

REPUBLIQUE DE LA MADAGASCAR

MINISTERE DE L'ENERGIE
ET DES MINES (MEM)

**ÉTUDE
SUR
L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE,
AUTONOME ET DURABLE DANS LA REGION DU SUD
DE
LA REPUBLIQUE DE MADAGASCAR**

RAPPORT FINAL

RESUME

DECEMBRE 2006

**JAPAN TECHNO CO., LTD.
NIPPON KOEI CO., LTD.**

GE

JR

06-075

Dans ce rapport, l'estimation du prix d'eau et du coût du projet est basée sur le prix défini en octobre 2006, par le taux de change moyen des derniers six mois ; US\$1,00 = Yens japonais ¥ 120,0 = Ariary malgache 2.160 = € 0,8.

PRÉFACE

En réponse à la requête du Gouvernement de Madagascar, le Gouvernement du Japon a décidé d'exécuter par l'entremise de l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) une Etude sur l'approvisionnement en eau potable, autonome et durable dans la région du sud de la République de Madagascar et a confié l'étude.

La JICA a sélectionné et a expédié à Madagascar une équipe d'étude composée du Japan Techno Co.,Ltd. et Nippon Koei Co., Ltd., dirigé par M. Shigeyoshi KAGAWA de Japan Techno Co., Ltd., quatre fois durant la période qui s'étend de janvier 2005 à décembre 2006.

L'équipe a tenu des discussions avec les autorités concernés du Gouvernement de Madagascar, et a mené l'étude sur les sites dans la zone d'étude. Après son retour au Japon, l'équipe a approfondi l'étude et a préparé le présent rapport final.

Je suis heureux de remettre ce rapport et je souhaite qu'il contribue à la promotion du projet et au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

En terminant, je tiens à exprimer mes remerciements sincères aux autorités concernées du Gouvernement de Madagascar pour leur coopération étroite avec les membres de l'équipe.

Decembre 2006

Matsumoto Ariyuki

Vice-Président

Agence Japonaise de Coopération Internationale
(JICA)

Décembre 2006

M. Matsumoto Ariyuki
Vice-Président
Agence Japonaise de Coopération Internationale

LETTRE DE PRESENTATION

Monsieur,

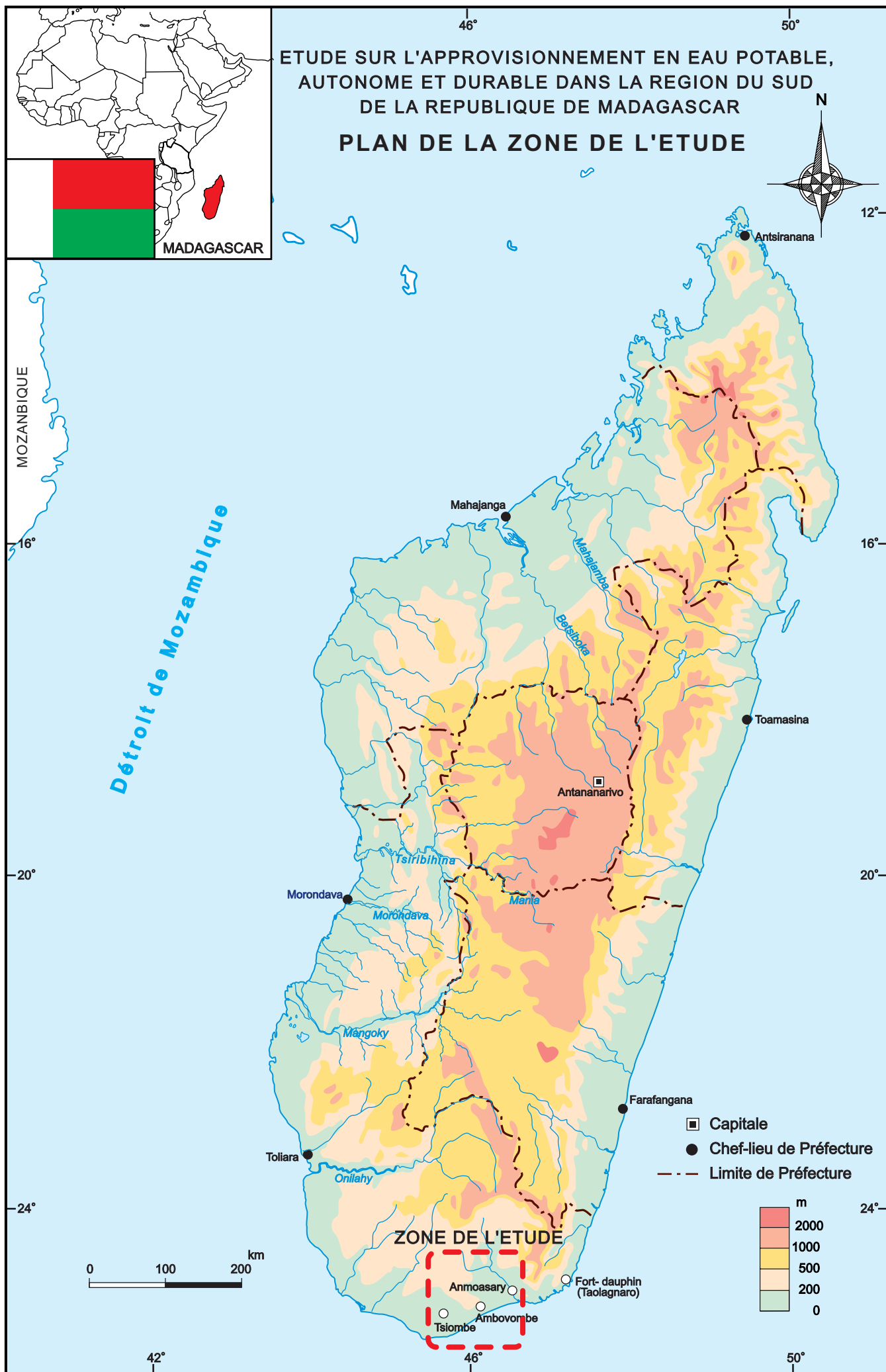
Nous avons le plaisir de vous soumettre le Report final de l'Etude sur l'approvisionnement en eau potable, autonome et durable dans la région du sud de la République de Madagascar. Le présent rapport a été préparé par l'équipe d'étude composée du Japan Techno Co.,Ltd. et Nippon Koei Co., Ltd., selon la Portée de travail (S/W) pour l'étude convenue entre le Ministère de l'Energie et des Mines (MEM), le Gouvernement de Madagascar et l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) à Antananarivo le 18 août 2004.

Ce rapport comprend les volumes suivants :

- Résumé : Un rapport résumé de l'ensemble des résultats d'étude
- Rapport principal : Description des résultats d'étude comprenant le potentiel de ressources d'eau, le développement d'eaux souterraines, le programme-cadre d'approvisionnement en eau, le projet pilote, l'opération, l'entretien et la surveillance du projet pilote
- Recueil : Données d'étude des sources d'eau, d'image satellite, de socio-économie, du forage d'essai, de qualité de l'eau, d'aperçu géophysique, de la surveillance des eaux souterraines, de conférence, des procès verbaux des discussions, et de liste de personnes concernées
- Rapport de support : Résultats d'enquête socio-économique et de ménage, d'interprétation géophysique, d'essai de forage, de projet pilote, de l'étude topographique, et d'opération, d'entretien, de la surveillance et d'évaluation du projet pilote

Nous souhaitons saisir cette occasion d'exprimer nos sincères remerciements à votre agence et à l'Ambassade du Japon à Madagascar. Nous souhaitons également exprimer notre profonde satisfaction au Ministère de l'Energie et des Mines aussi bien que d'autres autorités concernées du gouvernement de Madagascar pour leur coopération et soutien étroits prolongés à notre équipe durant nos activités d'étude dans votre pays.

