de stockage.....	80
3-3-3	Impluvia.....	80
3-3-4	Camions citernes.....	85
3-4	Situation sociale et alimentation en eau.....	94
3-4-1	Infrastructure.....	94
3-4-2	Situation socio-économique.....	97
3-4-3	Situation de l'alimentation en eau.....	100
3-4-4	Maladies épidémiques liées à l'eau.....	105
CHAPITRE 4	CONTENU DU PROJET.....	107
4-1	Objectifs du projet.....	107
4-2	Etude du contenu de la requête.....	108
4-2-1	Etude du contenu de la requête.....	108
4-2-2	Etude des équipements et matériaux du projet.....	111
4-2-3	Etude des installations d'alimentation en eau.....	115
4-2-4	Etude des installations de gestion-entretien.....	118
4-2-5	Stage de formation des mécaniciens.....	118
4-3	Contenu du projet.....	124
4-3-1	Organisme d'exécution et système d'exploitation..	124
4-3-2	Projet des installations d'alimentation en eau...	124

4-3-3	Etude des équipements et matériaux.....	125
4-3-4	Collaboration technique.....	125
CHAPITRE 5 PLAN DE BASE.....		127
5-1	Puits de captage.....	127
5-2	Bassin de précipitation ordinaire.....	128
5-3	Bassin de décantation lente.....	129
5-4	Réservoir de réception et citerne d'alimentation (surélevée).....	130
5-5	Pose de conduites jusqu'aux 17 réservoirs de stockage.	131
5-6	Atelier d'entretien des véhicules.....	131
5-7	Camions citernes.....	131
CHAPITRE 6 PROJET D'EXECUTION DES TRAVAUX.....		141
6-1	Système d'exécution.....	141
6-2	Projet d'exécution.....	143
6-3	Etendue de la responsabilité.....	144
6-4	Programme d'exécution.....	146
6-5	Fourniture.....	146
6-5-1	Travaux d'exécution.....	146
6-5-2	Equipements et matériaux d'alimentation en eau...	147
6-6	Frais des travaux.....	147
CHAPITRE 7 PROJET DE GESTION-ENTRETIEN.....		149
7-1	Système de gestion-entretien.....	149
7-2	Projet de gestion-entretien.....	150
7-3	Frais de gestion-entretien.....	151
CHAPITRE 8 ESTIMATION DU PROJET.....		153
8-1	Effets de l'exécution du présent projet.....	153
8-2	Pertinence de l'exécution du présent projet.....	154

CHAPITRE 9 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	155
9-1 Conclusion.....	155
9-2 Recommandations.....	156

DOCUMENTS ANNEXES

A-I Composition de la mission d'enquête.....	A-1
A-II Programme de l'enquête sur place.....	A-2
A-III Liste des personnes concernées rencontrées.....	A-5
A-IV Procès-verbal des réunions.....	A-7
A-V Liste des documents collectés.....	A-13
A-VI Cartes et tableaux additionnels.....	A-14

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Pour le Gouvernement de la République Démocratique de Madagascar (ci-après appelée Madagascar), l'approvisionnement stable en eau potable de la population est une des conditions fondamentales au développement socio-économique du pays, et l'approvisionnement en eau salubre constitue l'un des domaines prioritaires des objectifs à long terme du Plan d'Etat (1978-2000) et des objectifs à moyen terme du Plan Quinquennal (1986-1990).

Pour atteindre cet objectif, le Gouvernement Malgache promeut des projets, pour la réalisation desquels l'aide d'organismes internationaux et de pays étrangers vient s'ajouter à ses fonds propres, et actuellement, la généralisation des installations d'alimentation en eau n'est que de 10% (estimation de 1987) dans les zones rurales.

Compte tenu de cette situation, le Gouvernement Malgache a demandé la coopération au Gouvernement Japonais pour assurer l'approvisionnement en eau dans la zone Sud du pays, centrée sur Ambovombe, où la pénurie en eau est particulièrement sévère et les précipitations faibles. En 1981-1982, l'aide japonaise, accordée dans le cadre de la Coopération financière non remboursable, a permis la fourniture de 15 camions citernes et d'un appareil de forage complet, ainsi que la construction de 6 puits (à pompe immergée) et de 7 impluvia.

8 ans ont passé depuis l'octroi de l'aide japonaise, et l'augmentation de la population dans le Sud du pays, l'usure des camions citernes et des matériaux tels que les pompes immergées, les empêchent de remplir les fonctions prévues, ce qui a amené le Gouvernement Malgache à demander à nouveau la coopération financière du Gouvernement Japonais pour un projet de réhabilitation comprenant une nouvelle fourniture d'équipements et matériaux, tels que des camions citernes et la construction de citernes d'alimentation en eau.

Suite à l'étude de la demande du Gouvernement Malgache, le Gouvernement Japonais a décidé d'effectuer une étude de plan de base pour ledit projet. Conformément aux directives reçues du Gouvernement Japonais, l'Agence Japonaise de Coopération Internationale a envoyé, du 17 septembre au 11 octobre, une mission d'étude du plan de base sur place, conduite par M. Ryutaro FUJII, Directeur adjoint du département de la Coopération financière non remboursable du Ministère des Affaires Etrangères, pour étudier la pertinence du projet d'approvisionnement en eau potable.

Les membres de la mission ont consulté les responsables du Gouvernement Malgache, collecté des informations sur la situation de l'approvisionnement en eau sur place, et effectué une étude sur place. Leur étude a révélé la nécessité de la réhabilitation des installations de pompage, en plus de la construction d'installations d'approvisionnement en eau et de la fourniture de camions citernes. Les points d'accord avec les responsables malgaches, résultant des consultations entre les membres de la mission et ces responsables, ont été consignés dans un Procès-Verbal des réunions.

Le présent rapport est la proposition la mieux adaptée à l'exécution du projet élaboré au Japon après le retour de la mission japonaise, définissant le plan de base pour les installations d'approvisionnement en eau, le coût des travaux, le projet de gestion-entretien sur la base des résultats de l'enquête sur place, après étude des effets positifs dudit projet.

Le nom des membres de la mission, le programme de l'enquête sur place et les personnes ayant participé aux entretiens, le procès-verbal des entretiens, la liste des documents collectés, etc. sont annexés à la fin du présent rapport.

CHAPITRE 2 ARRIERE-PLAN DU PROJET

2-1 Abrégé de la République Démocratique de Madagascar

2-1-1 Géographie

La République Démocratique de Madagascar (appelée ci-après Madagascar) est une île située à l'Est de l'Afrique, à quelque 390 km de la côte du Mozambique, entre 11°57' et 25°38' de longitude Sud et 43°12' et 50°17' de latitude Est.

L'île est allongée: 1.580 km du nord au sud et 580 km d'est en ouest, c'est la 4ème île du monde avec une superficie de 587.071 km².

Le relief du pays se divise grosso modo en zone de la côte Est, zone de plateaux centraux et zone de la côte Ouest. Chacune de ces zones ayant un relief en direction nord-sud.

La zone de la côte Est est une plaine de 50 km de largeur (altitude de 0 à 500 m) coincée entre les plateaux centraux et la côte de l'Océan Indien, où l'on trouve beaucoup de collines et de marécages.

La zone de plateaux centrale, qui occupe plus de la moitié de la superficie de l'île, est très ondulée, l'altitude variant de 800 à 1700 m, culminant au Mont Tsaratanana (2.880 m). La capitale du pays, Antananarivo se situe pratiquement au centre de cette zone de plateaux.

La zone de la côte Ouest est une zone de plaine de 200 km de largeur à partir des plateaux centraux.

2-1-2 Climat

La plus grande partie de Madagascar est sous l'influence d'un climat tropical, et le tropique du Capricorne traverse l'île de Toliary à Vangaindrano.

Les alizés du Sud-Est influencent le plus le climat du pays, ils soufflent violemment dans tout l'hémisphère sud durant l'hiver, des hautes pressions sèches du sud couvrent une partie de l'île. Durant l'été, les hautes pressions se retirent, et des basses pressions

équatoriales accompagnées de masses d'air très nuageuses les remplacent. C'est pourquoi le pays connaît une saison des pluies (saison chaude de novembre à avril) et une saison sèche (saison fraîche de mai à octobre). De plus, la partie Sud-ouest de l'île ne subissant ni l'influence des alizés ni celle des vents saisonniers, et subissant d'autre part un courant marin froid, est une zone semi-désertique à faibles précipitations.

Le volume pluviométrique de la zone de la côte Est où les pluies sont arrêtées par les plateaux centraux est de 2.000 à 3.600 mm par an. Sur les plateaux centraux et la côte Ouest, de 1.000 à 2.000 mm par an, et très faible, moins de 400 mm par an, dans le Nord-ouest et à l'extrémité sud du pays.

Tout cela permet de conclure que le climat de Madagascar est très varié, allant d'une zone tropicale à fortes précipitations à une zone tropicale semi-désertique.

2-1-3 Population

Un recensement a été effectué en 1975, et ces données, figurant dans le Tableau 2-1-1, ont servi de base à l'estimation de la population et de la population active en 1985 et 1990 pour l'établissement du Plan Quinquennal 1986-1990.

La population en 1985 était de 9.985.000 habitants, se répartissant comme suit: 1.910.000 personnes résidant en ville et 8.075.000 personnes à la campagne, la population urbaine représentant donc environ 20% de la population totale. Le taux de croissance totale de la population a été de 31% entre 1975 et 1985, soit 54% en ville et 27% à la campagne, et l'on prévoit une concentration de la population dans les villes.

Tableau 2-1-1 Population estimée de la République
 Démocratique de Madagascar

Année	Total	Population urbaine	Population rurale
1975	7.603.000	1.240.000	6.363.000
1985	9.985.000 (3.929.000)	1.910.000 (420.000)	8.075.000 (3.509.000)
1990	11.443.000 (5.019.000)	2.366.000 (690.000)	9.077.000 (4.329.000)

Source: Plan quinquennal 1986-1990

() : population active de plus de 15 ans

2-1-4 Ethnies, langues et religions

Des habitants originaires de l'Asie du Sud-est et des Africains ont peuplé Madagascar, et aujourd'hui parmi les Malgaches, l'unification se poursuit, mais les types sont très variés. Actuellement, le pays compte 18 ethnies, dont les principales sont les Merina, les Betsimisaraka, les Betsileo, les Tsimihety, les Sakalava, les Antandroy, la population de la région d'Ambovombe étant de l'ethnie Antandroy.

Les langues officielles sont le malgache et le français. Le malgache est une langue de type indonésien, faiblement influencée par les langues bantoues.

Quant à la religion, 57% de la population est de religion animiste traditionnelle, 40% catholique, et le reste de confession musulmane.

2-1-5 Administration politique

Le 26 juin 1960, Madagascar est devenu indépendant, et a un régime républicain de type présidentiel.

Les élections de janvier 1976 ont mené à l'élection du président Didier RATSIRAKA, réélu en 1982, qui assure un régime stable. Le parti du président, l'AREMA (Avant-garde révolutionnaire malgache) détient la majorité des sièges à l'Assemblée.

L'organigramme du Gouvernement Malgache est indiqué à la Figure 2-1-1.

Figure 2-1-1 Organigramme de la République Démocratique de Madagascar

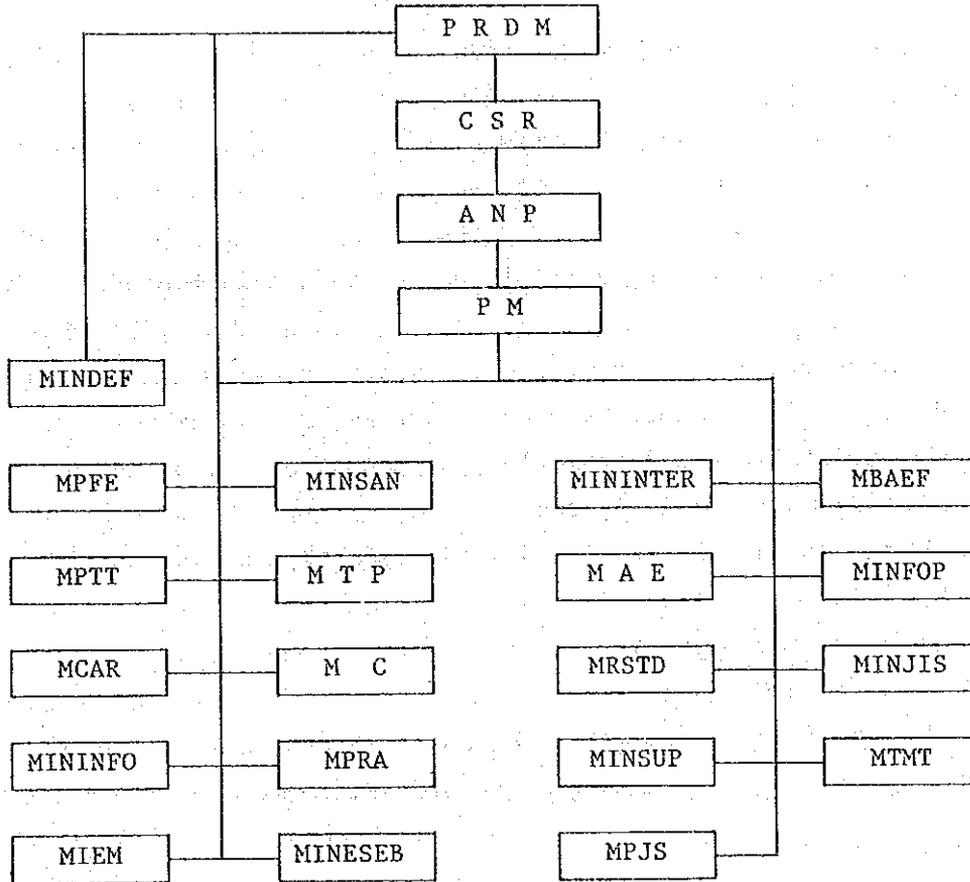


Figure 2-1-1 Organigramme de la République Démocratique de Madagascar

PRDM: Président de la République Démocratique de Mcar
CSR: Conseil Suprême de la Révolution
ANP: Assemblée Nationale Populaire
PM: Premier Ministre
MINDEF: Ministre de la Défense
MPFE: Ministère auprès de la Présidence chargé de la Finance et de
l'Economie
MPTT: Ministère de Postes et Télécommunications
MCAR: Ministère de la Culture et de l'Art Révolutionnaire
MININFO: Ministère de l'Information, de la Coopération et de
l'Animation Idéologique
MIEM: Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines
MINSAN: Ministère de la Santé
MTP: Ministère des Travaux Publics
MC: Ministère du Commerce
MPRA: Ministère de la Production et de la Réforme Agraire
MINESEB: Ministère de l'Enseignement Secondaire et de l'Education de
Base
MININTER: Ministère de l'Intérieur
MAE: Ministère des Affaires Etrangères
MRSTD: Ministère des Recherches Scientifiques et Technologique pour le
Développement
MINSUP: Ministère de l'Enseignement Supérieur
MPJS: Ministère de la Population, Jeunesse et Sport
MBAEF: Ministère de la Production Animale, des Eaux et des Forêts
MINFOR: Ministère de la Fonction Publique, du Travail et des Lois
Sociales
MINJIS: Ministère de la Justice
MTMT: Ministère du Transport, de la Météorologie et du Tourisme
CDM: Comité Militaire pour le Développement

2-1-6 Aide étrangère

A Madagascar, à l'époque de la colonisation française, l'accumulation des capitaux et l'amélioration du niveau technique n'ont pas progressé, et le pays a reçu de nombreuses aides de pays étrangers, en particulier de la France, après son indépendance.

De 1976 à 1985, Madagascar a bénéficié d'une aide d'un montant total de 1,531 million de dollars (montant accordé) des pays du CAD et d'organismes internationaux, dont 54,3% étant des aides bilatérales, et 45,7% des aides d'organismes internationaux.

La France arrive en tête de ces pays d'assistance avec 452 millions de dollars (soit 29,5% du montant total), suivie du groupe de la Banque mondiale, 250 millions de dollars (16,3%), du Marché Commun 189 millions de dollars (12,3%) et du Japon 127 millions de dollars (8,3%).

Du point de vue de la forme, 49,9% de prêts, 50,1% de don (dont 24,2% de coopération technique), ce qui met pratiquement les prêts et les dons au même niveau.

Pour son plan quinquennal (1986-1990), Madagascar compte sur 56,3% de capitaux étrangers pour les capitaux du domaine public, soit 1,712 billion FMG, ce qui montre l'importance de l'aide étrangère pour le développement du pays.

2-1-7 Economie

Madagascar est un pays agricole au climat et au sol adapté à la culture, et l'agriculture est depuis longtemps le pivot de l'économie malgache. Cependant, la création de plantations de produits agricoles pour l'exportation durant la colonisation française, puis les mesures économiques prises pour sortir de l'économie française après l'indépendance ont conduit à la stagnation économique, et de 1970 à 1978, le PIB par habitant a baissé d'environ 20%.

C'est pourquoi, entre 1978 et 1980, Madagascar a emprunté des capitaux à l'étranger pour réaliser ses projets de grande envergure, mais les investissements ayant été faits dans des domaines non-productifs, la capacité de production de 1980 est pratiquement la même qu'en 1970, ce qui est à l'origine du déficit financier et du déficit

des recettes ordinaires, et ouvre la porte à une aggravation de l'inflation.