Kagawa Shigeyoshi
Chef de l'Equipe



Condition Sociale et naturelle dans la zone d'Etude

Photo 1



Route principale dans la ville d'Ambovombe



Le jour du marché au centre d'une Commune



Village



Une zone à l'intérieure du bassin d'Ambovombe



Dunes côtières



Bord de la mer



Forêt



Terre cultivable des dunes côtières

Condition d'approvisionnement en eau dans la zone d'étude

Photo 2



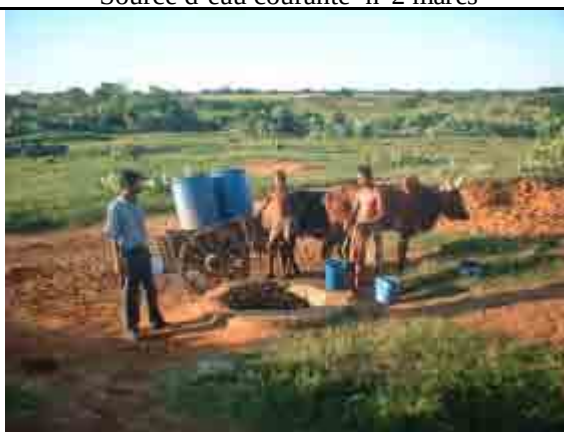
Source d'eau courante n°1 vovo



Source d'eau courante n°2 mares



Source d'eau courante n°3 un puits au bord de la mer



Source d'eau courante n°4 vendeurs d'eau avec chars à boeuf



Système solaire dans la ville d'Ambovombe



Impluvium



Approvisionnement en eau par camion citerne, AES



Réservoir dans un village

Etude, essais de forage et Projet-pilote

Photo 3



Etude d'inventaire et suivi des puits existants



Etude géophysique



construction d'un forage



Atelier dans un site du projet pilote



Construction d'un puits à Marobe P009



Projet pilote 1 système solaire à Bemamba F006



Projet Pilote 2 Pompe manuelle à Anjira F022



Etude topographique pour pipeline

RESUME EXECUTIF

Période d'Etude: Janvier 2005~Décembre 2006
Agence Exécutante: Ministère de l'Energie et des Mines

1. Historique de l'Etude

La zone d'étude située dans le sud de Madagascar est caractérisée par la sécheresse et le problème du manque d'eau potable dû au climat très aride et à l'inexistence des ressources en eau telles que les fleuves et les puits. En particulier, dans la zone côtière au sud d'Ambovombe, les gens sont obligés d'acheter de l'eau potable très chère aux vendeurs d'eau locaux à cause de l'inexistence de source d'eau dans les villages, s'ajoutant à cela la faible précipitation annuelle de 543mm, particulièrement pendant la saison des pluies. Enfin, le mauvais fonctionnement du service public d'approvisionnement en eau par camions citernes. Selon le rapport annuel de l'AES en 2006, l'approvisionnement en eau était seulement de 0,4 l/cap/jour pour une population cible de 278.000 dans le secteur dû au manque de camions citernes, au coût élevé du carburant et au coût d'exploitation. D'ailleurs, l'eau disponible par d'autres moyens est de mauvaise qualité et ne satisfait pas à la norme d'hygiène. Par conséquent, le Gouvernement de Madagascar a mis en haute priorité la sécurisation de l'eau dans la zone d'étude.

La JICA a formé en 2005 une équipe d'étude afin de mener l'étude sur l'approvisionnement en eau potable, autonome et durable dans la région du Sud. L'étude confirme le potentiel en eaux souterraines dans les villages cibles ainsi que les équipements appropriés pour l'approvisionnement en eau, notamment les pompes manuelles, le système de pompage solaire suivi de l'exploitation et la maintenance qui implique les villageois à travers une assistance technique lors des forages d'essai et du projet Pilote, jointe à une participation communautaire et le suivi du Projet Pilote. Basé sur les résultats d'étude, le potentiel des ressources en eau, le plan d'approvisionnement optimal en eau potable qui inclut l'exploitation, la gestion et la maintenance ont été établies.

2. Etude des Ressources en Eau

La zone d'Etude est située dans la région sud de l'île de Madagascar, dans la classification climatique aride au semi aride. Aucun fleuve ne s'écoule dans le bassin d'Ambovombe tout au long de l'année, seuls, lors de la saison humide que des écoulements fluviaux peuvent y être observés. La surface du bassin est de 1.923km² et le volume des ressources en eau est estimé à 1.044 million m³/an avec une précipitation annuelle de 543mm dont les détails sont les suivants.

1) Précipitation (Ressources en Eau)

Le Thiessen polygon est produit pour les 6 stations de mesure de précipitation dans la zone d'étude afin d'obtenir le volume de précipitation et/ou des ressources en eau.

Station	(A); Surface du Thiessen Polygon	(B); (A)/ surface Totale (%)	(Pa); Moyenne de la précipitation (mm/an)	(C); (B)×(Pa) (mm/an)	(D); précipitation calculée (mm/an)
Antanimora	604,0	31,4%	720,3	226,2	$(C)=\Sigma (B) \times (Pa)$ $= 543 \text{ (mm/an)}$ $(D)=(C) \times 1.923\text{km}^2$ $=1.044.189.000 \text{ m}^3/\text{an}$
Ambondro	317,0	16,5%	399,0	65,8	
Ifotaka	90,5	4,7%	506,6	23,8	
Ambanisarika	314,0	16,3%	480,9	78,4	
Ambovombe	496,0	25,8%	492,5	127,0	
Amboasary	101,5	5,3%	414,1	21,9	

Total	1.923 km ²	100,0%	-	543	
-------	-----------------------	--------	---	-----	--

2) Réalimentation de l'eau souterraine

La réalimentation de l'eau souterraine (R) est calculée à partir de l'eau souterraine sortante (Q) et l'eau souterraine pompée (GWout). Basé sur les études d'inventaire, l'eau souterraine pompée (GWout) est estimée à 80.265 m³/an dont 51.977 m³/an proviennent des 68 puits/forages dans la zone d'Antanimora et 28.288 m³/an proviennent des 78 puits/forages à Ambovombe.

D'autre part, l'eau souterraine sortante (Q) est estimée en utilisant l'équation de Darcy pour le calcul de la quantité de l'eau sortante à l'extrémité du bassin. $Q = T \times i \times L \times h = 1,512 \text{ (m}^3/\text{s)} = 47.682.432 \text{ (m}^3/\text{an)}$.

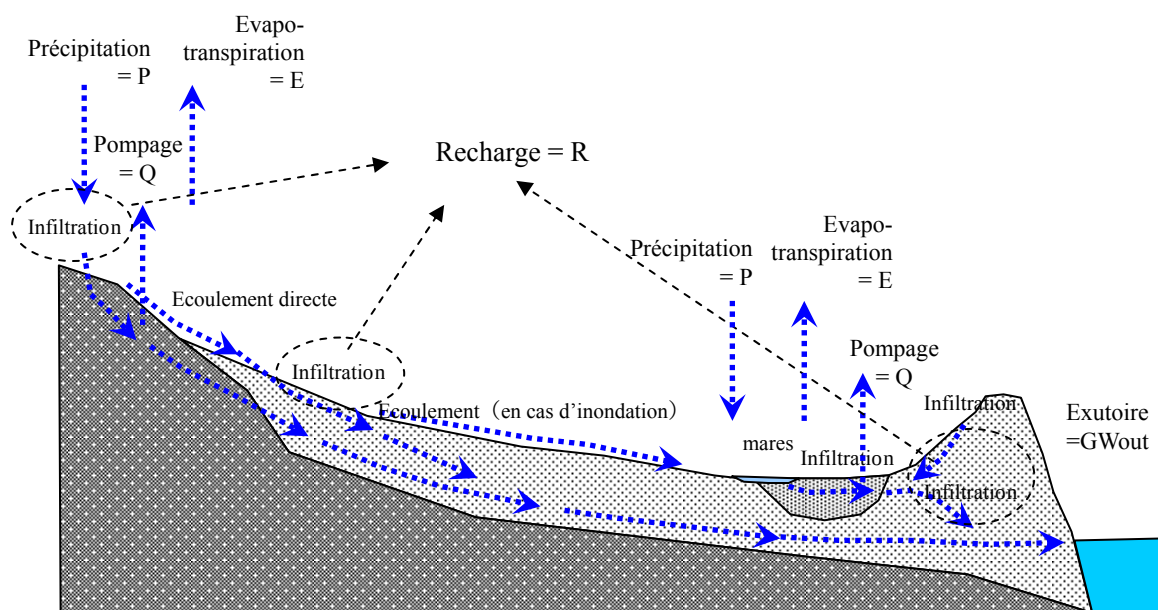
T: Coefficient de perméabilité = $8,0 \times 10^{-2} \text{ (cm/s)}$, i: gradient Hydraulique = 0,0007

L: Largeur de l'aquifère = 30(km), h: Epaisseur de l'aquifère = 90(m)

La réalimentation du bassin (R) est donc de 47.762.697 m³/an qui est le volume d'eau souterraine durable dans le bassin d'Ambovombe.

$$R = Q + GW_{out} = 80.265 + 47.682.432 = 47.762.697 \text{ m}^3/\text{an}$$

La recharge R est divisée par la surface du bassin (1.923km²), et la profondeur de la recharge de l'eau souterraine sortante est calculée comme 24,8mm/an. Le montant est de 4,6 % de la moyenne annuelle de la précipitation de 543mm/an dans le Bassin.



Eléments du Cycle Hydrologique

3) Evapotranspiration

L'équilibre d'eau du bassin est montré comme suit : $P = R + E$. Comme le bassin d'Ambovombe est fermé et aucun fleuve ne s'écoule ni des eaux superficielles telles que lacs ou marais existent tout au long de l'année, l'évapotranspiration (E) est donc calculée comme suit :

$$E = P - R = 1.044.189.000 - 47.682.432 = 996.506.568 \text{ m}^3/\text{an}$$

La valeur E obtenu est divisée par la surface du bassin (1.923km²), donc la profondeur de l'évapotranspiration est calculée comme 518,2mm/an qui est le 95,4% de la précipitation annuelle de 543mm/an. La plupart des ressources en eau dans le bassin d'Ambovombe sont sujet à l'évapotranspiration à cause du climat très aride.

4) Equilibre et Evaluation de Ressources en Eau

L'équilibre d'eau dans le bassin est montré comme suit $P = R + E$ donc la ressource en eau stable dans le bassin est l'eau souterraine. La réalimentation de l'eau souterraine est calculée à $47.762.697\text{m}^3/\text{an}$ ($130.856\text{m}^3/\text{jour}$) comme étant une moyenne de la précipitation annuelle de $24,8\text{mm}/\text{an}$ dans le bassin ou $4,6\%$ de la moyenne de la précipitation de $543\text{mm}/\text{an}$, qui est le débit durable de l'eau souterraine du bassin.

3. Etude de la potentialité de l'eau souterraine

Selon les résultats de l'étude hydrologique, géophysique et essais de forages, 20 forages et 5 puits creusés à la main ont été accomplis avec succès. Cependant, les eaux souterraines potables ont été trouvées seulement à Antanimora (F006 et F006B), au nord-ouest, à 60km de la ville d'Ambovombe, respectant la norme de l'OMS, et l'eau à usage domestique à la limite du norme de potabilité en vigueur à Madagascar a été trouvée dans la banlieue de la ville d'Ambovombe (F015).

Le potentiel en eaux souterraines à Antanimora est haut de 478 à $612\text{m}^3/\text{jour}/\text{forage}$ avec un rabattement de 10m et le niveau des eaux souterraines environ $18,7\text{m}$ à $21,2\text{m}$ convient au système de pompage solaire. Le potentiel d'eaux souterraines dans la ville d'Ambovombe est haut à $4.320\text{m}^3/\text{jour}/\text{forage}$ avec un rabattement de 10m , mais la qualité de l'eau dont la conductivité est de $306\text{mS}/\text{m}$, qui est à la limite de la norme de potabilité en vigueur à Madagascar. La qualité de l'eau n'est pas appropriée à la consommation mais à l'usage domestique tels que la cuisson, le lavage et autres. Par conséquent, le rendement durable est révisé à 300 à $400\text{m}^3/\text{jour}/\text{forage}$, avec un rabattement de 1m causé par l'intrusion marine du fond.

ID	Commune	Total de profondeur	Débit	Conductivité électrique	NS	PWL	Débit spécifique	Potentiel en eau souterraine
		m	m^3/h	mS/m	m	m	$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$	m^3/jour
F006	Antanimora	75,76	10,4	68	15,99	21,22	1,99	478
F006B	Antanimora	61,82	10,8	125	14,41	18,65	2,55	612
F015	Ambovombe	150,00	7,2	306	134,00	134,40	18,00	4.320

Pour ce qui concerne le rendement durable de la zone d'Antanimora, et l'amont du bassin d'Ambovombe, il existe 350 km^2 de bassin fluvial (**A**) avec une moyenne annuelle de précipitation (**Pa**) de 720mm . En supposant la réalimentation en eaux souterraines (**R**) de $4,6\%$, la quantité de rendement durable à Antanimora (**Ra**) est calculé comme suit. $Ra = Pa \times R \times A = 11.592.000\text{m}^3/\text{an}$

D'autre part, le développement d'eaux souterraines à Antanimora est estimé à $636.000\text{ m}^3/\text{an}$ comprenant le pompage actuel d'eaux souterraines de $52.000\text{m}^3/\text{an}$ à Antanimora et le développement maximum d'eaux souterraines $1.600\text{m}^3/\text{jour}$ ($584.000\text{m}^3/\text{an}$) pour ce projet. Le développement d'eaux souterraines prévu est environ $5,5\%$ du volume du débit de l'eau souterraine durable (**Ra**). Par conséquent, ce programme de développement d'eaux souterraines à Antanimora est convenable vu le potentiel des eaux souterraines.

Le développement d'eaux souterraines à Ambovombe est estimé à $247.288\text{ m}^3/\text{an}$, comprenant le pompage actuel d'eaux souterraines de $28.288\text{m}^3/\text{an}$ et le développement maximum d'eaux souterraines de $600\text{ m}^3/\text{jour}$, ($219.000\text{m}^3/\text{an}$) pour ce projet. Le développement d'eaux souterraines prévu est environ de $0,5\%$ du volume de débit d'eaux souterraines durable (**Ra**) du bassin d'Ambovombe. Ce programme de développement d'eaux souterraines à Ambovombe convient au potentiel d'eaux souterraines, et c'est le développement le plus économique et le plus efficace parce que la source d'eau est dans la zone principale d'approvisionnement de la ville d'Ambovombe. Par conséquent, le développement d'eaux souterraines est recommandé en premier lieu dans ville d'Ambovombe et ensuite à Antanimora à cause de l'urgence et la longue gamme d'approvisionnement en eaux souterraines de quantité.

4. Plan d'Approvisionnement en eau

4.1 Zone d'approvisionnement en eau et population à desservir

La zone d'approvisionnement en eau dans cette Etude est divisée en deux catégories, à savoir la Commune d'Ambovombe et les autres Communes suivantes:

- (1) La commune d'Ambovombe

Population en 2005 : 38.213, en 2015 = 42.000

- (2) Autres communes et villages ruraux excluant la commune d'Ambovombe (332 Fokotany).

- 1) Population en 2005 : 239.767 en 2015 = 358.000.

- 2) Nombre de Villages et d'habitants enquêté par l'Equipe de l'Etude en 2005.