Depuis 1981, le Gouvernement Malgache a renforcé la politique de gestion de la demande et rétabli l'équilibre financier, et en 1986, enfin, la proportion du déficit financier par rapport au PIB était de 3,9%, et les recettes ordinaires par rapport au PIB avaient à nouveau atteint 10,4%. Pendant ce temps, bien que la production agricole ait subi l'influence de cyclones et de sécheresses, la libération des prix à la production a conduit à une augmentation considérable de la production depuis 1982. D'autre part, la production industrielle alterne les taux de croissance positifs et négatifs, et en 1986, le taux de croissance réel du PIB est tombé à 0,8%.

De plus, le franc malgache (FMG) a été dévalué de 62,3% de sa valeur entre 1982 et 1986, mais pendant ce temps, l'inflation a également subi une accélération, ce qui fait que la dévaluation réelle a été de l'ordre de 15% seulement.

Tableau 2-1-2 Estimation des principaux indices économiques

(Unité: %)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Croissance PNB réel	Δ9,7	Δ1,8	0,9	1,7	2,3	0,8
(Agriculture)	Δ4,3	4,0	2,4	3,2	1,9	2,9
(Industrie)	Δ22,3	Δ14,3	0,9	5,2	4,5	Δ3,0
(Services)	Δ6,9	Δ0,8	Δ0,8	0,9	2,1	0,8
Taux d'augmentation des prix (déflecteur du PNB)	26,6	28,5	21,5	10,2	11,2	14,4
Exportations	Δ24,0	5,0	Δ2,0	12,1	Δ15,4	4,0
Importations	Δ28,5	Δ3,1	Δ18,2	Δ3,2	Δ2,3	Δ4,1
Déficit financier (par rapport au PNB)	15,0	8,7	6,7	4,8	4,7	3,9
Déficit de la balance ordinaire (par rapport au PNB)	14,6	13,1	10,9	10,4	11,0	10,4

Sources: FMI, IFS, Marche Tropico

2-1-8 Balance du commerce extérieur

Madagascar exporte des produits du secteur primaire, surtout des produits agricoles comme le café, la vanille et le girofle, et des produits transformés, et sa structure commerciale de pays en voie de développement fait qu'elle n'importe pas seulement des produits manufacturés mais aussi l'élément de base de sa consommation, le riz. De plus, le pourcentage des exportations dans le PIB n'est que de 15%, et l'on estime le pourcentage des importations par rapport au PIB à 20%, ce qui permet de conclure que le taux de dépendance de Madagascar par rapport à son commerce extérieur est relativement élevé, et que la balance du commerce extérieur est continuellement déficitaire.

En 1986, les exportations n'ont pas retrouvé leur niveau de 1982 à cause de la réduction de la production des produits d'exportation due à une chute temporaire des prix, à la sécheresse, aux cyclones, etc.

D'autre part, bien que le Gouvernement prenne des mesures pour réduire les importations, on assiste à une réduction de la production pour l'exportation due à la limitation des produits de base importés, ce qui aggrave le cercle vicieux.

Les Tableaux 2-1-3 et 2-1-4 montrent une estimation du commerce malgache.

Comme le montre le Tableau 2-1-5, dans le commerce entre Madagascar et le Japon, les importations du Japon sont toujours largement excédentaires. En 1985, le Japon (10,5%) se plaçait au 3ème rang après la France et les Etats-Unis parmi les pays exportant à Madagascar, et au 6ème rang parmi les importateurs (2,5%). Les exportations malgaches au Japon se composent surtout de crevettes, de café, de minerai de chrome, d'épices, et les importations malgaches de voitures, de bateaux, de machines, de produits de l'industrie légère.

Tableau 2-1-3 Estimation du montant des exportations par produit

(Unité: FOB, million SDR)

	1982	1983	1984	1985	1986
Café	85	106	138	101	123
Girofle	61	15	36	35	30
Vanille	42	58	51	43	40
Poivre	3	3	4	5	4
Crevette	19	22	21	22	29
Sucre	3	11	5	9	6
Viande	2	2	4	2	0
Cacao	2	3	4	3	3
Tissu en coton	15	10	11	12	8
Toile en sisal	6	4	4	3	3
Huiles	10	9	-	5	3
Minéral de chrome	4	3	4	5	5
Graphite	7	6	6	7	8
Girofle (produit)	2	3	6	4	3
Autres	20	20	24	19	21
Réexportation	15	15	6	0	0
Total	296	290	325	274	286

Source: FMI

Tableau 2-1-4 Estimation du montant des importations par produit

(CIF, million SDR)

	1982	1983	1984	1985	1986
Equipements	106	84	94	98	100
Produits alimentaires	116	68	49	45	49
(Riz)	(95)	(51)	(29)	(30)	(34)
Produits non alimentaires	46	41	48	52	42
Energie	121	92	97	84	47
Matières premières, pièces	98	103	168	107	134
Autres	14	22	0	0	0
Total	500	409	396	387	371

Source: FMI

Tableau 2-1-5 Montant des importations-exportations
du Japon vers Madagascar

(Unité: million dollars)

	1982	1983	1984	1985	1986
Exportations	22,89	29,89	9,25	10,76	22,21
Importations	40,55	44,02	40,56	30,86	44,49
Exportations - importations	Δ17,66	Δ14,13	Δ31,31	Δ20,10	Δ22,88

Source: Livre blanc du Commerce

2-1-9 Industrie

(1) Agriculture

Madagascar est un pays de collines, sur sa superficie de 32.000 km² seuls 5,1% sont cultivés. Mais les précipitations étant importantes en moyenne, le pays est riche en produits agricoles. Les cultures principales sont des produits alimentaires comme le riz, le manioc et le maïs et des produits d'exportation comme le café, le cacao, le girofle, le sisal, le coton et le sucre.

La production agricole s'effectue principalement par petits fermages, et des sociétés publiques s'occupent de l'achat et de la vente des produits. Le contrôle du prix des 7 articles principaux d'avant 1983 fait que le prix réel au producteur a considérablement chuté. Cependant, en 1984, le contrôle des prix a été supprimé, et la production a repris, sauf pour les produits d'exportation.

Le Tableau 2-1-6 donne une estimation du volume des produits agricoles principaux.

(2) Mines et industrie

Depuis la chute de la production minière et industrielle en 1981, la stagnation continue. Le taux de fonctionnement est de 50% en moyenne, à cause du manque de matières premières dans le pays, découlant du manque de produits importés et de la capacité d'expédition insuffisante.

La stagnation de la production minière et industrielle est due directement à la baisse de la production de pétrole, qui représente 40% du montant total de la production. Le Gouvernement malgache souhaite assurer, en participation avec des entreprises étrangères, le rétablissement total de la production, et procède actuellement à une restructuration vers des industries capables d'utiliser les matières premières locales, à commencer par les industries dont la dépendance vis-à-vis des matières premières étrangères est forte.

L'industrie textile est une industrie absorbant la main-d'oeuvre, utilisant le coton cueilli sur place, et comme il s'agit d'un produit d'exportation rapportant des devises, c'est une industrie représentative de Madagascar. Pour faire face aux produits actuellement importés, des efforts doivent être faits pour moderniser les installations existantes. La production a baissé après 1981, mais en 1986, elle a augmenté de 8,8%.

L'industrie alimentaire est à 60% liée au sucre. La production de sucre a augmenté de 27% en 1985 par rapport à l'année précédente, puis de 17% en 1986, où elle a atteint 109.000 tonnes.

Taleau 2-1-6 Estimation de la production des produits agricoles principaux

(Unité: 1000 tonnes)

	1982	1983	1984	1985	1986
Cultures alimentaires					
Riz	1.970	2.147	2.131	2.178	2.230
Mais	1.113	132	141	140	153
Manioc	898	1.992	2.047	2.142	2.190
Cultures pour l'exportation					
Café	81,2	80,8	81,4	78,5	78,5
Vanille	5,5	2,2	6,9	7,0	3,3
Girofle	9,9	4,2	18,0	13,5	7,1
Toile de sisal	15,4	12,5	19,8	19,8	19,8
Poivre	2,6	2,6	2,6	2,8	2,8
Cacao	1,9	2,8	3,0	2,3	2,4
Cultures pour l'industrie					
Coton	25,9	26,3	32,5	42,9	43,0
Sucre	1.409	1.616	1.660	1.744	1.950

Source: FMI

Taleau 2-1-7 Estimation de l'indice de production de l'industrie et des mines

(1981 = 100)

	Poids	1982	1983	1984	1985	1986
Industrie alimentaire	9,0	99	82	64	77	93
Epicerie fine	2,9	96	132	118	129	141
Tabac	2,6	110	94	111	123	114
Textile	25,3	93	92	85	80	87
Chaussures	4,0	88	76	56	57	61
Produits chimiques	5,9	77	86	79	96	101
Pétrochimie	40,8	92	50	16	82	20
Matériaux de construction	1,4	104	107	135	101	121
Distillation	3,5	85	76	76	10	107
Papier	4,3	91	93	90	96	109
Electro-ménager	0,2	158	1.024	1.091	1.004	
Total	100	91	76	57	87	67
(pétrole exclu)		(89)	(93)	(86)	(90)	(99)

Source: FMI

2-2 Abrégé des projets en relation

2-2-1 Projet de développement national

Depuis l'indépendance, le Gouvernement Malgache s'efforce de renforcer et d'accélérer les activités sociales et économiques dans leur ensemble, et a annoncé les objectifs à long terme de son Plan National 1978-2000 en 1977. Ce Plan se divise en trois phases, indiquées ci-dessous, et actuellement, le pays est dans la phase de renforcement de l'économie.

1) Phase 1 (1978-1984)

Mise en place de l'infrastructure pour le développement social

2) Phase 2 (1985-1992)

Renforcement de l'économie

3) Phase 3 (1993-2000)

Elargissement et développement de l'activité économique

Dans ce projet à long terme, on a hissé l'objectif de l'effort dans le domaine de l'hydrologie pour 2000 à "l'eau courante dans chaque foyer, ou bien réduction de la distance jusqu'au point d'approvisionnement en eau", et fixé le volume d'approvisionnement en eau objectif à 20 l par jour et par personne dans les villages.

Sur la base du projet à long terme précité, le Plan Quinquennal 1986-1990 a été annoncé en septembre 1986, donnant les objectifs à moyen terme du Gouvernement Malgache. Les 3 principaux objectifs de ce Plan, qui met l'accent sur le développement rural, sont les suivants:

- 1) Autosuffisance alimentaire
- 2) Augmentation des exportations
- 3) Amélioration du niveau de vie.

De plus, les axes prévus pour la réalisation de ce Plan Quinquennal sont les suivants:

- 1) Réhabilitation du capital existant et renforcement de la rentabilité
- 2) Augmentation de l'efficacité de l'ensemble de l'économie
- 3) Renforcement de la nationalisation du secteur public
- 4) Accroissement de l'emploi et amélioration des revenus
- 5) Amélioration de la situation sociale
- 6) Renforcement du développement des sources d'énergie.

Le point 5) de ces grands axes du Plan Quinquennal, amélioration de la situation sociale, concerne l'approvisionnement en eau potable et les installations d'eau courante dans les villes, et dans le cadre du Plan décennal international de l'eau potable et de l'hygiène (1981-1990) des Nations Unies, le Gouvernement Malgache a donné la première priorité aux projets d'approvisionnement en eau adaptés aux zones où l'eau potable fait cruellement défaut, et à la réhabilitation et à la gestion-entretien des installations existantes d'approvisionnement en eau.

2-2-2 Projet national d'alimentation en eau

Pour réaliser les objectifs susmentionnés, le Gouvernement Malgache fait des efforts sur la base de ses fonds propres, mais aussi de l'aide économique d'organismes internationaux et des pays industrialisés comme le Japon, le FED (Fonds de développement européen), le FAD (Fonds de développement africain) et le PNUD (Projet de développement des Nations Unies), mais seuls 8,5% de la population rurale (enquête de 1985) dispose d'installations d'alimentation en eau adaptées. La grande majorité de la population rurale doit s'alimenter par ses propres moyens.

De plus, d'après l'enquête effectuée par une mission de l'OMS en 1984, "le nombre des malades souffrant de maladies dues à l'eau et aux eaux d'égouts est estimé à 15%, et si l'on y ajoute la malaria, cela représente plus des 2/3 de tous les malades", c'est pourquoi l'alimentation stable en eau potable salubre est l'un des thèmes essentiels du Gouvernement Malgache.

Vu les circonstances présentées ci-dessus, le Gouvernement Malgache s'efforce de généraliser les adductions d'eau, et le Tableau 2-2-1 donne les grandes lignes du Programme de développement national en cours d'étude.

Tableau 2-2-1 Projet National pour l'alimentation en eau (sauf le présent projet)

No.	Nom de Projet	Localisation	Durée	Financement	Organisme d'aire	Description
1	Nouvelles Adductions d'eau	Territoire National	1990-1992		interne	Travaux de forage et installations d'adductions d'eau
2	Amélioration d'adduction d'eau	Territoire National	1990-1992		interne	Améliorations sur certaines adductions d'eau existantes
3	Petites adductions d'eau	Territoire National	1990-1992		Bailleurs de fonds	Réalisation de petites adductions d'eau
4	Alimentation en Eau dans le Sud	Province de Toiliary, rivières Mandrare et Onilahy	1989-1993	7.800.000 UCF 3.456.000 ECUS	FAD FED	Installation de puits et d'impluvia
5	Développement des Eaux Souterraines dans le Sud-ouest	Province de Toiliary, rivières Onilahy et Morondava	1991-1993	Non fixé	Japon	En cours d'étude, étude de développement pour l'exploitation des eaux souterraines
6	Adduction d'eau de la ville d'Ambositra	Province de Fianarantsoa, ville d'Ambositra	1987-1989	1.300.000 ECUS	FED	Travaux et fournitures
7	Adduction d'eau de la ville d'Antsiranana	Province d'Antsiranana, ville d'Antsiranana	1989-1991	1.500.000 ECUS	Italie	Travaux et fournitures
8	Adduction d'eau de la ville de Mahajanga	Province de Mahajanga, ville de Mahajanga	1990-1992	1.000.000 DM	Allemagne fédérale	Travaux et fournitures
9	Adduction d'eau de la ville d'Antananarivo	Province d'Antananarivo, ville d'Antananarivo	1990-1992		Caisse centrale de coopération économique (France)	Travaux et fournitures
10	Etude, mise en place, structure de réalisation, de gestion d'adduction d'eau milieu rural	Territoire National	1990	Non fixé	BAD/FAD	Etude
11	Etudes d'AEP milieu urbain	Ville de Fianarantsoa et 6 autres villes	1990-1991	Non fixé	BAD/FAD	Etude
12	Promotion ouvrages d'eau et assainissement milieu rural	Territoire National	1990-1992	2.000.000 US\$	PNUD	Réalisation d'installations d'adduction d'eau

Source: AES

2-3 Abrégé de la situation de l'alimentation en eau

2-3-1 Situation actuelle de l'eau potable

Pour la population totale de 10.550.000 habitants de Madagascar, le taux d'alimentation en eau à des adductions d'eau n'est que de 18%, plus précisément 16,5% dans les villes où se concentre 20% de la population, et à peine de 1,5% pour les 80% de la population rurale restante.

(1) Alimentation en eau dans les villes

Les villes sont les préfectures de département ou les agglomérations de plus de 2.000 habitants, la gestion-entretien des adductions d'eau est du ressort de la JIRAMA (société publique d'alimentation en eau et en énergie) ou de la Firaisana (collectivité locale).

Dans les villes, plus de 80% de la population s'alimente aux adductions d'eau, et le Tableau 2-3-1 indique le nombre des villes. Cependant, dans l'ensemble du pays, parmi les 229 villes dénombrées, 122 ne disposent pas d'adductions d'eau, ou bien ces dernières sont inutilisables pour cause de panne.

Tableau 2-3-1 Etat des installations d'adduction d'eau en milieu urbain

Types de villes	Nbre de villes	Adduction d'eau gérée par le JIRAMA	Adduction d'eau gérée par la collectivité locale	Adduction d'eau existante, mais inutilisable pour cause de panne	Pas d'adduction d'eau
Préfecture	102	57 (55%)	26 (25%)	6 (6%)	15 (14%)
Ville de plus de 2.000 hab.	125	6 (5%)	18 (13%)	4 (3%)	97 (78%)
Total	229	63 (28%)	44 (19%)	10 (4%)	112 (49%)

Source: Documents du MIEM

De plus, parmi les villes disposant d'une adduction d'eau, en 1981, 23 villes utilisaient les eaux souterraines comme source d'alimentation, soit une population de 310.000 habitants, avec une consommation de 11.710.000 m³ par an.

Afin de généraliser les adductions d'eau dans les villes, le Gouvernement Malgache projette la réhabilitation des installations vétustes et la construction de nouvelles adductions d'eau dans les villes encore dépourvues, mais le manque de capitaux fait obstacle à la réalisation de ces projets.