Approvisionnement Idéal

- Population inférieure à 300: 1.183 villages: Installation d'une pompe manuelle

- 300 à 1.000 : 164 villages : Installation d'une pompe manuelle/Système de pompage solaire

- plus que 1.000 : 3 villages : Système de pompage solaire

4.2 Demande et consommation d'eau

L'année cible pour les installations d'approvisionnement en eau est l'année 2015 en raison de l'année du l'Objectif du développement du millénaire (MDG). La population dans la région d'étude est calculée en utilisant la méthode de calcul de prévisions appliquant une courbe logistique basée sur le nombre de population étudiée de 38.213 pour la commune d'Ambovombe et de 239.767 pour d'autres communes et villages ruraux en 2005. La totalité de la population dans la zone d'étude en 2015 sera environ de 400.000. La croissance de population est environ de 3,7% par an. La population dans la commune d'Ambovombe en 2015 sera de 42.000 selon le résultat de cette étude, et celui des autres communes et villages ruraux est estimé à 358.000 en 2015. L'étude a été prévue de fournir de l'eau propre de 10 litres/jour/personne. Par conséquent, la demande en eau dans la commune d'Ambovombe est prévue à 420 m³/jour et 3.580 m³/jour pour les autres communes et villages ruraux en 2015, respectivement.

4.3 Considération du Plan d'approvisionnement en eau

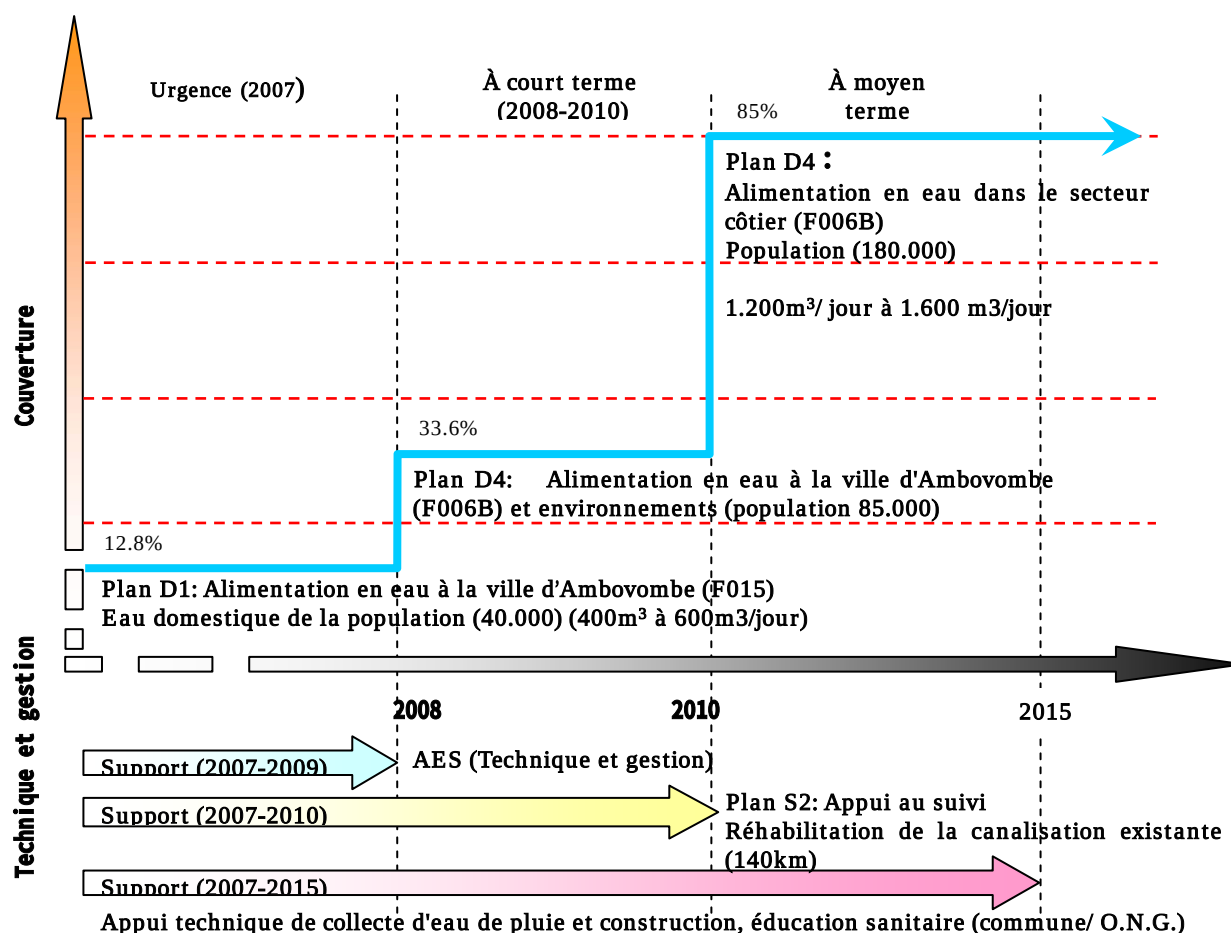
- 1) En dressant les résultats complets sur le développement des eaux souterraines dans le bassin d'Ambovombe et de ses environnements conduits dans cette étude, les eaux souterraines potables étaient seulement trouvées à Antanimora, au nord-ouest à 60km de la ville d'Ambovombe, et l'eau d'usage domestique à la limite de la norme de potabilité en vigueur à Madagascar a été trouvée dans la banlieue de la ville d'Ambovombe. En conséquence, nous recommandons une installation d'approvisionnement en eau par canalisation de 120km à partir d'Antanimora jusqu'à Antaritrika en passant par Ambovombe pour une population plus de 400.000, y compris la ville d'Ambovombe et la zone côtière. Des avantages sont engendrés par la canalisation du fait que l'approvisionnement en eau potable se fait par gravitation depuis Antanimora jusqu'à Antaritrika. Le potentiel du forage F006B est de 600m³/jour/forage avec 10m de rabattement et le niveau d'eau statique de 15m et la profondeur est de 70m. La Conductivité Electrique de l'eau est de 100mS/m qui respecte la norme de l'OMS. Le pompage est convenable pour un système de pompage solaire, environ 100m³/jour/forage pour 6 heures d'opération.

Le prix de l'eau profitable est calculé à 15-23Ar/seau de 13 litres (0.8-1.3 Y / seau) et on suppose que l'approvisionnement minimum profitable est de 700m³/jour en utilisant la source d'énergie combinée par système de pompage solaire et générateur diesel pour réduire le coût d'installation initial.

- 2) D'autre part, le développement d'urgence du forage à succès F015 dans la banlieue de la ville d'Ambovombe est recommandé (Plan **D1**). Nous recommandons une installation d'un système d'approvisionnement en eau pour les 40.000 personnes de la ville d'Ambovombe. Le manque d'eau est sérieux. Et c'est le système d'approvisionnement en eau le plus économique à cause de sa position près de la zone principale de desserte. Le potentiel est grand à un débit de 300-400m³/jour/forage avec 1m de rabattement, mais le niveau statique est très profond à 134m et la profondeur est de 150m. La conductivité électrique est de 302mS/m, la limite de la norme de potabilité à Madagascar. L'eau n'est pas potable mais pour l'usage domestique comme pour la cuisson, lavage et autres usages seraient possibles. A cause de la profondeur du niveau statique de l'eau, le pompage se fait avec un moteur thermique mais non pas avec un système de pompage solaire. Le prix d'eau profitable est calculé à 20Ar le seau de 13 litres en supposant que la quantité d'approvisionnement minimum profitable est de 400m³/jour en utilisant un générateur, mais non pas l'électricité de la JIRAMA dont l'actuelle capacité est limitée. L'AES a une division technique à Ambovombe ville et vend l'eau à 100Ar le seau de 13 litres en 2006, et la capacité d'approvisionnement est seulement de 20m³/jour dans la zone et 100m³/jour dans la totalité de sa zone d'action par camion citerne, plus le pipeline de 140km, et les 5 centres AEP/AES. Par conséquent, les approvisionnements en eau réguliers de 400m³/jour dans la ville d'Ambovombe apportent une grande amélioration sur le manque d'eau dans le secteur et sur la gestion financière d'AES.
- 3) Il faut réparer d'urgence et mettre en application des mesures de protection pour l'installation d'approvisionnement existant à Ampotaka construit sous l'aide du Japon en 1995 à 1999 qui a été sérieusement endommagés par un cyclone en mars 2005. Dans le cadre du plan alternatif **S2**, la réhabilitation du système de canalisation existant comprenant le renforcement du système de gestion d'AES est également recommandée pour améliorer les équipements d'approvisionnement en eau particulièrement pour le système thermiques à cause de l'augmentation du coût de carburant et le manque des camions citernes. En 2005, 2.465 m³/anne (7m³/jour) seulement ont été vendus par ce système. Il n'y a plus de seuil profitable pour l'opération parce que le coût de production d'eau est de 392Ar/seau estimé à 22 Y le seau, 4 fois du taux officiel du prix de l'eau en 2005. Par conséquent, la réhabilitation du système devrait inclure le système de pompage solaire et 50m³/jour est le seuil minimum profitable en supposant que le prix de l'eau d'un seau de 13 litres est de 80Ar (4.4Y/seau).