(2) Alimentation en eau dans les zones rurales

Bien que dans les villages (moins de 2.000 habitants) qui regroupent près de 80% de la population, les habitants s'alimentent tant bien que mal en eau, les installations d'alimentation en eau potable sont pratiquement inexistantes, et comme de nombreux problèmes d'hygiène se posent, l'on estime conformément au jugement de l'OMS, le développement du système d'alimentation en eau est de première urgence.

Le Tableau 2-3-2 indique la situation de l'alimentation en eau dans les villages.

Tableau 2-3-2 Situation générale de l'alimentation en eau en milieu rural

Province	Nbre de cantons	Nbre de villages	Types d'alimentation en eau							Pourcentage d'installation/nbre villages(%)
			Adduction d'eau	Puits	* Vovo	Forage	Impluvia	Autres	Total	
Antananarivo	285	2806	47	28	-	19	0	3	97	3,5
Toamasina	162	1807	12	23	-	3	0	2	40	2,2
Toliary	210	1647	16	416	203	152	177	98	1062	64,5
Mahajanga	163	1348	8	19	13	24	0	5	69	5,1
Fianarantsoa	302	2658	17	1	-	2	0	8	28	1,0
Ansisiranana	126	908	7	24	-	11	0	4	46	5,1
T o t a l	1250	11374	107	511	216	211	177	120	1342	11,8

Source: Documents du MIEM e 1984, addition sur les forages et impluvia exécutés par l'AES en 1987.

* puits traditionnel creusé à la main

Les villages disposant d'une installation d'alimentation en eau (adduction d'eau) sont très peu nombreux, seulement 107, ce qui correspond à 1,5% de la population. De plus, le pourcentage des installations par rapport au nombre de villages est estimé à 11,8%, mais si l'on élimine les VOVO (puits traditionnels creusés à la main) insalubres, ce pourcentage n'est même pas de 10%.

Pour la province de Toliary, située dans la zone semi-désertique, les précipitations annuelles ne sont que de quelques centaines de millimètres, et la dépendance des eaux de surface des rivières pour l'eau potable est difficile; c'est pourquoi, comparé aux autres provinces très arrosées, le pourcentage des installations d'alimentation en eau y est plus élevé que dans les autres provinces. Ainsi, dans les autres provinces, la majorité de la population va s'approvisionner aux eaux de surface des rivières, et le Gouvernement Malgache s'attaque actuellement au problème du développement de nouvelles sources d'eau, en particulier des eaux souterraines, pour assurer de l'eau salubre à la population.

2-3-2 Organisation de l'administration de l'alimentation en eau et situation actuelle

A Madagascar, les organismes publics chargés de l'alimentation en eau potable sont les suivants:

- Direction de l'Eau et de l'Energie (DEE) du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines (MIEM)
- Ministère de la Santé
- Organismes sous le contrôle direct de la Présidence de la République
 - Alimentation en Eau dans le Sud (AES)
 - Microréalisation
 - Microhydraulique
- Société Publique des Eaux et de l'Energie (JIRAMA).

De plus, le Comité de l'eau et de l'assainissement a été fondé le 18 janvier 1989 pour coordonner les projets d'alimentation en eau dans le

pays. Ce Comité se compose de 13 départements des différents ministères et de 5 organismes, comme l'AES et le JIRAMA, et remplit les fonctions suivantes:

- (1) Elaboration de la politique nationale de l'Eau et de l'Assainissement
- (2) Elaboration, suivi et contrôle du programme national de l'Eau et de l'Assainissement
- (3) Avis technique sur tous les projets en préparation et en cours, depuis la conception jusqu'à la réception des travaux
- (4) Préparation des dossiers de financement des projets concernant l'Eau et l'Assainissement, et négociations de financement des dits projets
- (5) Contrôle de la cohérence des programmes régionaux vis-à-vis du programme national
- (6) Suivi de la réalisation des projets Eau ou Assainissement.

Voici maintenant le rôle des principaux organismes de contrôle de l'alimentation en eau:

(Direction de l'Eau et de l'Energie) (DEE)

Elle s'occupe de l'étude, la conception, la gestion, la supervision des projets de développement et d'aménagement relevant du domaine de l'Energie et de l'Eau à Madagascar. Cette Direction, ancienne section du département Energie de la Direction des mines et de l'énergie du Ministère du Commerce et de l'Industrie, est devenue Direction de l'Eau et de l'Energie à cause de l'importance des projets nationaux en relevant.

La DEE a également été chargée du projet d'Alimentation en Eau dans le Sud réalisé avec l'aide du Gouvernement Japonais en 1981-1982.

(Alimentation en Eau dans le Sud (AES))

L'AES a été fondé et chargé du Projet national (1978-2000) pour l'alimentation en eau de la partie sud de Madagascar où les conditions naturelles sont particulièrement sévères et les précipitations faibles. L'AES est un organisme sous contrôle direct de la Présidence de la République, qui joue le rôle de la Direction de l'Eau et de l'Energie

(DEE) dans le Sud, et s'occupe du développement, de la gestion et de l'exploitation des adductions d'eau et des installations de puisage dans les villages.

L'AES est l'organisme en charge du présent projet, et les détails de son organisation figurent à l'article suivant.

(Société publique de l'Eau et de l'Energie) (JIRAMA)

La JIRAMA est un organisme de dimension nationale sous tutelle de la DEE (Direction de l'Eau et de l'Energie), qui s'occupe de la gestion de l'alimentation en eau potable et en électricité dans les villes. Dans la partie Sud du pays, elle est limitée à l'exploitation des adductions d'eau.

2-3-3 Alimentation en Eau dans le Sud (AES)

L'AES a été fondé le 19 septembre 1980 pour assister les activités d'alimentation en eau de la FED dans la zone Sud du pays, et depuis le 6 août 1986, elle est chargée de l'ensemble des activités liées à l'alimentation en eau dans la zone sud.

(1) Zone du projet et superficie

Il s'agit de la zone de 42.500 km² s'étendant entre les rivières Onilahy et Mandrare dans la province de Toliary, et couvrant 8 départements: Betioky Sud, Ampanihy Ouest, Bekily, Beloha, Tsihombe, Ambovombe, Amboasary Sud et Taolagnaro. (Voir la Figure 2-3-1.)

(2) Population concernée

480.000 habitants

(3) Contenu des travaux

- i) Construction et réparation des sources d'alimentation en eau des villages par des puits et des impluvia
- ii) Distribution de l'eau dans les villes principales
- iii) Gestion et exploitation de la distribution d'eau effectuée par camions citernes
- iv) Prise en compte de la population concernée et gestion-entretien

des installations de puisage

- v) Mise en place de la protection des sources d'eau par les bénéficiaires et enseignement des principes d'hygiène fondamentaux.

(4) Organisation

L'organisation de l'AES et son personnel sont indiqués respectivement à la Figure 2-3-2 et au Tableau 2-3-3.

Le Comité de Programme de l'AES est l'organisme de décision de l'exploitation de l'AES, composé d'un représentant de la Présidence de la République, du Ministère auprès de la Présidence chargé de Finance et de l'Economie, du Ministère de la Production Animale, des Eaux et Forêts, du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines, du Ministère de l'Intérieur, du Ministère de la Santé, du Ministère de la Production et de la Réforme Agraire et du Ministère du Travail et du Travailleur.

De plus, la Direction Nationale est chargée de l'élaboration des programmes d'exploitation et des activités et du rapport comptable, et les réalisations sur le terrain sont effectuées sous le contrôle de la Direction Technique de Fort Dauphin.

Figure 2-3-1 Plan du secteur sous contrôle de l'AES

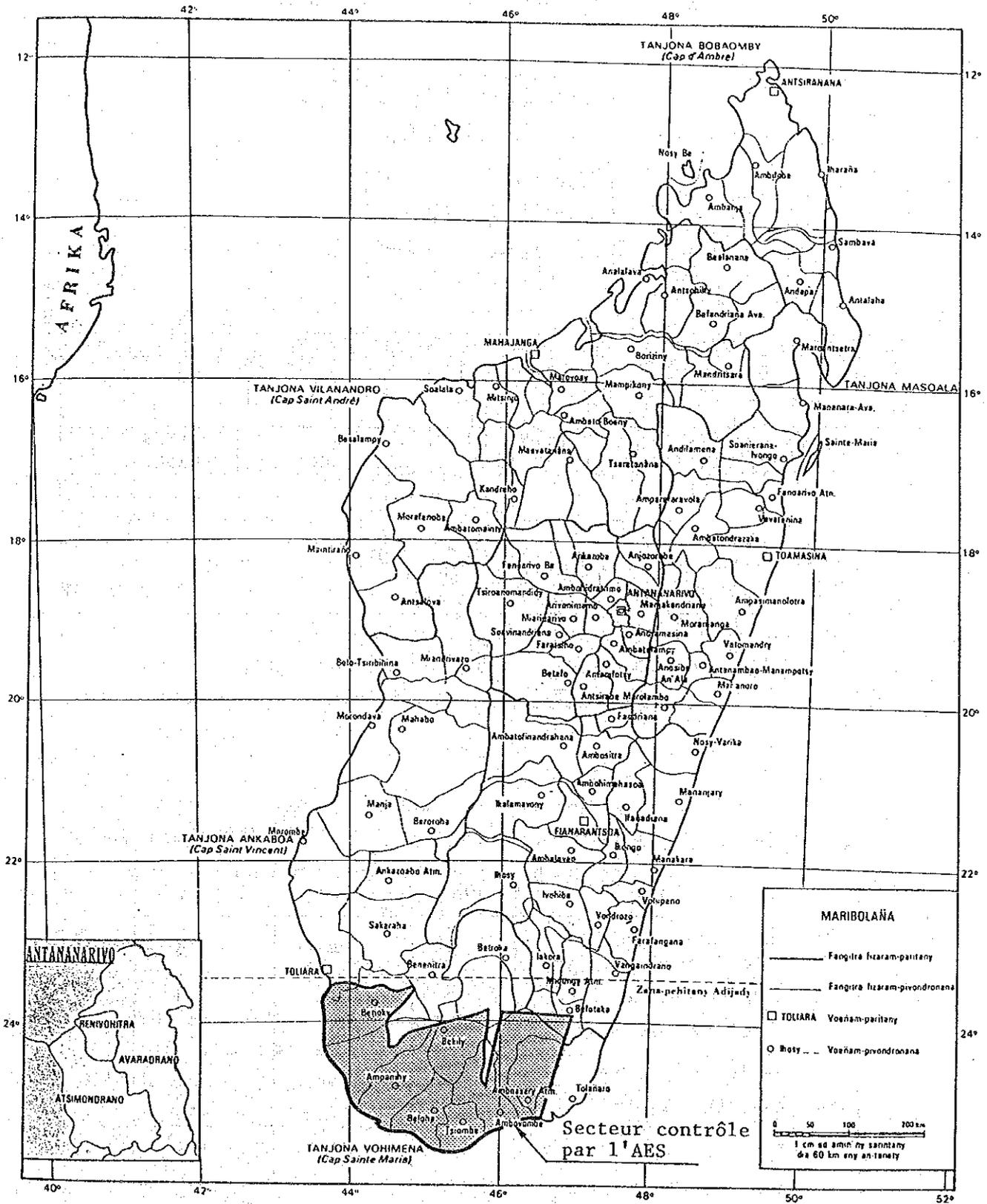


Figure 2-3-2 Organigramme de l'A.E.S.

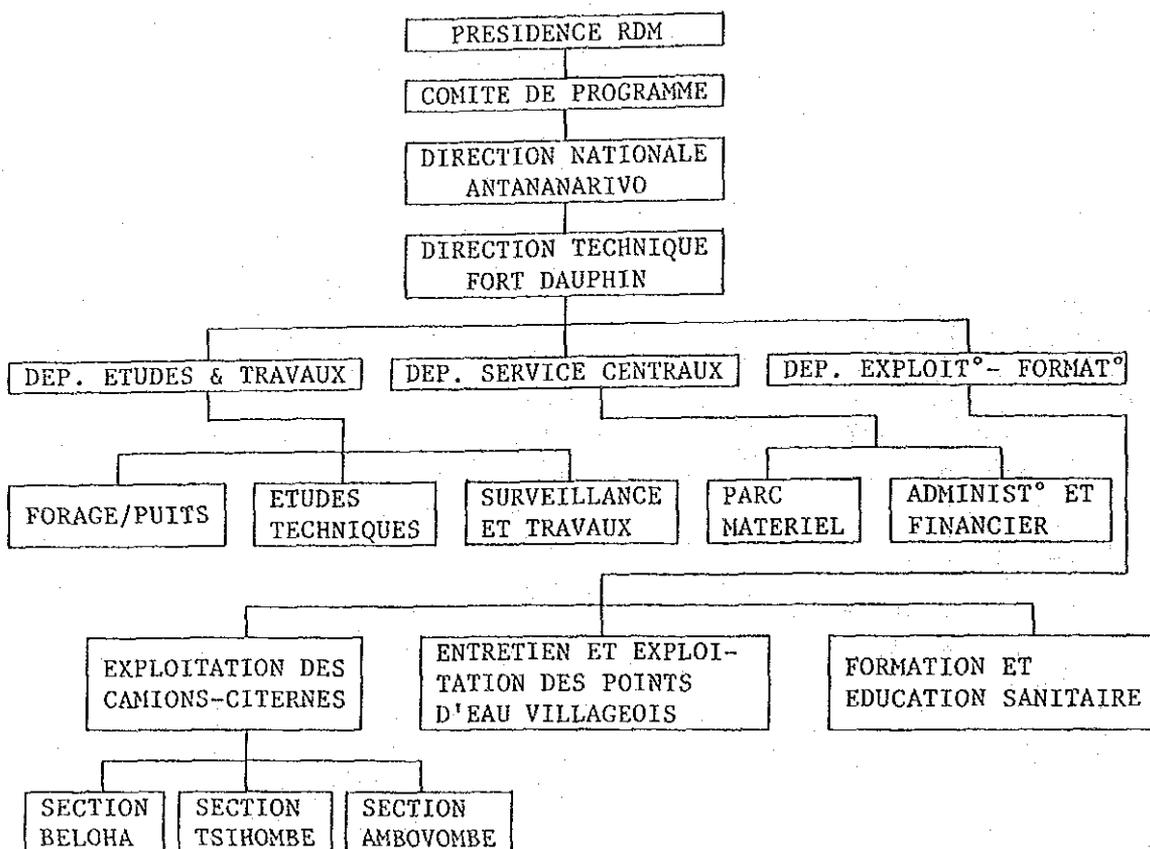


Tableau 2-3-3 Structure du personnel de l'AES (1989)

Organe (dép.)	Total	Cadres	Employés
Direction nationale (direction administrative)	9	4	5
Direction technique	4	1	3
Dép. Services Centraux	40	7	33
Dép. Etudes & Travaux	28	5	23
Dép. Exploit°- Format°	44	5	39
T o t a l	125	24	101

(5) Budget

Le Tableau 2-3-4 indique le budget des 5 dernières années de l'AES.

Tableau 2-3-4 Budget de l'AES (1984-1988)

Unité: FGM (franc malgache)

Exercice	Travaux de la FED	Assistance nationale		Recettes Commerciales	Total
		Travaux	Développements		
1984	179.364.724	75.446.926	-	14.876.657	269.688.307
1985	125.000.000	88.884.000	-	44.812.500	258.696.500
1986	200.000.000	69.523.594	25.230.406	46.400.696	341.154.696
1987	-	177.562.332	22.437.668	37.494.193	237.494.193
1988	-	235.222.394	104.777.606	74.826.055	414.826.055

Le tarif de l'eau distribuée par camions citernes est de 1.667 à 2.500 FMG le m³, ce qui constitue le revenu des activités commerciales de l'AES, mais le pourcentage de ce revenu dans le budget de l'organisme est minime, l'AES étant financé en grande partie par des subventions du Gouvernement Malgache et des aides d'organismes internationaux.

D'autre part, les prévisions de dépenses de l'exercice 1989 sont les suivantes. La part des dépenses relatives aux camions citernes, carburant, achat de pneus est importante.

Item	Dépenses (FMG)
Achat de carburant, de lubrifiant	136.206.000
Achat de pneus	198.000.000
Frais de personnel	36.000.000
Equipement pour le service des affaires générales	4.000.000
Equipement concernant l'aménagement	6.000.000
Divers	2.000.000
Total	382.866.000

(6) Machines

Les principales machines en possession de l'AES sont les camions citernes, qui lui ont été fournis dans le cadre la coopération financière non remboursable du Gouvernement japonais en 1981-82. Le transport de l'eau par ces camions citernes dans le cadre de ses activités d'alimentation en eau potable de la ville d'Ambovombe dépourvue de sources d'eau et de ses environs est un élément important des activités de l'AES.

L'état des camions citernes sera détaillé dans le Chapitre 3, mais 8 ans ont passé depuis la fourniture de ces véhicules qui ont parcouru plus de 300.000 km, leur usure est importante, et ils seront bientôt inutilisables. Mais, bien que les conditions naturelles soient sévères et que les installations de maintenance des véhicules soient très rares, comparés aux véhicules fournis à d'autres pays africains dans le cadre de la coopération financière non remboursable, le taux de fonctionnement actuel de 73% (11 des 15 camions citernes fournis sont toujours en service) est bien meilleur. Cela témoigne de l'attention accordée à l'exploitation des véhicules et d'une bonne technique de maintenance.

(7) Niveau technique et résultats

L'AES s'occupe du développement, de la gestion et de l'exploitation des activités d'alimentation en eau depuis 9 ans seulement, mais elle a construit de nouveaux puits et des impluvia de pluie de 1982 à 1986 avec l'aide du FED. Vu ces résultats, les FED et FAD ont promis d'accorder leur aide pour de nouvelles constructions d'installations d'alimentation en eau. On ne peut pas nier que l'équipe technique manque un peu d'expérience, mais dans les activités quotidiennes de l'AES, elle s'occupe à la fois du classement et de la conservation des enregistrements concernant diverses exploitations et de la gestion des carnets de camions citernes, des fiches de déplacement des camions citernes, des carnets de maintenance des véhicules, etc., qui montrent l'état de fonctionnement réel des véhicules, et démontrent un sens de la responsabilité et une capacité de suivi très estimable.

De plus, le MIEM, membre du Comité de Programme de l'AES, a une longue expérience dans le domaine de l'exploitation des eaux potables non seulement sur les sites des projets, mais dans tout le pays, et peut fournir un appui suffisant sur le plan technique pour le suivi du projet.

Le Tableau 2-3-5 indique les travaux exécutés par l'AES et les travaux prévus.

Tableau 2-3-5 Résultats de travaux de développement et projets futurs

Exercice	Pays d'assistance	Puits	Impluvia	Réservoirs de stockage	Camions citernes	Adductions d'eau
* 1981-1982	Gouvernement japonais	6	11	9	15	-
1982-1986	F E D	22	86	-	-	4
1987	interne	12	7	12	-	-
1988-1992	F E D	120	85 - 100	-	-	-
1989-1993	F A D	143	-	-	-	9

Sources: AES * Organisme sous responsabilité du MIEM confié à l'AES en 1986.

2-3-4 Aide étrangère

Le Tableau 2-2-1 donne la liste des projets nationaux liés à l'alimentation en eau exécutés à Madagascar, mais comme il s'avère difficile sur le plan financier de les réaliser lui-même sur ses fonds propres, en dehors du présent projet, 9 des 12 autres projets nationaux actuellement en cours sont réalisés avec l'aide de pays étrangers ou d'organismes internationaux, et tous ces projets sont établis de sorte qu'ils ne fassent pas double emploi.

Parmi ces projets, la zone du Projet d'alimentation en eau dans le sud dont s'occupe l'AES avec l'aide du FED/FAD, recoupe celle du projet d'alimentation en eau japonais, aussi donnons-nous ici un résumé du projet du FED/FAD.

La Figure 2-3-3 indique les zones à la charges des FED et FAD, divisées selon les conditions géologiques.

(Projet du FED)

Zone du projet : 30.000 km²
 Population concernée : 350.000 habitants
 Contenu de l'aide : 120 forages, 85 à 100 impluvia
 Date d'achèvement : 1992

La sol de la zone du projet se compose en majorité de roches sédimentaires post-secondaires, et se divise en zones où l'exploitation des eaux souterraines est possible, où l'exploitation s'avère difficile et où l'exploitation est pratiquement impossible. Dans le premier cas, on construira des forages, et dans les deux autres des impluvia.

La zone du projet japonais est comprise dans la zone du projet du FED, mais si l'on considère la zone qui se chevauche, la FED ne prévoit que la construction d'impluvia aux environs de la ville d'Ambovombe, et non des travaux pour assurer l'alimentation en eau potable des habitants d'Ambovombe. De plus, les impluvia servent à l'alimentation en eau potable durant la saison des pluies, mais durant la saison sèche, le transport de l'eau par camions citernes est indispensable.

Le tableau suivant indique simplement les caractéristiques de l'aide de la FED et de celle du Japon dans la zone se recoupant.

Tableau 2-3-6 Rôle du FED et du Japon dans les zones de projet se chevauchent (gestion: AES)

Pays d'assistance	Bénéfice pour la population locale	Répartition des habitants
Japon	Alimentation en eau tout au long de l'année	Ville d'Ambovombe
		Banlieue d'Ambovombe Pas d'impluvia
	Alimentation en eau durant la période sèche	Banlieue d'Ambovombe Impluvia (FED, etc.)
F E D	Alimentation en eau durant la période humide	Banlieue d'Ambovombe Impluvia

(Projet du FAD)

Superficie:	12.500 km ²
Population concernée:	233.000 habitants
Contenu de l'aide:	143 forages et puits, 9 installations de distribution d'eau
Année d'achèvement des travaux:	1993

Le sol de la zone concernée se compose principalement de gneiss et de roches métamorphiques, l'exploitation des eaux du courant souterrain des rivières et des eaux souterraines de la couche altérée semble possible.

La zone est centrée à 120 km au nord-ouest de la ville d'Ambovombe où elle ne recoupe pas celle du projet japonais.

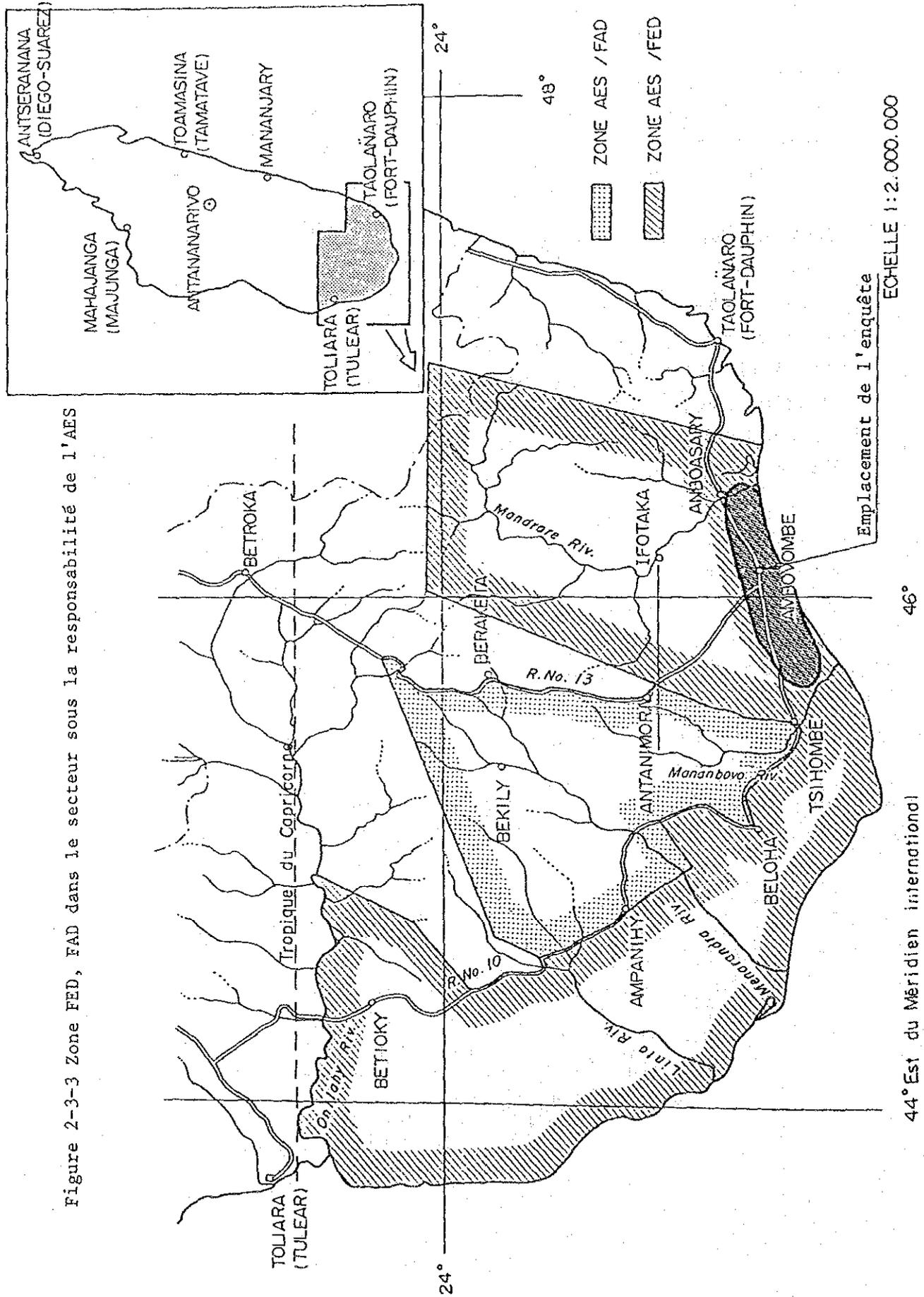


Figure 2-3-3 Zone FED, FAD dans le secteur sous la responsabilité de l'AES

2-4 Historique et contenu de la requête

2-4-1 Historique de la requête

En 1981, le Gouvernement Japonais a fourni 15 camions citernes et construit des impluvia et des forages pour les habitants du Sud du pays souffrant de la pénurie en eau dans le cadre de sa Coopération financière non remboursable, depuis 8 ans ont passé, les véhicules fournis sont terriblement usés.

D'autre part, la population du Sud a augmenté, ainsi que leur consommation en eau, et la requête pour l'alimentation en eau devient de plus en plus forte.

Vu cette situation, l'AES, par l'intermédiaire du Gouvernement Malgache, a demandé au Gouvernement Japonais de réaliser une deuxième phase de fourniture de camions citernes et de construction d'installations d'alimentation en eau dans le cadre de sa Coopération financière non remboursable.

Après la requête d'août 1988, une requête additionnelle a été déposée en mars 1989, dont le contenu est décrit ci-dessous.

2-4-2 Contenu de la requête

La requête d'août 1988 demandait principalement la réhabilitation des camions citernes usés et la fourniture de nouveaux camions citernes, ainsi que la fourniture d'équipements pour l'alimentation en eau. Mais en mars 1989, en plus des camions citernes, la requête portait sur la construction d'installations d'alimentation en eau et des sources d'eau.

Par conséquent, la requête se compose de deux parties, construction d'installations et fourniture d'équipements.

(1) Zone du projet

La zone du projet est à cheval sur 3 départements et centrée sur la ville d'Ambovombe. Incluant Tshihombe et Beloha, elle est limitée à l'est par la rivière Mandrare, à l'ouest par la rivière Menarandra et

au nord par la Nationale 10.

(2) Population bénéficiaire

Alimentation en eau de 22.000 habitants de la ville d'Ambovombe et de sa banlieue, et de 73.100 habitants des villages environnants par camions citernes, construction de réservoirs d'alimentation pour 10.000 de ces 22.000 habitants, et pose de conduites jusqu'aux 17 réservoirs.

(3) Volume d'eau fourni

Le volume d'eau du projet a été fixé pour l'exercice 1992, l'année d'exécution du projet, et l'objet est de 10 l par jour et par personne en ville, et de 5 l par jour et par personne dans les villages.

(4) Contenu de la requête

Pour les habitants des villes, on a d'abord projeté de fournir 10 l par jour et par personne à 10.000 des 22.000 habitants de la ville d'Ambovombe et de ses environs, et établi un plan d'alimentation de 100 m³/jour. C'est pourquoi il faudra porter à 70 m³/jour les 43 m³/jour pompés actuellement de la couche aquifère de la zone de Mahavelo en forant de nouveaux puits, et apporter les 30 m³/jour restant de la rivière Mandrare par camions citernes. On prévoit également de fournir aux habitants de la banlieue 5 l par jour et par personne en établissant un projet d'alimentation stable fondé sur le renforcement des installations existantes et du service d'alimentation par camions citernes. Sur la base de ce projet, le Gouvernement Malgache demande la construction de nouvelles installations d'alimentation, la réhabilitation des équipements de pompage délabrés et la fourniture de camions citernes. En gros, les points essentiels de la requête sont les suivants:

Contenu de la requête

1. Construction d'installations

- (1) Installations de gestion-entretien de véhicule
- (2) Prospection électrique et creusement de forages
- (3) Construction de citernes d'alimentation en eau (capacité de 100 m3)
- (4) Pose de conduites d'eau jusqu'à 17 réservoirs d'eau
- (5) Installation d'épuration simple

2. Equipements à fournir

- (1) Camion citerne..... 15 unités
- (2) Pièces de rechange pour camion citerne..... 1 ensemble
- (3) Citerne routière..... 1 unité
- (4) Atelier mobile..... 1 unité
- (5) Pick-up..... 3 unités
- (6) Réservoir de stockage de carburant..... 4 unités
- (7) Outillage..... 3 ensembles
- (8) Equipement pour forages existants..... 1 ensemble
- (9) Pompe immergée (pour les puits existants
d'Ambovombe et d'Ambondro)
- (10) Equipement d'analyse de l'eau..... 1 ensemble

3. Autres

- (1) Stage de formation pour les mécaniciens

CHAPITRE 3 APERÇU DE LA ZONE DU PROJET

3-1 Conditions générales

3-1-1 Emplacement et population

La ville d'Ambovombe, située au centre de la zone du projet, est la préfecture du département d'Ambovombe, située dans la province de Toliary. Elle se trouve à environ 690 km à vol d'oiseau de la capitale Antananarivo, à 330 km au sud-est de la ville de Toliary, capitale de la province, et à quelque 110 km, et 2 h 30 de voiture de Fort Dauphin, d'où partent des vols réguliers.

La province de Toliary se compose de 21 départements (Fivondronana), et la zone d'activité des camions citernes dans la zone d'enquête du projet s'étend sur 3 départements côtiers: Ambovombe, Tsihombe et Beloha.

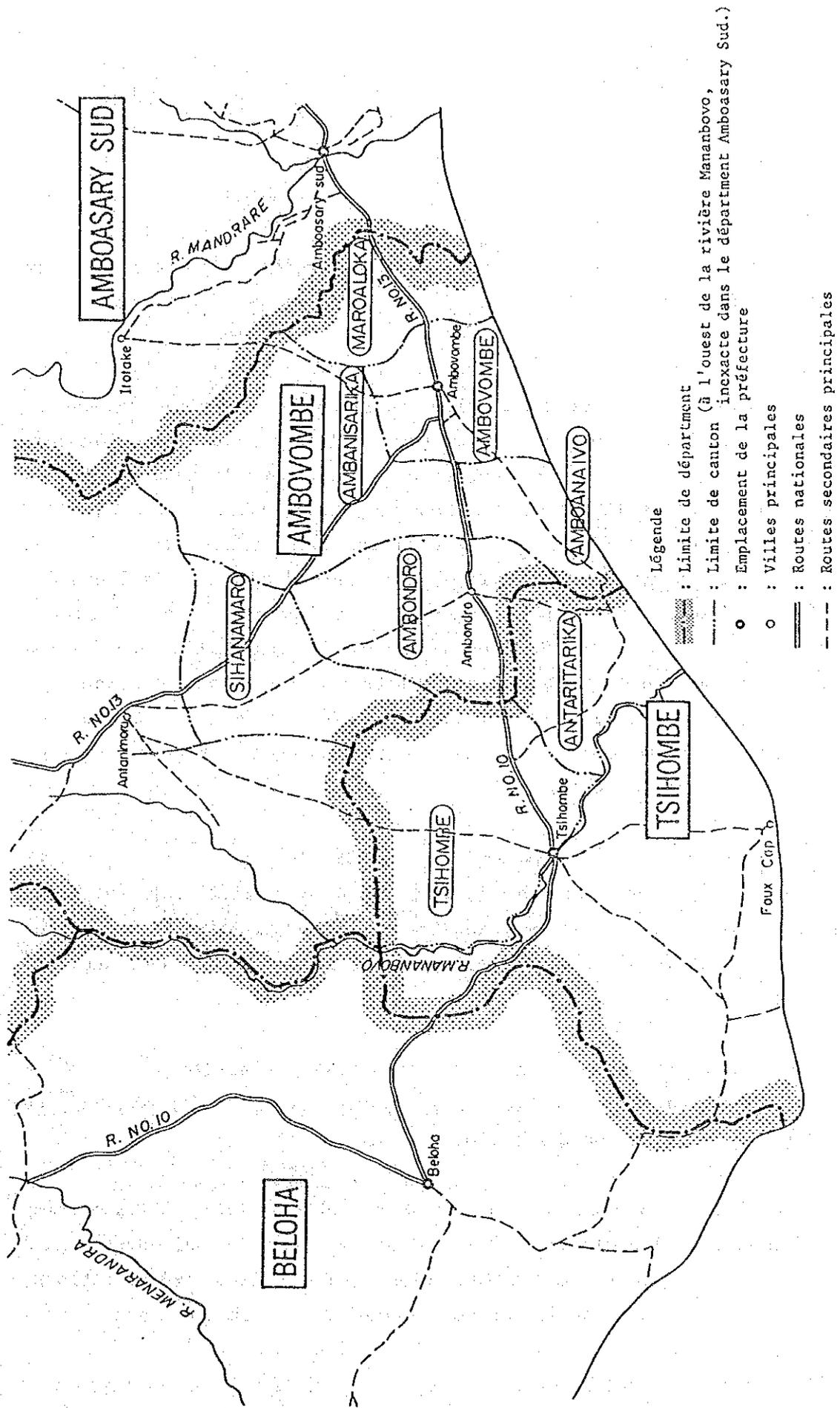
Sur le plan administratif, chaque département est sub-divisé en cantons (Firaisana), et 13 cantons au total sont concernés par le présent projet. La population totale concernée est de 190.050 habitants (mars 1989), mais une partie de la population de la zone s'alimente en eau à partir des eaux souterraines et de surface, et utilise l'adduction d'eau du JIRAMA. On estime la population dépendant de l'alimentation en eau par camions citernes à 95.100 habitants (estimation 1991). (Voir le Tableau 3-1-1.)