5. Programme-cadre du Plan d'Approvisionnement en Eau

Le plan directeur d'approvisionnement en eau est divisé en trois (3) étapes notamment l'approvisionnement en eau d'urgence (2007), l'approvisionnement en eau à court terme (2008-2010) et l'approvisionnement en eau à moyen terme (2011-2015). Le programme d'exécution de projet est recommandé comme suit.



Plan directeur d'approvisionnement en eau (2007—2015)

Plan directeur d'Approvisionnement en eau (2007—2015)

Etape	Année	Source d'eau	Plan d'approvisionnement en eau	Programme complémentaire
1	Urgent	Ambovombe (F015) (D1)	Approvisionnement en eau domestique pour la ville d'Ambovombe pour 40.000 personnes	- Assistance technique au niveau de la gestion, de l'exploitation et de la maintenance de l'AES (S1) - Appui au gestion des prix de l'eau et au coût de l'exploitation. (S1/S2)
		Ampotaka (Eau potable) existant (S2)	- Système existant d'approvisionnement en eau potable pour 80.000 personnes - Amélioration de l'exploitation des systèmes actuels utilisant le système de pompage solaire plus la réparation des générateurs existant.	
2	A Court Terme	Antanimora (F006B) (Eau potable) (D4, Phase1)	- Approvisionnement en eau potable par un système de canalisation gravitaire de 63 km environ pour la ville d'Ambovombe et ses environs et pour 85.000 personnes. - Approvisionnement en eau potable par un système de canalisation gravitaire Phase-1 pour Antanarika et les dunes côtières.	- Education sur l'Hygiène et renforcement de capacité pour l'autorité locale les comités de point d'eau. (S3) - Appui technique pour la construction et les travaux de réparation avec les ONGs locaux. (S3)
3	A moyen Terme	Antanimora (F006B) (Eau potable) (D4, Phase2)	- Approvisionnement en eau potable pour la ville d'Ambovombe jusqu'à Antanarika pour 180.000 personnes. - le Plan D4, Phase-2 de l'approvisionnement en eau potable pour Antanarika et les dunes côtières par un système de canalisation gravitaire.	- Assistance technique pour l'extension de la Mini canalisation existante depuis Sampona jusqu'à Ambovombe ville, Antanarika et les zones du sables des dunes côtières - Coordination du Project pour l'approvisionnement en eau entre le MEM, la BAD et le Japon - Le suivi de la gestion, E/M du Mini Pipe et l'assistance technique pour l'AES

6. Conclusion du Projet et Recommandation

- 1) Sur la considération et l'attention à la réduction de la pauvreté dans la zone d'Etude, l'eau et la participation communautaire sont les mot-clés de cette Etude, et donc, le point de vu sociologique a été examiné de près tout au long de l'Etude. La population rurale des pays en voie de développement, qui avait été passive est réceptrice des projets financés par les bailleurs est maintenant active dans le développement avec l'approche participative. Surtout l'approvisionnement en eau dans les districts, commune et/ou au niveau du Fokotany dans la région sud de Madagascar était gratuit par le service public gouvernemental. Pourtant, due à la contrainte financière du gouvernement, le service d'approvisionnement en eau même dans les milieux ruraux se faisait de manière discontinue. Restaurer le service d'approvisionnement en eau et rétablir l'exploitation, la gestion et la maintenance basée sur la politique de paiement par les usagers est nécessaire pour sécuriser la durabilité et la gestion autonome. A cette fin, la compréhension du concept parmi les dépositaires locaux comme le District, autorité locale, communes, Fokotany et villageois est nécessaire. Des ateliers ont été tenu pour encourager leur participation tout au long du projet pilote par le biais d'une ONG contractant avec l'Equipe d'Etude, et les mots-clés sus mentionnés ont été accentués en conséquence. L'Organisation d'un comité, la volonté des villageois à payer l'eau, la mise en place d'une gestion capable pour le système d'approvisionnement en eau et le soutien de l'autorité locale, l'AES/MEM étaient les issues du système existant.
- 2) L'utilisation des procédures appliquées et les leçons tirées lors de cette étude de développement des eaux souterraines et le plan d'approvisionnement en eau par la contrepartie est recommandé pour l'amélioration de la couverture d'approvisionnement (environ 3%) en rénovant l'approvisionnement en eau dans la ville d'Ambovombe, en premier et les villages ruraux après, basés sur le plan proposé. En même temps, le système de captage d'eau de pluie requis d'urgence par le district et la commune est aussi recommande afin d'impliquer l'équipe d'Etude et/ou les ONGs pour la construction ainsi que l'éducation sanitaire due à la disponibilité limitée de l'eau en saison de pluie.
- 3) Concernant l'approvisionnement en rural dans la région sud, l'AES doit mener l'amélioration des services d'approvisionnement en eau dans la zone d'Etude. Dans le cadre du Projet Pilote, le côté technique, le volet social (sensibilisation et participation communautaire), le côté finance, l'économie (subvention) et des mesures légales ont été présentés comme modèle de ce genre d'activité. Et davantage, la vulgarisation de ce genre d'activité pour l'exécution réelle du programme d'amélioration d'approvisionnement en eau au niveau national est prévue.
- 4) Une assistance technique additionnelle (S4) est requise d'urgence parce que l'approvisionnement en eau par le Mini Pipe d'Amboasary à Sampona a commencé en novembre 2006. La prolongation du Mini Pipe fournira de l'eau potable par écoulement naturel à Antaritarika dans la région côtière via Ambovombe.
- 5) En ce qui concerne l'exploitation durable, la gestion et la maintenance des systèmes construits dans le Projet Pilote, plus les conseils et soutiens sont requis et l'envoi des experts à court terme à cette fin est suggéré. L'activité de base communautaire à travers une ONG est aussi nécessaire pour promouvoir l'exploitation, la gestion et maintenance du système de pompage solaire et pompe manuelle, l'éducation sur la santé, l'assainissement et le renforcement de capacité des villageois, en introduisant « le Programme de renforcement communautaire » est en effet possible. L'envoi d'une équipe d'expert et/ou technicien à court terme soutiendra de façons intégrées l'amélioration de la réduction de la pauvreté et le revenu en espèces des villageois.