De plus, les systèmes d'alimentation en eau sont différents pour la ville d'Ambovombe et ses environs, et ce qu'on appelle Ambovombe est le rassemblement de 14 villages (Fokontany) d'une densité de population assez importante, estimé à un total de 22.052 habitants. Dans ce projet, nous avons ajouté à la population rurale de la banlieue d'Ambovombe de 22.052 habitants indiquée ci-avant 45.048 habitants, ainsi la population bénéficiaire a-t-elle été portée à un total de 67.100 habitants.

Tableau 3-1-1 Population de la zone du projet

Préfecture (Fivondronana)	Canton (Firaisana)	Population * (Mars 1989)		Population alimentée en eau (estimation 1991)
Ambovombe	Ambovombe	52.291	(6.300)	67.100
	Maroaloka	16.375	(1.972)	
	Amboanivo	6.923	(.334)	
	Ambondro	17.997	(2.168)	
	Sihanamaro	14.400	(1.734)	
	Ambanisarika	8.106	(976)	
Tsihombe	Tsihombe	17.350	(2.090)	16.900
	Faux-Cap	12.140	(1.462)	
	Marovato	8.840	(1.092)	
	Antaritarika	9.070	(1.092)	
Beloha	Beloha	15.709	(1.892)	11.100
	Marolinta	6.272	(755)	
	Tranovaho	6.577	(792)	
Total		190.050 (23.159)		95.100

* (): nombre de ménages



- Légende
- : Limite de département
 - - - : Limite de canton (à l'ouest de la rivière Mananbovo, inexacte dans le département Amboasary Sud.)
 - o : Emplacement de la préfecture
 - o : Villes principales
 - == : Routes nationales
 - - - : Routes secondaires principales

Figure 3-1-1 Secteur administratif

3-1-2 Climat

La zone du projet fait partie de la zone tropicale semi-aride à deux saisons, une saison sèche, d'avril à octobre et une saison humide de novembre à mars.

En considérant les données pluviométriques d'Ambovombe de ses 11 dernières années, on obtient une moyenne de 570 mm, et si l'on examine les données par année, on constate l'existence d'années de pluies importantes 801 mm (1987) et d'années de pluies faibles 328 mm (1988), et que l'écart entre les années est considérable. De plus, si l'on considère le volume pluviométrique avant 1979 (documents de l'enquête de l'exercice 1980), on peut constater que les pluies annuelles ont diminué de 60 à 70 mm. Si l'on considère la répartition des pluies durant l'année, on voit que 40% des pluies annuelles tombent durant les 7 mois de la saison sèche et 60% durant les 5 mois de la saison humide; il pleut donc tout au long de l'année, ce qui rend difficile de discerner la saison sèche.

La température annuelle moyenne est de 23,9°C, et de mai à juillet, la température moyenne est faible, de 20,0 à 21,8°C, alors qu'en septembre et octobre, elle est de 28°C environ. Comparé à la moyenne de 22,5°C d'avant 1979, on peut dire que la température moyenne a augmenté de plus d'1°C.

L'humidité moyenne est de 64,5% (données d'observation de 1975 à 1977), il n'y a pas de différences importantes entre les saisons, ce qui rend la distinction difficile.

D'après les données d'évaporation de 1975 à 1978, l'évaporation moyenne journalière est de 2,77 à 3,52 mm par jour, ce qui correspond à 1011 à 1285 mm par an, une valeur bien supérieure aux précipitations, et reflète bien le caractère de zone aride de la région concernée.

L'une des caractéristiques de la zone est qu'elle est constamment sous l'effet des vents d'est, qui soufflent tout au long de l'année à

une vitesse de 24 à 28 km/h.

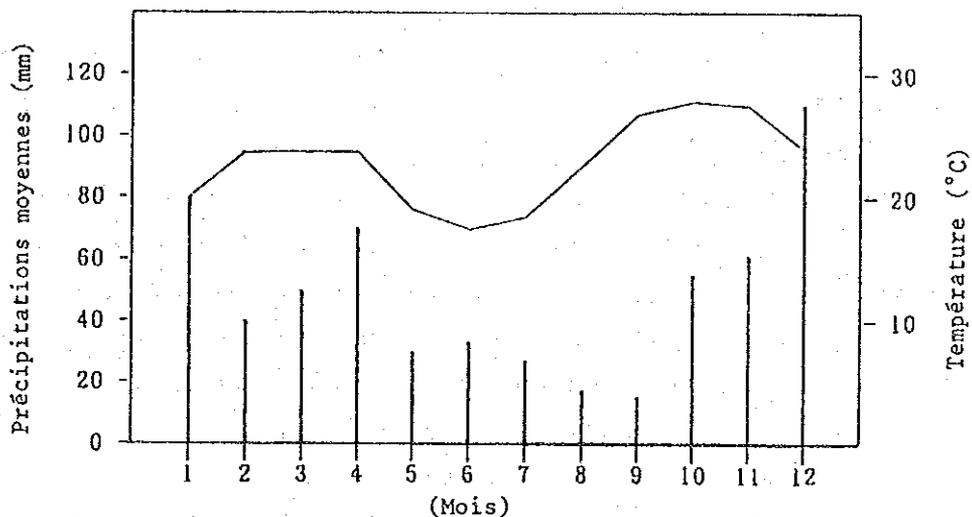


Figure 3-1-2 Précipitation et température mensuelle à Ambovombe

Tableau 3-1-2 Données climatiques de la ville d'Ambovombe (valeurs moyennes de 1978-1988)

Mois / Item	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total	Moyenne
Précipitations (mm)	81,8	38,5	48,5	69,5	28,3	31,9	27,6	17,4	14,2	53,6	60,1	100,8	571,1	47,6
Jours de pluie (jour)	6,1	4,8	5,1	7,1	5,0	6,9	5,3	3,4	4,3	6,0	6,3	7,4	67,7	5,6
Température (°C)	22,1	25,3	25,4	25,4	21,8	20,0	21,3	23,9	27,4	28,1	28,0	25,9	-	23,9

Source: Operation Androy — Ambovombe

Pas de données de précipitations de 1980 et de juin à décembre 1982.

3-1-3 Relief et géologie

(1) Relief

L'ossature de l'île de Madagascar se compose de roches métamorphiques précambriennes, et du nord au sud, au centre de l'île, il y a des plateaux d'une altitude de 1000 à 2000 m.

La cuvette d'Ambovombe, zone du projet, qui se trouve à l'extrémité sud de l'île, est comprise entre les plateaux (d'une hauteur de 150 à 600 m à proximité de la zone de l'enquête) et l'Océan Indien; elle est limitée à l'est et à l'ouest respectivement par les rivières Mandrare et Mananbovo qui prennent leur source dans les plateaux au nord.

La surface de la cuvette est constituée en grande partie de sédiments, et a des formes douces d'une altitude de 120 à 300 m. Et en bord de mer, les dunes quaternaires d'une hauteur de 150 à 300 m sont caractéristiques; vers l'intérieur, à proximité d'Ambovombe, elles sont plus basses, de 120 à 140 m. On peut donc dire que la cuvette d'Ambovombe est coincée entre les monts du nord et les plateaux côtiers. De plus, au nord, d'Antanimora à Ambovombe, il existe des terrains alluviaux, où coule un réseau de petites rivières, en particulier la Bemanba, qui prennent leur source dans les monts du nord. Toutes ses rivières disparaissent (se tarissent) sur leur cours, et durant la saison humide, dans une zone de faible altitude, se forment des zones inondées ou de marécages.

La rivière Mandrare, située à la limite est de la zone du projet, coule sur une pente de 1/1000e, c'est une rivière large à débit important, qui ne tarit pas. D'autre part, la pente de la rivière Mananbovo qui coule dans la partie nord est de 1/600e, elle se tarit durant les mois de la saison sèche, mais un courant souterrain existe tout au long de l'année.

(2) Géologie

La structure fondamentale de la cuvette d'Ambovombe se divise en socle et en roches sédimentaires. Le socle se répartit sur le côté extérieur

de la zone courbée vers le nord qui lie Tsihombe, Antanimora, Ifotoka et Amboasary, et l'on trouve des roches sédimentaires vers la partie sud, centrée sur Ambovombe.

Le socle se compose de roches métamorphiques précambriennes et de roches magmatiques crétacées. Les roches métamorphiques du sud de la zone du projet sont de type androyen, la couche la plus ancienne des roches précambriennes de Madagascar, et se répartit en gneiss, leptinite et pyroxénite. Cette couche se trouve dans la partie nord de la zone, entre Antanimora et Tsihombe, dans la partie ouest et sur la rive gauche de la rivière Mandrare.

Dans la partie nord-est centrée sur Ifotoka, on trouve du basalte et de la rhyolite dans les roches métamorphiques crétacées.

Les roches sédimentaires se composent de couches empilées de néogène, quaternaire, d'alluvions et d'une couche de surface de sables bruns et blanc.

La formation néogène se compose d'argile, de grès argileux, de grès, de conglomérats, d'arènes, etc. Les études de forage à Ambovombe ont montré sa présence dans toute la cuvette d'Ambovombe, elle est couverte par la couche superficielle de sédiments, et n'est visible que dans la partie nord-ouest où le socle se trouve près de la surface et sur les bords de la rivière Mandrare. La Figure 3-1-4 indique la profondeur de la base de la formation néogène; dans le sud, elle se trouve assez en profondeur, et en bord de mer à -100 m. L'épaisseur de cette couche est estimée à 100 m environ dans sa partie la plus épaisse, son épaisseur diminuant brusquement au sud d'Ambovombe pour n'être plus que de 2 m.

La formation quaternaire se compose de sédiments de type sable, recouvrant irrégulièrement la formation néogène, composée de grès de type sable et calcaire. Cette formation se divise en acpyorrien, karimbolien et flandrien. L'acpyorrien se trouve en grande quantité sur les plateaux de 124 à 270 m à proximité d'Ambovombe. Le karimbolien se trouve sur les plateaux de 150 à 300 m qui suivent la ligne côtière, et est d'une profondeur de 100 à 150 m. La zone de dunes où se trouve cette formation est souvent composée d'une couche superficielle de roches calcaires tendres. Et les dunes d'une hauteur de 40 m forment

une bande étroite le long de la côte.

Il y a beaucoup de sable brun, sédiments de surface, dans la zone du projet, mais l'on estime qu'elle fait suite à la couche quaternaire au-dessous.

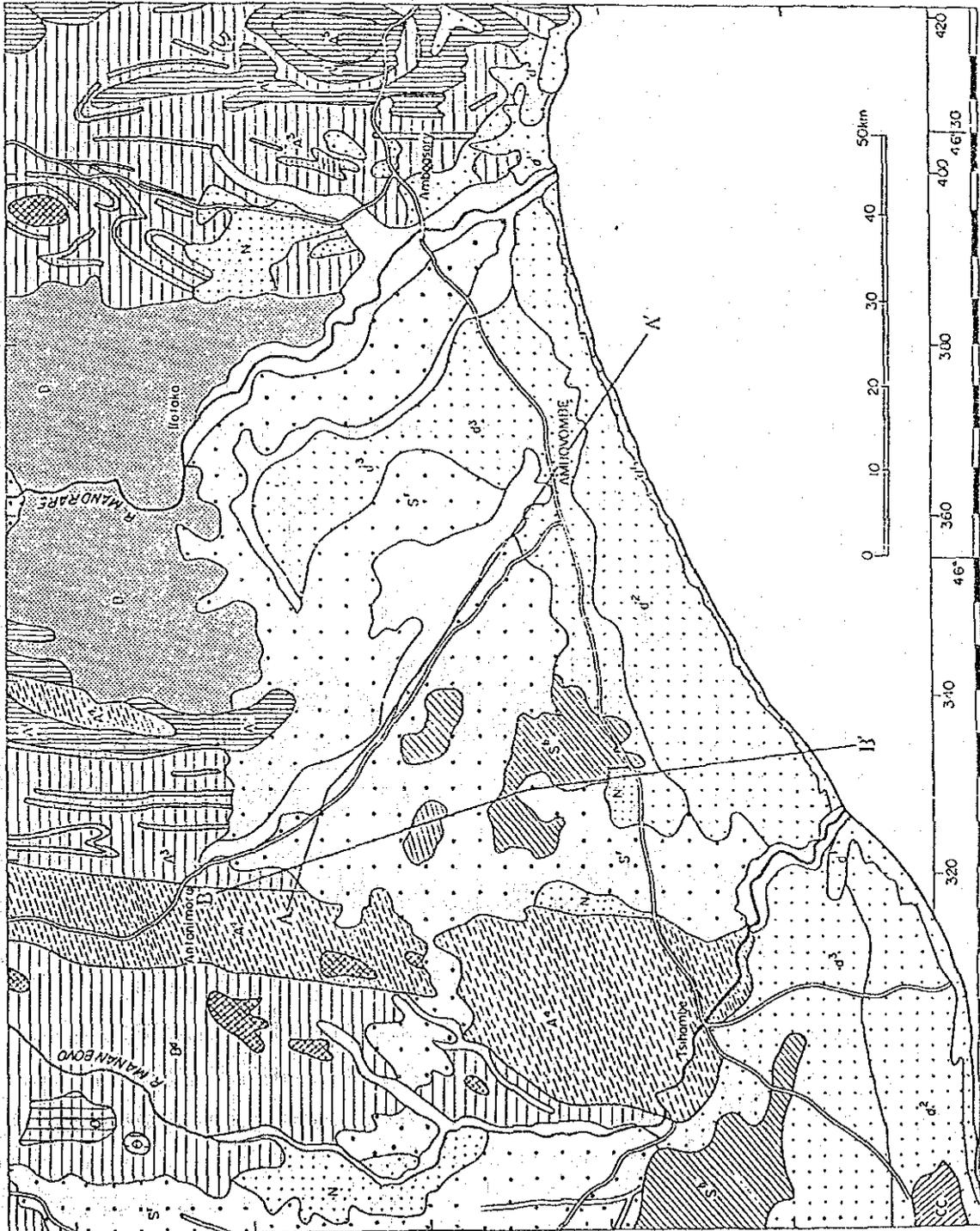
D'autre part, on trouve du sable blanc aux environs d'Ambondro et dans le nord-ouest de la zone, c'est un élément sédimentaire plus délié que le sable brun.

Dans la zone alluviale basse au nord d'Ambovombe, on trouve des sédiments boueux de type lacustre, dont l'épaisseur est estimée à 10 m maximum.

Le lit des rivières Mandrare et Mananbovo se compose d'une couche sableuse finement déliée.

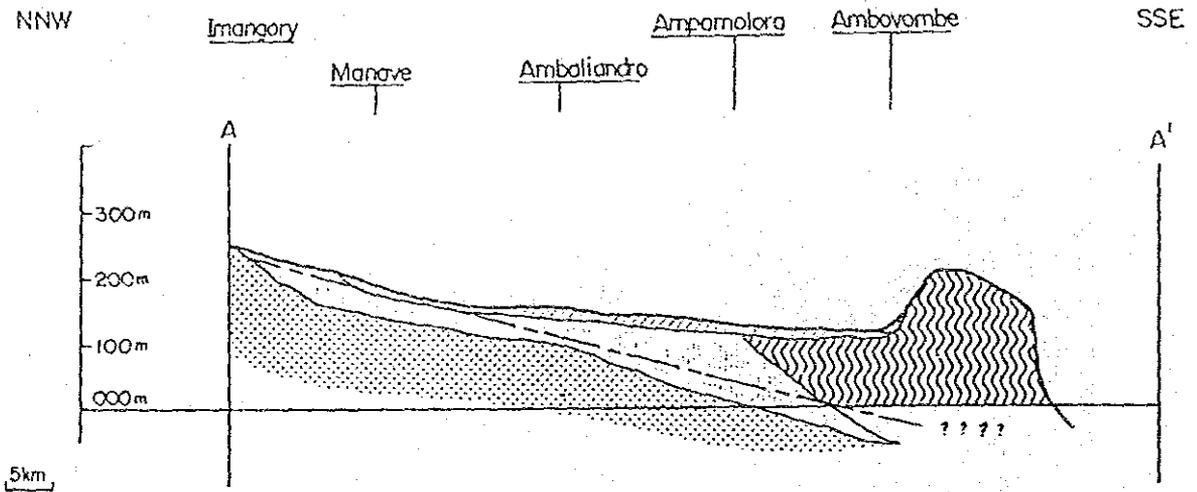
Si l'on considère tous les sédiments de la cuvette d'Ambovombe, ils sont doucement orientés dans la direction sud/sud-est. Et la prospection électrique effectuée dans le passé a laissé supposer l'existence d'une faille orientée nord-ouest/sud-est à proximité de la zone alluviale d'Ampanlora, qu'on estime être une vieille faille arrêtant le déplacement du socle.

Figure 3-1-3 Carte géologique de la cuvette d'Ambovyombe

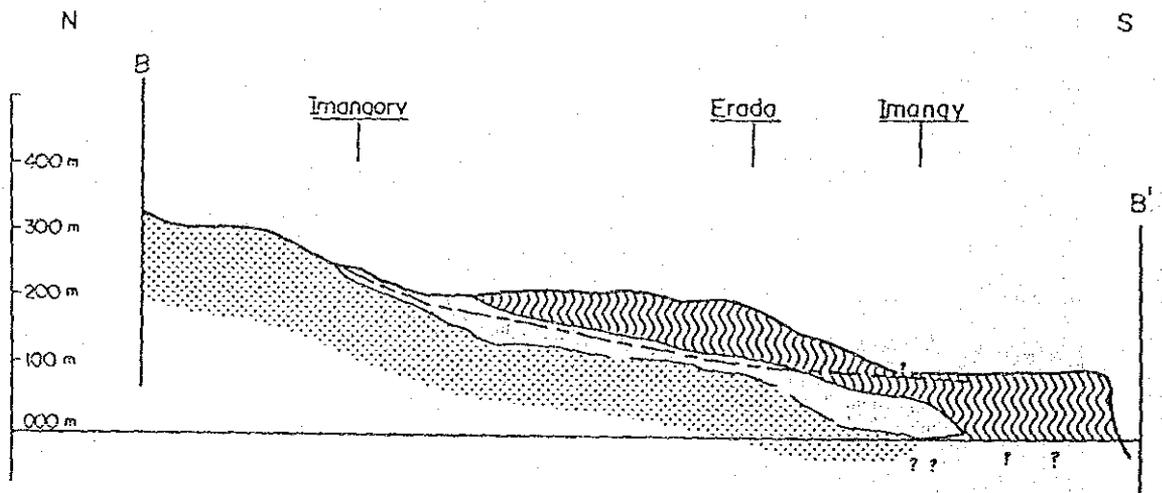


- Ailvions
- Sables Blancs
- Dunes vives
- Dunes karimboïennes
- Grande dune talsimienne
- Sables roux
- Carapace calcaire
- Néogène continental
- Basaltes, Rhyolites (Volcanisme Crétacé)
- Système du Graphite
- Lepynites à graphite
- Lepynites à granat
- Lepynites granitoides
- Amphibolites à hypobésimène Pyroxénites
- Wernérites, Pyroxénites, Cipollins
- Lepynites, Quartzites
- Gneiss à cordiérite
- Lepynites à bordièrite
- Granite
- Anorthosite

Figure 3-1-4 Coupe géologique



Dess. RAMARISOLOPO Ch.



Legende :

-  Sables
-  Alluvions
-  Quaternaire
-  Néogène
-  Socle
-  Niveau piézométrique

3-2 Situation des ressources en eau

3-2-1 Rivières

Les rivières Mandrare et Manabovo, qui prennent leur source dans les monts du nord et se jettent dans l'Océan Indien, servent de source d'eau aux habitants de la zone aux environs de la zone du projet.

(1) Rivière Mandrare

1) Conditions générales

La rivière Mandrare coule du nord au sud à proximité de la ville d'Amboasary Sud qui se trouve à 35 km à l'est d'Ambovombe; son bassin est de 11,902 km², et sa longueur de 270 km. Les précipitations sont de 600 à 1000 mm par an dans son bassin, relativement bien arrosé; la rivière a de l'eau toute l'année, et en septembre, période de crue, son débit moyen est de 6 m³/sec.

Le tableau ci-dessous indique les données de débit concernant Amboasary Sud.

Tableau 3-2-1 Débit mensuel de la rivière Mandrare

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne	Total
*Débit mensuel moyen (m ³ /sec)	177	135	112	32,8	16,7	11,3	8,4	7,8	6,2	9,3	43,6	68,2	52,3	—
*Débit mensuel total (10 ⁶ m ³)	339	285	218	121	81	47	34	33	23	54	51	278	130	1564

*1 Précipitations moyennes de 1968-1978 (pas de données 1975-1976)

*2 Données de LONGHZ (1979) révisée par Land System

Cette eau de surface est transportée à Ambovombe et dans ses environs par les camions citernes de l'AES, et les habitants de la zone fluviale s'en servent directement pour leurs besoins. Et dans les zones environnantes où les camions citernes ne peuvent pas aller, des vendeurs d'eau vendent l'eau puisée à la rivière.

2) Conditions physiques et géologiques

Dans les environs d'Amboasary Sud (nationale 13, pont sur la Mandrare), la largeur du lit de la rivière est de 300 à 400 m, et les rives sont des pentes raides de 6 à 7 m de haut, et sur les deux bords, on trouve une surface plate de quelque 20 m de hauteur. Elle est largement couverte du sable délié du lit de la rivière, mais sur une partie de la rive gauche, apparaît directement le conglomérat rocheux. En période de sécheresse (septembre), le courant abondant se trouve sur la rive gauche, le cours de la rivière est inférieur à 100 m, et sa profondeur est de 20 cm en moyenne. Ce courant abondant se trouve entre 700 et 1000 m en amont du pont de la Mandrare, le long de la pente de la rive droite.

La structure géologique le long de la rivière est la suivante:

Surface	Sable
	Argile
	Conglomérat calcaire
↑	
Profondeur	Roche cristalline

Les résultats de l'étude du sol aux fondements du pont de la Mandrare (septembre 1952) figurent dans la coupe géologique de la Figure 3-2-1.

(Roche cristalline)

La roche cristalline est un socle très dur. Cette couche apparaît à peine sur le fondement du pont, en amont et en aval, elle est recouverte de roches sédimentaires.

(Conglomérat calcaire)

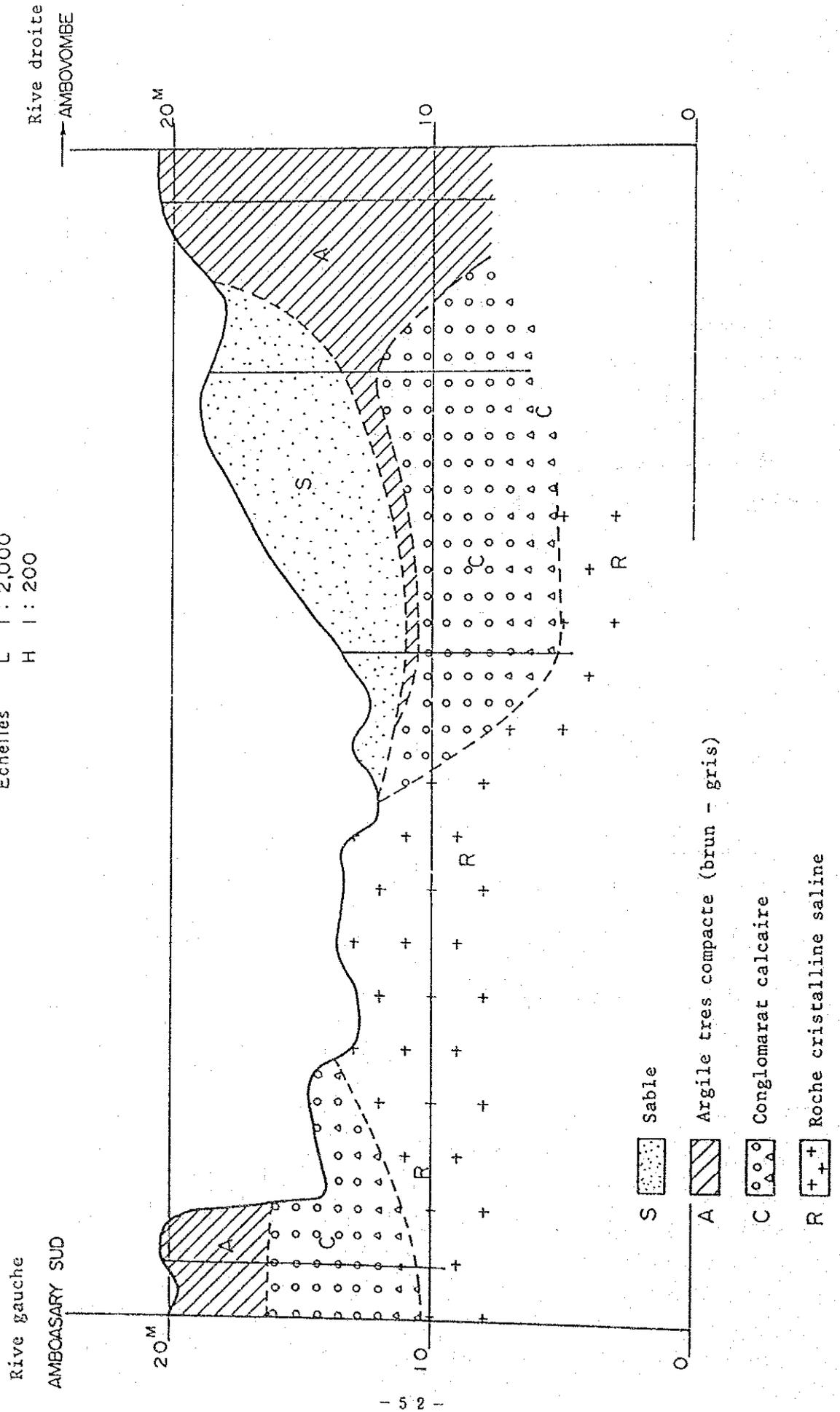
Le conglomérat calcaire se compose de sédiments néogènes, visibles en continu sur la rive gauche de la rivière. Le calcaire se compose de conglomérats ronds d'un diamètre de moins de 10 cm, et à la liaison irrégulière avec la couche cristalline inférieure, les conglomérats (grains) mélangés ont un diamètre de 20 à 50 cm. La matrice étant un grès comprenant beaucoup d'éléments calcaires, il y a consolidation, et les sédiments néogènes sont relativement durs.

(Couche d'argile)

La couche d'argile se compose de sédiments alluviaux non consolidés selon les documents du MIEM, se trouvant dans la zone plate du bassin fluvial de la Mandrare. Elle est visible en continu sur la pente raide des deux rives de la rivière. Et d'après les résultats de forages précédents, on peut la trouver en couche fine coincée entre le conglomérat inférieur et le sable supérieur. Elle apparaît de couleur brune, mais les forages ont révélé qu'elle était partiellement de couleur gris-bleu. La couche argileuse de surface s'est attendrie sous l'effet de l'érosion, et dans l'enquête de forage, elle est décrite comme une couche très compacte.

Figure 3-2-1 Coupe géologique de la partie du pont sur la rivière Mandrara

Echelles L 1 : 2,000
H 1 : 200

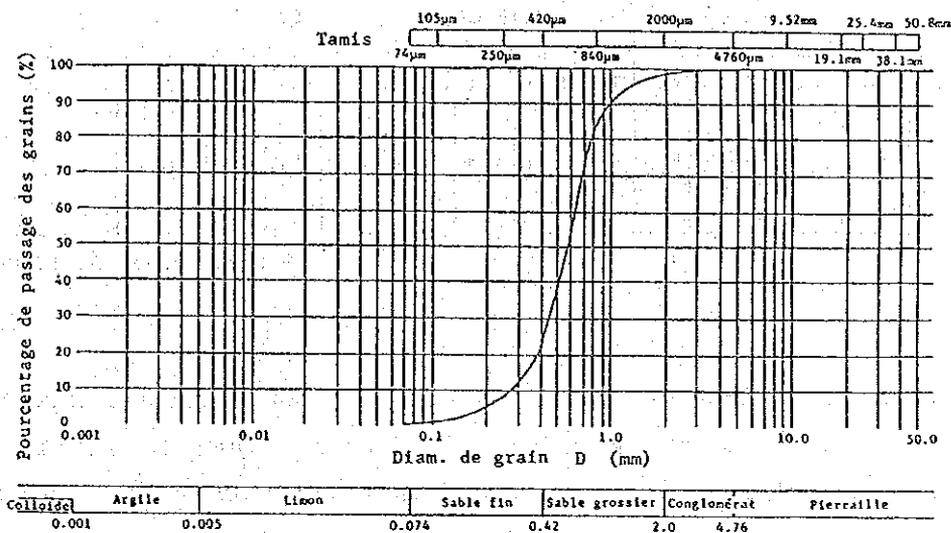


(Couche de sable)

La couche supérieure est entièrement composée de sable, et les données actuelles permettent d'évaluer son épaisseur à 5-6 m. On estime que le point le plus profond de la couche se trouve à 1 m environ sous le cours actuel de la rivière. La limite avec la couche inférieure étant irrégulière, il est difficile d'estimer la limite inférieure à partir du relief et du courant abondant, et il convient de penser qu'elle est très variable.

La couche de sable se compose principalement de grains de grosseur moyenne, et la Figure 3-2-2 donne la répartition des grosseurs de grain.

Figure 3-2-2 Courbe de distribution des grosseurs de grain



Le coefficient d'infiltration (k) de la couche de sable a été établi comme suit en fonction des formules de composition des grains.

o Formule de Hazen:

10% du diamètre de 0,28 mm $k = 1,35 \times 10^{-1}$ cm/sec.

o Formule de Creager:

20% du diamètre de 0,365 mm $k = 3,50 \times 10^{-2}$ cm/sec.

Cette couche de sable a donc un coefficient d'infiltration élevé, et présente une répartition de grains qui laisse espérer l'existence de courants souterrains.

(2) Rivière Mananbovo

La rivière Mananbovo coule du nord au sud à proximité de la ville de Tsihombe, située à environ 67 km à l'ouest d'Ambovombe. Son bassin fluvial est de 4.450 km² et sa longueur de 165 km. Les précipitations sont de 500 à 700 mm par an, son bassin est plus petit que celui de la rivière Mandrare, et durant la période de sécheresse de juillet à octobre, elle est souvent à sec.

Le tableau ci-dessous indique les données de débit à Tsihombe.

Tableau 3-2-2 Débit mensuel de la rivière Mananbovo

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne
*Débit mensuel moyen (m ³ /sec)	31,8	23,0	14,3	9,8	5,8	4,0	1,5	0,5	0,7	3,0	16,9	30,1	11,8

* Débit moyen de 1968-1979

Même quand la rivière est à sec, le courant souterrain est important, et ce courant, qui sert de source d'adduction d'eau de la ville de Tsihombe, est géré par le JIRAMA. Quand la rivière est à sec, on creuse un trou d'une profondeur de 20 à 30 cm dans le lit de la rivière, qui permet l'approvisionnement de la population du bassin fluvial, mais aussi la distribution de l'eau par les camions citernes de l'AES et les vendeurs d'eau dans les zones souffrant de la pénurie d'eau du département de Tsihombe.

3-2-2 Eaux souterraines

Sur le plan hydrogéologique, le socle de roches métamorphiques, de roches magmatiques, telles que basalte et rhyolite, forme le sol imperméable de la cuvette d'Ambovombe. La structure de ce sol permet de

dire que la cuvette d'Ambovombe est une zone à eaux souterraines, et la cuvette est formée d'argiles néogènes, de grès boueux, de grès, de conglomérat, d'arène, de sable sédimentaire et d'une couche d'alluvions du quaternaire, de sable brun et blanc.

Toute la zone de l'enquête étant une zone semi-aride à faibles précipitations, on ne peut pas espérer d'accumulation des eaux de pluies dans les eaux souterraines. C'est pourquoi le volume des eaux souterraines est très faible, et dans la zone du projet, les eaux souterraines se divisent comme suit:

- (1) Nappe aquifère dans la zone d'Ambovombe
- (2) Nappe aquifère dans la zone d'Ambondro
- (3) Eaux souterraines en profondeur.