- 6) Le secteur d'approvisionnement en eau du Plan D1 vise le secteur prioritaire le plus élevé de la ville d'Ambovombe et les bénéficiaires sont environ au nombre de 40.000 habitants. La source d'eau est située dans la banlieue du secteur d'approvisionnement de la ville d'Ambovombe. Par conséquent, c'est le système d'approvisionnement en eau le plus efficace et le plus économique dans la zone d'étude. La zone d'approvisionnement en eau du Plan D4 vise le secteur prioritaire le plus élevé de la ville d'Ambovombe et les secteurs côtiers, et les bénéficiaires sont au nombre de 265.000 habitants environ. La source est située à Antanimora sur les sites F006 et F006B, au nord-ouest à 60 Km de la ville d'Ambovombe. Par conséquent, il est possible de planifier le système d'approvisionnement en eau par un système de canalisation gravitaire pour la zone d'étude. La source d'eaux souterraines confirmée au site F006B est de bonne qualité et respecte la norme de qualité de l'OMS et dont la conductivité électrique (EC) est environ 100 de 100mS/m. Il existe également un manque sérieux d'eau potable sans aucun système d'approvisionnement en eau régulier, donc le développement des eaux souterraines résout les problèmes d'eau potable, de cuisson, de lavage, de douche et autres besoins en eau dans le secteur côtier et dans la ville d'Ambovombe. Le plan D1 et D4 est le plan d'approvisionnement en eau durable et autonome dû au prix de l'eau incluant le coût d'exploitation et de maintenance de 15 ans renouvelable avec la bonne volonté des bénéficiaires à payer 50 Ar/seau contre le coût actuel de 100 Ar/seau.
- 7) L'eau potable est un élément vital pour la vie humaine. Dans le monde entier, le manque d'eau est due à la pauvreté, au climat aride et semi-aride, à la sécheresse et aux changements climatiques globaux. L'approvisionnement en eau est l'approche la plus efficace et une introduction au programme de réduction de pauvreté en raison des facteurs essentiels incluant la sensibilisation, la participation, l'appropriation, l'éducation, le renforcement de capacité de la population ainsi que la mise en place d'une coopération, d'un système d'exploitation, de maintenance et de gestion est nécessaire. Les principaux bénéficiaires sont les femmes et les enfants du fait que leurs tâches consistent à la collecte quotidienne d'eau potable pour toute la famille. La clé d'un projet d'approvisionnement en eau potable autonome et durable réside dans l'esprit de volontariat des bénéficiaires. Aussi, le prix de l'eau devra être fixé volontairement par la population.
- 8) Quant à la réduction de la pauvreté, tout projet d'approvisionnement en eau bien organisé devra porter une attention particulière à toute mesure supplémentaire pouvant générer la moindre source de revenu aux villages pauvres en milieu rural, et ce afin qu'ils puissent s'acheter l'eau nécessaire. L'Equipe d'Etude requiert au Comité de pilotage et aux agences concernées, l'assistance aux villageois pauvres en milieu rural dans différents domaines spécifiquement susceptibles de leur générer le moindre revenu pour l'achat d'eau potable.

* * * * *

ETUDE SUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE, AUTONOME ET DURABLE DANS LA REGION DU SUD DE MADAGASCAR

RAPPORT FINAL PROVISOIRE RESUME

TABLES DES MATIERES

Préface

Lettre de présentation

Plan de la zone de l'étude

Photos

Resume executif

Table des matières

Liste de Tableaux et de figures

Abréviations

Liste des villages fréquentés

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Les grandes lignes de l'Etude	1-1
1.1.1 Généralités	1-1
1.1.2 Historique de l'Etude	1-1
1.1.3 Objectifs de l'Etude	1-2
1.1.4 Zone cible et Zone d'Etude	1-2
1.1.5 Etendue de l'Etude	1-3
1.1.6 Principe de base de l'Etude	1-3
1.2 Mise en oeuvre de l'Etude	1-4
1.2.1 Programme de l'Etude	1-4
1.2.2 Membres de l'Equipe d'étude et homologues	1-8

CHAPITRE 2 CONDITION GÉNÉRALE DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Environnement naturel	2-1
2.1.1 Climat	2-1
2.1.2 Hydrologie	2-1
2.1.3 Topographie	2-1
2.1.4 Géologie et Hydrogéologie	2-2
2.2 Conditions économiques et sociales dans la zone d'étude	2-2
2.2.1 Organisation administrative	2-2

2.2.2 Population	2-3
2.2.3 Condition économique.....	2-4
2.2.4 Infrastructures sociales et conditions sociales y afférentes.....	2-4
2.2.5 Les us et coutumes	2-5
2.3 Etablissement de l'approvisionnement en eau	2-6
2.3.1 Situation actuelle de secteur d'approvisionnement en eau	2-6
2.4 Les bailleurs concernés dans la Région du Sud de Madagascar	2-7
2.5 Institution et gestion de l'approvisionnement en eau dans la Région Sud	2-8

CHAPITRE 3 ETUDES ET ANALYSES POUR LES RESSOURCES EN EAU

3.1 Données existantes	3-1
3.2 Inventaire des ressources en eau existantes dans la zone d'Etude	3-1
3.2.1 Classification	3-1
3.2.2 Inventaire des ressources en eau	3-1
3.2.3 Inventaire d'Impluvium	3-3
3.3 Interprétation d'images satellitaires	3-3
3.3.1 Interprétation	3-3
3.4 Etude des photographies aériennes	3-9
3.4.1 Méthodologie	3-9
3.4.2 Interprétation	3-9
3.5 Etude Géophysique	3-9
3.5.1 Généralités	3-9
3.5.2 Interprétation de la coupe hydrogéologique du bassin d'Ambovombe	3-10
3.6 Suivi du niveau des eaux souterraines	3-12
3.6.1 Objectif	3-12
3.6.2 Puits d'observation	3-12
3.6.3 Résultats des suivis mensuels	3-12
3.6.4 Résultats des suivis saisonniers	3-15
3.6.5 Résultats des suivis des forages d'essais	3-16
3.7 Etude de la qualité de l'eau des puits existants	3-18
3.7.1 Généralités	3-18
3.7.2 Méthodologie	3-18
3.7.3 Analyse des composants chimiques	3-18
3.7.4 Qualité de l'eau potable dans la région	3-26
3.8 Essais de forage	3-27
3.8.1 Plan des essais de forages.....	3-27
3.8.2 Résultats des essais de forage.....	3-29
3.8.3 Evaluation des puits et forage d'essais	3-30
3.9 Etude de la qualité de l'eau par profilage.....	3-33

3.9.1 Profilage vertical de la qualité de l'eau	3-33
3.9.2 Séries chronologiques du suivi de la qualité de l'eau	3-36

CHAPITRE 4 ETUDES ET ANALYSES DE LA CONDITION SOCIO ECONOMIQUE

4.1 Aperçu de l'étude	4-1
4.2 Analyse socio-économique de la zone d'étude	4-1
4.2.1 Situation économique	4-1
4.2.2 Activités des groupes et coopération	4-2
4.3 Situation actuelle de l'utilisation de l'eau dans la zone d'étude	4-2
4.3.1 Sources d'eau actuelles	4-2
4.3.2 Volume de consommation d'eau	4-3
4.3.3 Tarif de l'eau	4-5
4.3.4 Classification des sources d'eau par difficulté	4-6
4.3.5 Les problématique hommes-femmes dans la zone de l'étude	4-8
4.4 Méthode actuelle d'assurance de l'eau	4-9
4.4.1 Utilisation de la pluie	4-9
4.4.2 Vendeurs d'eau	4-11

CHAPITRE 5 INSTITUTION ET ORGANISATION EXISTANTE

D'APPROVISIONNEMENT EN EAU

5.1 Organisation de l'AES et JIRAMA dans la Région Sud	5-1
5.1.1 Situation de l'AES	5-1
5.1.2 Situation de la JIRAMA d'Amboasary et d'Ambovombe	5-3
5.2 Commune, Fokontany et CPE	5-5

CHAPITRE 6 PROJET PILOTE

6.1 Plan et Objectifs	6-1
6.2 Sites du Projet pilote et spécification des installations d'approvisionnement en eau	6-2
6.3 Condition socio-économique des sites ciblés	6-4
6.3.1 Condition sociale des sites du projet pilote	6-4
6.3.2 Condition économique des sites du projet pilote	6-5
6.3.3 Utilisation actuelle de l'eau	6-5
6.4 Participation de la population communautaire et renforcement de la capacité des CPE	6-6
6.5 Création des CPE et tarif de l'eau	6-7
6.5.1 Création des CPE	6-7
6.5.2 Tarif de l'eau	6-8
6.6 Suivi du Projet pilote	6-13
6.6.1 Plan essentiel du suivi du Projet pilote	6-13
6.7 Leçons tirées du Projet-pilote	6-13

6.7.1 Entretien et maintenance Basé sur les Activités des CPE	6-13
---	------

CHAPITRE 7 ETUDE DU POTENTIEL DES EAUX SOUTERRAINES

7.1 Analyse du potentiel Hydrogéologique	7-1
7.1.1 Analyse	7-1
7.1.2 Classification du potentiel	7-3
7.2 Equilibre et réalimentation de l'eau souterraine	7-3
7.3 Modélisation et simulation des eaux souterraines	7-9
7.3.1 Objectif	7-9
7.3.2 Modélisation des eaux souterraines	7-9
7.3.3 Calibrage	7-12
7.3.4 Simulation	7-15
7.3.5 Evaluation du potentiel de développement du forage F015	7-17
7.4 Plan de suivi des eaux souterraines	7-23