Photo 1 Rivière Mandrare

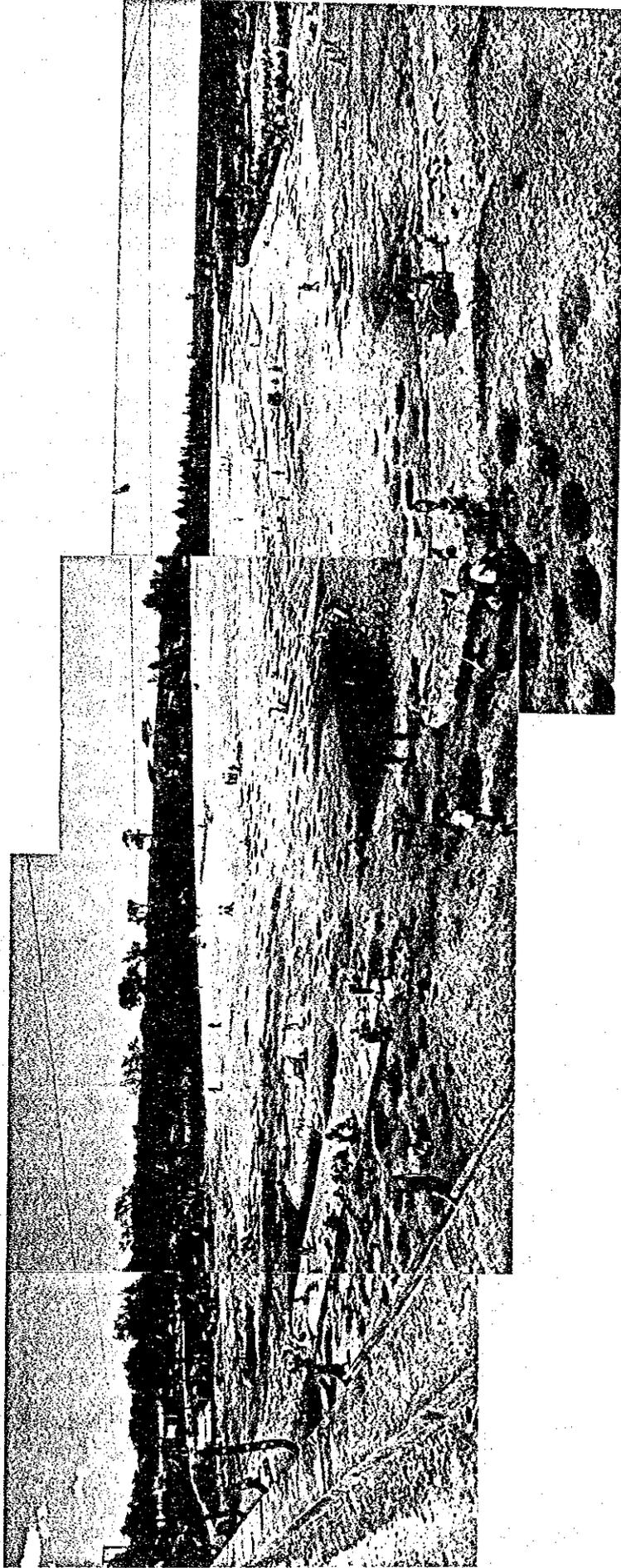


Rivière Mandrare
(vue de la rivière en amont du pont)



Rivière Mandrare et vendeurs d'eau
(Pont de la Mandrare au premier plan, conglomérat
néogène visible à l'avant)

Photo 2 Rivière Mananbovo



Vue de la rivière en aval du pont (absence d'eaux de surface lors de l'enquête)
(Beaucoup des habitants du voisinage s'alimentent au courant souterrain de la
rivière)

(1) Nappe aquifère de la zone d'Ambovombe

1) Relief, géologie

Ambovombe se situe à l'extrémité sud d'une zone d'alluvions qui forme une bande orientée sud/sud-est depuis Antanimora. La ville est entourée au sud, à l'est et à l'ouest de dunes de sables métamorphiques d'une hauteur de 200 m environ. Par conséquent, les environs de 130 m d'Ambovombe forment une cuvette ouverte vers le nord.

En amont de cette zone alluviale basse, coulent des rivières qui prennent leur source dans la zone montagneuse du nord où l'on trouve le socle, et l'on peut confirmer leur cours jusqu'à environ 40 km au nord d'Ambovombe; ces rivières se terminent sur une couche supérieure de sédiments de type lacustre argileuse.

Durant la saison sèche, cette zone alluviale basse devient complètement aride, durant la saison humide, comme il s'agit d'un bassin fluvial fermé, on assiste à la formation de zones inondées et de marécages.

Cette zone alluviale est proche de la ville d'Ambovombe, et la couche de surface est de couleur brune comme la zone de dunes environnante.

Géologiquement, les roches sédimentaires de type sable quaternaire forment une couche de plus de 150 m d'épaisseur, et lors de la sédimentation, une structure lacustre s'est formée autour d'Ambovombe, comprenant 2 couches argileuses. Ces sédiments argileux étant imperméables, les eaux souterraines se transforment en nappe aquifère.

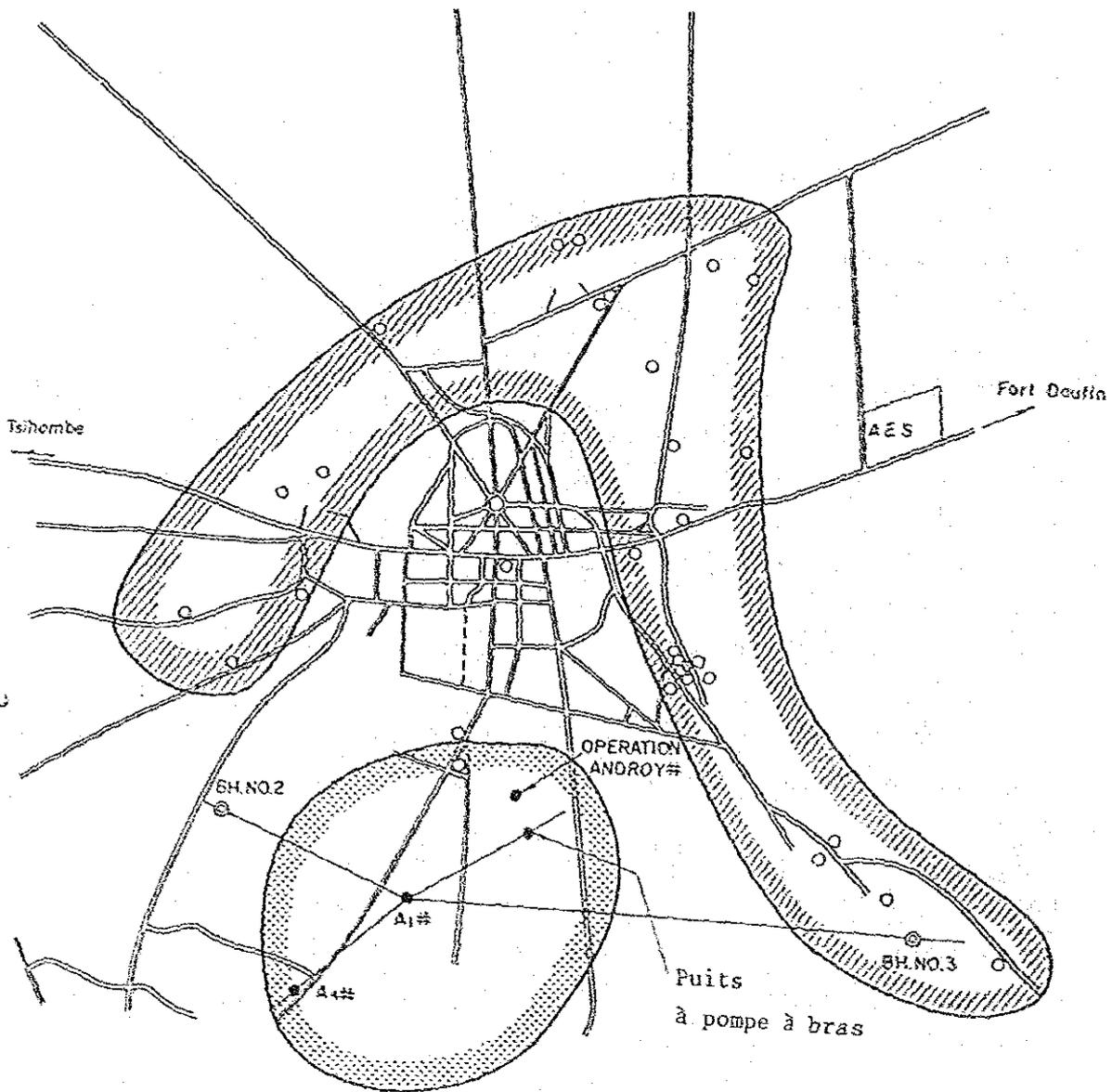
La zone où l'on peut espérer trouver des nappes aquifères est une zone d'un rayon d'1 km environ centrée sur Ambovombe, la couche aquifère supérieure se trouvant à environ 115 m d'altitude, la couche inférieure à 105 m. (Voir la Figure 3-2-3.)

2) Couche aquifère supérieure

Cette couche aquifère est centrée sur le nord de la ville, et semble s'étendre au delà de la ville.

En tenant compte de l'état de fonctionnement des puits et des prospections électriques antérieures, il est difficile de dire que

Figure 3-2-3 Répartition des couches aquifères dans la zone d'Ambovombe



Légende

-  : Couche aquifère supérieure
-  : Couche aquifère inférieure
-  : Puits et VOVO (certains sans eau souterraine) pompant l'eau de la couche aquifère supérieure
-  : Puits pompant l'eau de la couche aquifère inférieure
-  : Emplacement d'enquête par forage

cette zone nord, qui renferme certainement beaucoup d'argile, est une bonne couche aquifère. Mais on pense que les couches aquifères du sud-est et de l'ouest sont relativement bonnes. De plus, dans la zone sud de la ville, aucune couche supérieure imperméable n'ayant été confirmée, on estime que la couche aquifère a disparu.

L'eau souterraine est puisée à l'aide de puits creusés à la main, dits VOVO (10 m de profondeur environ), au moyen de seaux. La profondeur d'eau des VOVO est de 10 à 15 cm à peine à partir de la surface de l'eau parce que les parois du trou s'effondrent facilement, et l'on puise de l'eau mélangée à la boue. Il existe actuellement environ 50 VOVO dans la zone d'Ambovombe, appartenant tous à des particuliers; cette eau sert à l'alimentation de la famille propriétaire, et une partie est vendue aux habitants d'Ambovombe et des alentours.

L'AES estime que le volume pompé des eaux souterraines de la couche aquifère supérieure est de 25 m³ par jour, mais il est sans doute plus important en réalité, et le pompage excessif durant de longues années a causé la baisse du niveau des eaux souterraines, et une tendance au tarissement (étude de 1980, confirmation par interrogation de la population lors de l'enquête).

Et la qualité de l'eau se détériore d'année en année avec l'augmentation de la population de la ville d'Ambovombe et l'inexistence d'installations de traitement des eaux usées.

Vu la tendance au tarissement et à la détérioration de la qualité de l'eau, il s'avère impossible d'exploiter de nouvelles sources en eau de cette couche aquifère.

3) Couche aquifère inférieure

Cette couche se trouve à Mahavelo, dans la zone sud de la ville. Les Figure 3-2-4 (a)(b) indiquent les résultats de forages d'enquêtes antérieures et le schéma des puits sous forme de coupe géologique.

La zone permettant l'exploitation des eaux souterraines de cette couche aquifère est limitée au nord, à l'est et à l'ouest par une épaisse couche d'argile imperméable; comme dans la zone sud, la teneur en sel est forte, et l'on estime la zone permettant l'exploitation à un très petit cercle de 900 m de diamètre (surface $6,4 \times 10^5$ m²). Cette couche est d'une épaisseur très faible de 2 à 3 m seulement.

Actuellement, l'eau de cette couche aquifère est puisée à 3 puits: au puits A₁, au puits Operation Androy et à un puits à pompe à bras (profondeur de 20 à 30 m). Le volume pompé est estimé à 47 m³ par jour et géré par l'AES.

Le renouvellement de ces eaux souterraines dépendant de précipitations limitées, il faut éviter le puisage excessif. Dans l'étude de l'exercice 1980, on a prévu un projet d'exploitation de nouveaux puits (A₁, A₂) de 40 m³ par jour, mais actuellement, les puits existants sont quasi épuisés (20 m³ par jour à peine pompé par moulin à vent). Le puits A₂ creusé avec l'aide japonaise a été gâté par le sel à cause du pompage continu, et actuellement il est hors de service.

(Coefficient hydraulique)

Le tableau 3-2-3 indique les résultats des essais de pompages sur la couche aquifère inférieure.

Le coefficient d'infiltration de cette couche a été établi en divisant le coefficient de volume infiltré T par l'épaisseur de la couche aquifère (hauteur du tamis du puits), et l'on peut espérer en gros $k = 4 \times 10^{-2}$ cm/sec.

Figure 3-2-4 (a) Coupe géologique

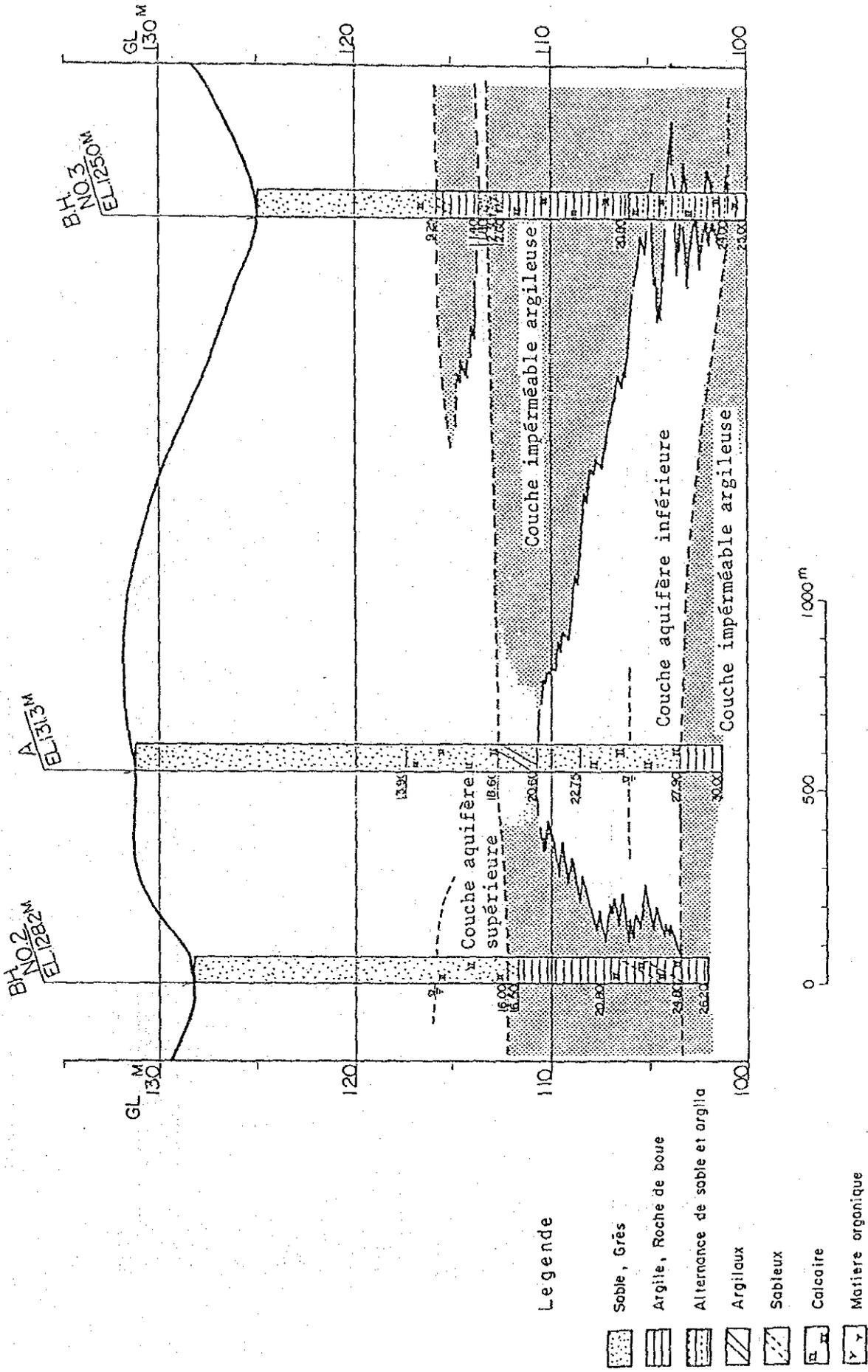


Figure 3-2-4 (b) Coupe géologique

Echelles L 1 : 10,000
H 1 : 200

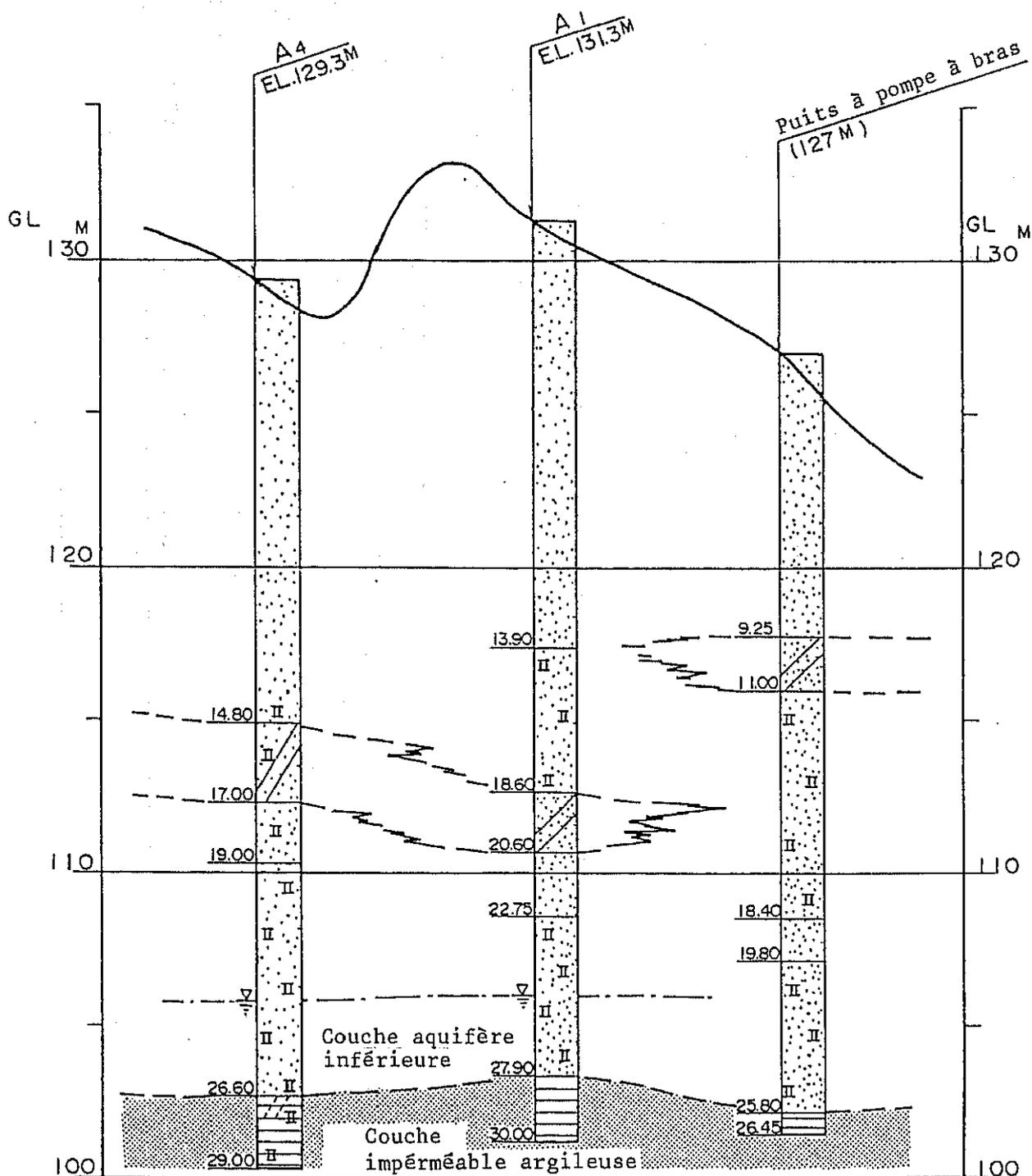


Tableau 3-2-3 Liste des résultats des essais effectués sur les puits gérés par l'AES