CHAPITRE 8 PLAN D'APPROVISIONNEMENT EN EAU

8.1 Conditions de base.....	8-1
8.1.1 Zone d'approvisionnement en eau	8-1
8.1.2 Demande en eau.....	8-1
8.1.3 Ressources en eau et zone d'approvisionnement en eau	8-3
8.2 Plan alternatif d'approvisionnement en eau	8-4
8.2.1 Description des plans alternatifs	8-4
8.2.2 Procédure de sélection des propositions alternatives	8-42
8.2.3 Etablissement de la liste longue	8-42
8.2.4 Etablissement de la liste courte	8-47
8.2.5 Fixation de l'ordre de priorité	8-49
8.2.6 Evaluation général et autres points à considérer	8-51
8.3 Plan d'approvisionnement en eau proposé	8-53
8.3.1 Evaluation des indices de base pour le plan alternatif d'approvisionnement en eau	8-53
8.4 Evaluation du coût	8-61
8.5 Programme d'exécution de projet	8-61
8.6 Coût de l'eau	8-62
8.6.1 Evaluation du coût de l'eau en 2005	8-62
8.6.2 Considération du coût de l'eau pour les plans alternatifs	8-64

CHAPITRE 9 CONSIDERATIONS ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES

9.1 Contexte	9-1
9.1.1 Grandes lignes JICA pour les considérations environnementales et sociales.....	9-1

9.1.2	Système EIA (Evaluation des impacts sur l'environnement) à Madagascar	9-1
9.1.3	Résultats de la consultation avec l'ONE	9-1
9.1.4	Point important pour les considérations environnementales et sociales dans ce projet	9-2
9.2	Résumé du plan directeur	9-2
9.2.1	Contexte du plan	9-2
9.2.2	Objectif du plan	9-2
9.2.3	Zone cible du plan	9-2
9.2.4	Résumé du plan d'approvisionnement en eau	9-2
9.3	Situation actuelle dans la zone cible	9-3
9.3.1	Environnement naturel	9-3
9.3.2	Environnement social	9-4
9.4	Résultats des considérations environnementales et sociales	9-5
 CHAPITRE 10 INSTITUTION POUR L'EXPLOITATION ET LA MAINTENANCE		
10.1	Exploitation et Maintenance pour les systèmes d'approvisionnement en eau	10-1
10.1.1	Établissement d'organisation d'une communauté de base	10-1
10.1.2	Organisation de l'AES	10-1
10.1.3	Aspect financier de l'AES	10-2
10.1.4	Recommandation pour l'amélioration de l'AES et la nouvelle institution	10-3
 CHAPITRE 11 EVALUATION DU PROJET		
11.1	Evaluation financière et économique	11-1
11.2	Evaluation Environnementale	11-1
11.3	Evaluation sur l'Organisation et l'Institution	11-2
11.4	Evaluation technologique concernant l'approvisionnement en eau	11-3
11.5	Evaluation économique	11-4
 CHAPITRE 12 TRANSFERT DE TECHNOLOGIES		
12.1	Transfert de technologies.....	12-1
12.2	Mise en œuvre du Séminaire pour le Transfert de technologies	12-2
12.3	Instructions pour le CPE au niveau du village concernant le Projet Pilote	12-2
 CHAPITRE 13 CONCLUSION ET RECOMMANDATION		
13.1	Conclusion	13-1
13.2	Recommandation	13-4

REFERENCES

Liste de Tableaux et de Figures

Chapitre 1

Tableau			
	1.2.1-1	Mise en oeuvre de l'Etude	1-4
	1.2.1-2	Chronogramme d'attribution de fonctions	1-5
	1.2.1-3	Organigramme opérationnel	1-6
	1.2.1-4	Programme de l'Etude	1-7
	1.2.2-1	Equipe d'Etude JICA	1-8
	1.2.2-2	Equipe homologue	1-8
Figure			
	1.1.4-1	La Zone d'Etude	1-2

Chapitre 2

Tableau			
	2.1.4-1	Classification Géologique et Hydrogéologique dans la zone d'Etude	2-2
	2.2.1-1	Organisation administrative locale de Madagascar	2-3
	2.2.1-2	Noms de communes cibles de l'étude	2-3
	2.2.2-1	Nombres de population et de fokontany dans la zone d'étude (2005)	2-3
Figure			
	2.1.1-1	Carte Isohyète autour de la zone d'Etude (Moyenne du 1999-2004)	2-1
	2.1.3-1	Carte topographique du bassin d'Ambovombe	2-1
	2.1.4-1	Carte géologique du bassin d'Ambovombe	2-2
	2.2.2-1	Répartition des fokontany et la taille de population	2-4
	2.2.4-1	Maladies que les habitants fréquemment attrapent	2-5
	2.3.1-1	Borne fontaine de l'AES dans la ville d' Ambovombe	2-7
	2.4-1	Projets financés par les bailleurs internationaux dans la région du sud de Madagascar	2-8
	2.5-1	Le Pipeline construit par JICA en 1995-1999 et le Projet en cours à Sampona (1ère phase de l'IPPTE, 2004-2006) préparée sur carte par EU, 2005	2-9

Chapitre 3

Tableau			
	3.2.2-1	Les caractéristiques des points d'eau	3-2
	3.2.3-1	Inventaire d'Impluvium	3-3
	3.6.4-1	Résumé de la comparaison des données enregistrées	3-15
	3.7.2-1	Résumé des points de prélèvement	3-18
	3.7.2-2	Paramètres analysés	3-18
	3.7.3-1	Coefficient de corrélation entre les composants majeurs	3-21
	3.7.4-1	Comparaison de la qualité moyenne et maximum de l'eau avec les normes nationales et de l'OMS	3-26
	3.8.1-1	Programme initial des essais de forage	3-27
	3.8.2-1	Résumés des travaux	3-30
	3.9.1-1	Liste des points étudiés	3-33
	3.9.2-1	Liste des points de suivi	3-36
Figure			
	3.2.2-1	Localisation des points d'eau	3-2
	3.3.1-1	Analyses topographiques	3-4
	3.3.1-2	Analyse de linéament et de données DEM dans la zone d'étude	3-5
	3.3.1-3	Système de rivières du bassin d'Ambovombe	3-6
	3.3.1-4	Marais et dépression au bassin d'Ambovombe	3-6