Zone	Nom du puits	Date d'essai	Volume pompé Q (m ³ /h)	Coefficient d'infiltration T(m ² /s)	Coefficient de stockage S	Méthode de calcul
Ambovombe	A ₁	*16/05/83	3,00	9,35x10 ⁻⁴	—	Valeur moyenne de récupération, Jacob
	A ₂	*29/04/83	3,00	9,68x10 ⁻⁴	—	"
	Ouits Opera- tion Andoroy	* /07/79	1,20	5,70x10 ⁻⁴	0,13	Valeur moyenne des méthodes de Jacob, Stallman et Chow
		01/03/82	9,88	1,00x10 ⁻³	0,43	
		* /09/82	9,2-9,8	5,80x10 ⁻³	—	Inconnu
	3/10/89	7,06	7,99x10 ⁻⁴	—	Méthode de récupération	
Ambondro	B ₁	*27/05/83 30/05/83	4,34	9,45x10 ⁻⁵	—	Valeur moyenne de récupération, Jacob
	B ₆	*25/05/83 26/05/83	4,28	7,85x10 ⁻⁵	—	"
	B ₇	*25/05/83 26/05/83	4,00	1,94x10 ⁻⁵	—	"

* Exécuté à Madagascar

(Volume de renouvellement des eaux souterraines)

Le volume de renouvellement de cette zone dépend de la formule suivante, puisqu'il n'y a pas de cours d'eau en surface.

$$\begin{aligned} & \text{(Volume de renouvellement des eaux souterraines)} = \\ & \quad [(\text{volume de pluies}) - (\text{volume d'évapotranspiration})] \times \\ & \quad (\text{superficie}) \end{aligned}$$

Les données climatiques de la zone d'Ambovombe indiquent des précipitations annuelles moyennes de 570 mm (382 à 801 mm), largement dépassées par l'évaporation mesurée 1150 (1011 à 1285 mm); mais en fait les précipitations sont un peu plus importantes que l'évaporation, ce qui laisse espérer un faible renouvellement des eaux souterraines.

L'évapotranspiration est très difficile à mesurer réellement, et les procédés de calcul donnent lieu à des différences; tenant compte de la tendance à la réduction des pluies, nous avons effectué les calculs en supposant un volume de renouvellement de 39 mm par an, volume sûr provenant du rapport de l'étude du plan de base de 1980.

En ce qui concerne la surface de renouvellement, nous avons supposé une surface de répartition de $6,4 \times 10^5$ m² de la couche aquifère inférieure.

Dans ces conditions, on peut espérer un renouvellement de $2,48 \times 10^4$ m³ par an, soit environ 68 m³ par jour.

(Volume utilisable des eaux souterraines)

On considère que le volume utilisable des eaux souterraines correspond à 80% des eaux renouvelées, soit 54 m³ par jour.

D'autre part, si l'on suppose que jusqu'à aujourd'hui on a pompé 47 m³ par jour de la couche aquifère inférieure, on peut estimer qu'il y a peu de possibilités pour une nouvelle exploitation de cette couche.

En dehors des problèmes d'équilibre des valeurs précitées, si l'on tient compte de la salinisation du puits A₂, et estime que le puits A₂ (moulin à vent) a été surpompé, et qu'il faudra utiliser l'eau de la couche aquifère inférieure très longtemps, il vaut mieux s'en tenir aux quantités pompées actuellement.

Cependant, il faut établir de nouvelles estimations en tenant compte des pluies, du volume pompé, des relations entre les différentes couches aquifères pour l'exploitation de nouvelles sources d'eau et la fixation d'un volume de pompage adapté.

(2) Nappe aquifère de la zone d'Ambondro

1) Relief, géologie

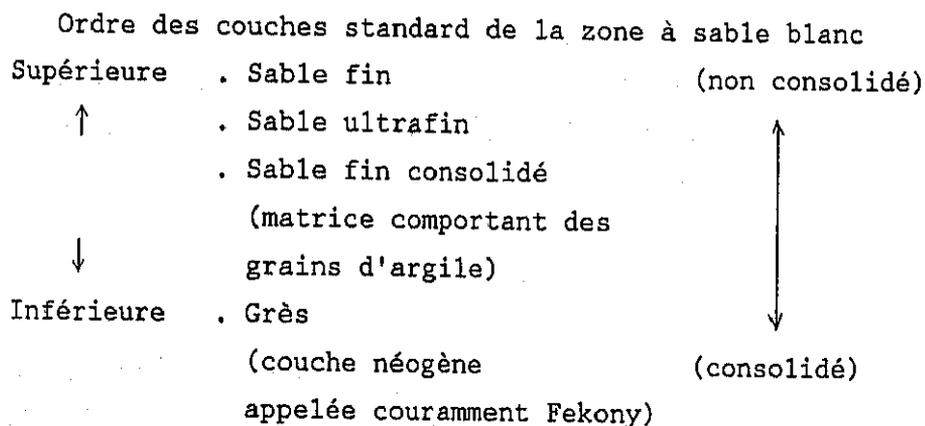
Ambondro se trouve à environ 30 km à l'ouest d'Ambovombe. Une plaine d'une altitude de 200 m environ s'étend à Ambondro et ses environs. Cette zone triangulaire limitée à l'ouest de monts orientés sud-nord composés du socle (altitude de 200 à 400 m), à l'est, d'une zone alluviale orientée nord-ouest/sud-est centrée sur Ampanlora (altitude de 120 à 200 m), au sud, d'une zone de dunes d'une altitude de 150 m. Dans le sable brun typique de la zone de l'enquête, on trouve une zone de sable blanc dispersé. La zone de sable blanc, comme l'indique la Figure 3-2-5, s'étend à Ambondro et sur une longueur de 20 km environ en direction nord/nord-ouest jusqu'aux environs d'Ambaro.

Cette zone triangulaire très plane, montre de faibles ondulations.

Dans la zone de sable blanc, on voit de petits creux, d'une différence de niveau de 10 à 20 m avec les environs, qui se transforment temporairement en marécages durant la saison humide. Des VOVO ont été construits sur les pentes voisines de ces creux.

La zone de sable blanc montre une structure depuis la surface de sable blanc métamorphique, de couche néogène, et du socle.

Une nappe aquifère existe dans la couche de grès néogène appelée Fekony, où les couches sont entassées comme suit.



Comme indiqué ci-dessus, dans l'ordre des couches des zones à nappe aquifère, en avançant en profondeur, les grains de sédiments deviennent plus fins, et l'on passe d'une couche non consolidée à une couche consolidée de roches tendres; mais comme la transformation est lente, il est difficile de fixer clairement la limite entre la couche sédimentaire et la couche néogène.

2) Réserve des eaux souterraines

Les nappes aquifères de la zone d'Ambondro se trouvent sur une couche imperméable de grès néogène, surmontée d'une couche non consolidée de sable (blanc) fin.

La couche de sable blanc est assez largement répandue, mais il n'y a pas toujours de nappe aquifère là où il y a une zone de sable blanc, les deux semblant isolées.

En général, en cas de réserve d'eaux souterraines, il existe à la surface une couche de sable fin très consolidée, et l'infiltration étant très mauvaise, l'eau souterraine est peu importante; mais dans les zones à épaisse couche de sable blanc délié, le volume des eaux souterraines est beaucoup plus important.

Souvent, dans les zones de sable blanc, des creux voisinent avec les VOVO. Dans la zone d'Ambondro, on voit des creux séparés de 300 m des VOVO, et le niveau des eaux des VOVO est de 10 m plus élevé que celui des creux (enquête de 1980). Ce qui signifie que "dans la partie profonde des creux, il y a du sol à grains fin d'argile ou de limon" et que "si l'on creuse des puits dans les creux durant la saison sèche, on

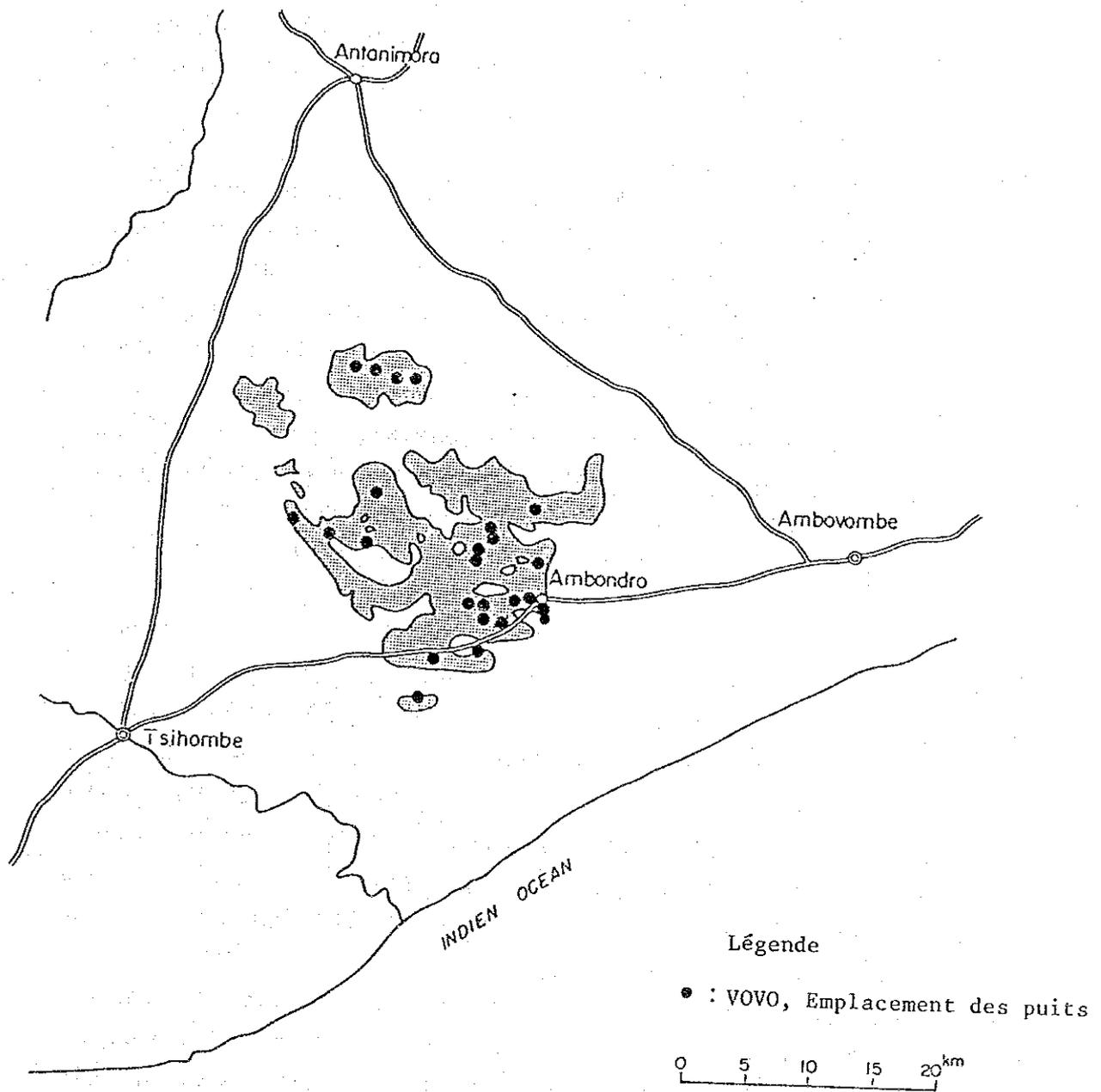


Figure 3-2-5 Zone de sable blanc d'Ambondro

obtiendra pratiquement pas d'eau", et qu'à proximité des creux s'est formé, sous l'effet de la création répétée de marécages, un sol imperméable composé d'argile et de limon. Ainsi, l'eau de pluie accumulée ne va pas renouveler les eaux souterraines, mais la plus grande partie s'évapore à nouveau.

D'autre part, la structure géologique du sol de cette zone laisse à penser que le renouvellement des eaux souterraines dépend entièrement des eaux de pluie.

Le degré de perméabilité de la couche de sable blanc a été calculé à $k = 2 \times 10^{-3}$ cm/sec. lors de l'étude de 1980, mais compte tenu de la répartition des grains de la couche de sable blanc et de la restauration du niveau d'eau en général, on estime que le coefficient d'infiltration typique est de $k = 10^{-4}$ cm/sec., et que l'infiltration est extrêmement faible par rapport à la couche aquifère inférieure de la zone d'Ambovombre.

3) Utilisation des eaux souterraines

Cette zone de sable blanc compte de nombreux VOVO et 4 puits (B₁, B₆, B₈ et B₉) gérés par l'AES.

L'eau puisée aux VOVO sert à l'alimentation de la population de la zone concernée, et est vendue aux habitants des environs. La plupart des VOVO de cette zone sont peu profonds, moins de 5 m de profondeur, et facilement polluables; en général la qualité de l'eau (résultats d'analyses générales et biologiques) est mauvaise (confirmation par l'enquête de 1980).

Les puits gérés par l'AES sont soumis aux conditions précitées (problèmes sanitaires, interférence des eaux souterraines), et éloignés des VOVO, et les pompes usées n'étant pas en service, on pompe un total de 8 m³ par jour aux trois puits.

(3) Eaux souterraines profondes

Les eaux souterraines profondes se trouvent dans la couche néogène située au-dessus du socle. A proximité de la côte où la couche quaternaire devient brusquement épaisse, elles se trouvent dans la couche sédimentaire de sable.

La couche néogène se compose principalement de grès boueux, qui sont

pratiquement des sols rocheux imperméables, et les données des forages d'enquête permettent de dire qu'elle se trouve dans la formation fracturée.

En regardant les conditions hydrologiques de la cuvette d'Ambovombe, les rivières Mandrare et Mananboro qui limitent la zone de l'étude, prennent leur source principalement dans la zone montagneuse du nord. La rivière Mandrare a de l'eau toute l'année, mais l'altitude de son cours étant faible et dans une zone de socle, on ne peut pas s'attendre au renouvellement des eaux souterraines. Par conséquent, comme aucune autre rivière de la zone d'Ambovombe ne va directement se jeter dans la mer, le volume de renouvellement des eaux souterraines vient de la différence entre le volume des pluies et celui de l'évaporation. Et cette cuvette d'Ambovombe se trouvant dans la zone climatique semi-aride, avec des précipitations de l'ordre de 600 mm par an, on estime que l'évaporation est considérable, et que le renouvellement des eaux souterraines est très faible.

Les eaux souterraines de la zone du socle du nord se trouvent à une altitude de plus de 200 m, et descendent en pente douce vers la ligne côtière (altitude de 0 m). Sur le plan du relief, les dunes du bord de mer ont une altitude de 150 à 300 m, et vers l'intérieur, on trouve une surface plane d'environ 200 m d'altitude; les eaux souterraines se trouvent à faible profondeur dans les zones voisinant avec le socle, mais à plus de 100 m de profondeur dans la zone de dunes côtières.

On a déjà tenté l'exploitation de cette couche aquifère profonde aux alentours d'Ambovombe, vers la mer, mais non seulement la couche aquifère était trop profonde, mais sa teneur en sel était également trop forte, aussi il n'existe actuellement aucun puits en service. Les eaux de la couche aquifère profonde ne sont donc utilisées pour l'alimentation de la population que dans le nord du département d'Ambovombe, où la densité de population est faible par rapport au sud; comme il y existe déjà des puits, cette zone a été exclue du domaine du présent projet. De plus, de nouveaux puits sont en construction dans cette zone avec l'aide de la FED.