3.3.1-5	Vue d'en haut	3-7
3.3.1-6	Carte d'occupation du sol et de végétation	3-7
3.3.1-7	Répartition des villages dans la zone d'étude	3-7
3.3.1-8	Localisation des tests de forage	3-7
3.3.1-9	Etude de mesure topographique par image satellite	3-8
3.3.1-10	Carte topographique partiellement couverte par image satellite pour reconnaissance de terrain	3-8
3.3.1-11	Carte géologique d'une image satellite	3-8
3.3.1-12	Carte géologique partiellement couverte par image satellite pour reconnaissance de terrain	3-8
3.5.1-1	Carte de localisation des points d'étude géophysique	3-9
3.5.2-1	Carte de localisation des coupes	3-10
3.5.2-2	(a) Coupe I	3-10
3.5.2-2	(b) Coupe II – (d) Coupe IV	3-11
3.6.2-1	Carte de localisation des puits d'observation	3-13
3.6.2-2	Carte de localisation des puits d'observation (Ambovombe)	3-13
3.6.2-3	Carte de localisation des puits d'observation (essais de forage)	3-13
3.6.3-1	Fluctuation du niveau des eaux souterraines	3-14
3.6.4-1	Courbe de niveau de la différence des niveaux d'eau entre avril et octobre	3-15
3.6.5-1	Fluctuation du niveau d'eau souterraine	3-16
3.6.5-2	Résultat du suivi du niveau d'eau souterraine	3-17
3.7.3-1	Distribution spatiale de la CE dans la zone (Etude d'inventaire)	3-19
3.7.3-2	Distribution spatiale de la CE dans la zone d'Ambovombe (Etude d'inventaire)	3-19
3.7.3-3	Variation saisonnière de la CE des eaux prélevées	3-20
3.7.3-4	Corrélation entre ions majeurs	3-21
3.7.3-5	Types d'hexadiagrammes des échantillons dans la zone d'étude	3-22
3.7.3-6	Diagramme de Piper des échantillons analysés en saison sèche	3-23
3.7.3-7	(1) Hexadiagrammes des forages dans la zone	3-24
	(2) Hexadiagrammes des puits à Ambovombe	3-25
3.8.1-1	Carte de localisation des sites	3-28
3.8.1-2	Carte de localisation de la ville urbaine d'Ambovombe	3-28
3.8.1-3	Schéma typique de forages et puits	3-28
3.8.2-1	Progrès des essais de forage	3-29
3.8.3-1	Structure du bassin et Niveau d'eau statique	3-31
3.8.3-2	Extension de l'aquifère perché	3-31
3.8.3-3	Carte de localisation des eaux souterraine connues	3-32
3.9.1-1	Carte de localisation des points étudiés	3-33
3.9.1-2	Résultats du profilage vertical	3-34
3.9.1-3	Carte de localisation des puits observés dans les zones côtières	3-35
3.9.1-4	Comparaison des données des conductivités électriques mesurées	3-35
3.9.2-1	Résultats du suivi	3-36
3.9.2-2	Résultats élargis du suivi	3-37

Chapitre 4

Tableau

4.2.1-1	Sources importantes de subsistance	4-1
4.3.2-1	Consommation d'eau journalière par ménage	4-5
4.3.3-1	Paie et budget pour le frais mensuel de l'eau	4-5
4.3.4-1	Classification de sources d'eau par distance et prix unitaire	4-7

Figure

4.2.1-1	Revenu annuel des ménages	4-1
4.3.1-1	Sources d'eau potable	4-3
4.3.1-2	Répartition des installations d'eau par commune	4-4
4.3.4-1	Prix unitaire de sources d'eau utilisées dans la zone d'étude	4-6
4.3.4-2	Répartition de distance des sources d'eau	4-6
4.3.4-3	Qualité d'eau puisée dans la zone d'étude	4-6
4.3.4-4	Classification des sources par commune	4-8

4.3.5-1	Personne s'occupant de puisage de l'eau	4-8
4.3.5-2	Personne s'occupant de puisage de l'eau et moyens de l'eau	4-9

Chapitre 5

Tableau

5.1.1-1	Situation financière de l'AES de 1999 à 2005 (en Ariary)	5-2
5.1.1-2	Décomposition de la situation financière de l'AES en 2004, 2005 (en Ariary)	5-3
5.1.1-3	Prix de revient unitaire de production d' Ambovombe et le système de canalisation en 2005	5-3
5.1.2-1	Condition financière de la JIRAMA à Amboasary (2004)	5-4
5.1.2-2	Aperçu de la JIRAMA à Amboasary en 2005	5-4
5.1.2-3	Etat financier de la JIRAMA à Ambovombe(en Ariary)	5-4
5.2-1	Systèmes actuels d'approvisionnement en eau potable dans la Zone d'étude	5-6
5.2-2	Divers systèmes de gestion d'exploitation et de maintenance d'impluvium	5-7

Figure

5.1.1-1	Organigramme de l'AES (2005)	5-2
5.1.2-1	Organigramme de la JIRAMA à Amboasary (2005)	5-4
5.2-1	Organigramme de l'AAEPA	5-8

Chapitre 6

Tableau

6.1-1	Cinq sites du Projet-Pilote	6-1
6.1-2	Détails des activités et des contrats entre l'Equipe d'Etude JICA et de l'ONG	6-2
6.3.1-1	Nom, position et infrastructures du projet pilote	6-5
6.3-2-1	Sources revenu principales des sites du projet pilote	6-5
6.3-3-1	Condition actuelle de l'utilisation d'eau	6-6
6.5.2-1	Système de tarification dan les cinq sites du Projet-Pilote	6-8
6.5.2-2	Conditions hypothétiques de la tarification cotisante	6-9
6.5.2-3	Conditions hypothétiques de la tarification cotisante (Rope Pompe)	6-10
6.5.2-4	Conditions hypothétiques de la tarification cotisante (Pompe Vergnet)	6-10
6.5.2-5	Conditions hypothétiques de la tarification cotisante (utilisant le Système de pompage solaire)	6-10
6.5.2-6	Conditions hypothétiques de la tarification volumétrique	6-11
6.5.2-7	Conditions hypothétiques de la tarification volumétrique (Rope Pompe)	6-11
6.5.2-8	Conditions hypothétiques de la tarification volumétrique (utilisant la Pompe Vergnet)	6-12
6.5.2-9	Conditions hypothétiques de la tarification volumétrique (Système de pompage solaire)	6-12
6.7.1-1	Tarif de l'eau hypothétiquement acceptable pour la population communautaire	6-14

Figure

6.1-1	Localisation des cinq (5) sites du Projet-Pilote	6-1
6.2-1	Plan de l'installation du système de pompage solaire	6-3
6.2-2	Organigramme du Système de pompage solaire	6-3
6.2-3	Rope pompe	6-3
6.2-4	Pompe Vergnet	6-3
6.5.1-1	Organigramme typique d'un CPE et des assistants, et ses attributions détaillées	6-7
6.5.1-2	Procédure de la création du CPE	6-8
6.5.2-1	Organigramme principal de la gestion de base	6-9
6.7.1-1	Répartition du tarif de l'eau abordable par hypothèse auprès des bénéficiaires	6-14
6.7.1-2	Système coopératif de base entre les trois acteurs principaux	6-15

Chapitre 7

Tableau

7.2-1	Précipitation Calculée (mm/an)	7-5
7.2-2	Calcul du gradient hydraulique	7-6
7.2-3	Evaluation du débit de production dans la zone d'Antanimora	7-7
7.2-4	Evaluation du débit de production dans la zone d'Ambovombe	7-7
7.3.3-1	Valeur de conductivité hydraulique	7-14
7.3.4-1	Plan de développement des eaux souterraines proposé	7-15

Figure

7.1.2-1	Zone classée selon le potentiel des eaux souterraines	7-3
7.2-1	Cycle Hydrologique du bassin d' Ambovombe	7-4
7.2-2	Eléments du Cycle Hydrologique	7-5
7.2-3	Eléments pour le calcul de la sortie d'eau souterraine(1)	7-6
7.2-4	Eléments pour le calcul de la sortie d'eau souterraine(2)	7-6
7.3.2-1	Zone de modélisation des eaux souterraines	7-9
7.3.2-2	Carte en courbes de niveau de l'élévation de la surface du sol	7-10
7.3.2-3	Carte du courbes de niveau de l'élévation du socle	7-11
7.3.2-4	Grille de différence finie utilisée pour la simulation	7-11
7.3.2-5	Limites hydrogéologiques	7-12
7.3.3-1	Distribution de la conductivité électrique des forages existants (novembre 2005)	7-13
7.3.3-2	Limite de concentration initiale	7-13
7.3.3-3	Résultats du calibrage	7-15
7.3.4-1	Emplacement des forages d'observation	7-16
7.3.4-2	Résultats de la simulation	7-17
7.3.5-1	Profil vertical de conductivité électrique du forage F015	7-17
7.3.5-2	Limite de concentration initiale	7-18
7.3.5-3	Points d'observation au forage d'observation	7-19
7.3.5-4	(a) Résultats de la simulation (couche 4)	7-19
	(b) Résultats de la simulation (coupe transversale)	7-20
7.3.5-5	Changements par séries chronologiques de la concentration de sel aux points d'observation	7-20
7.3.5-6	Résultats des observations de concentration de sel et de conductivité électrique au point d'observation A	7-21
7.3.5-7	Limite de concentration initiale appliquée pour l'étude de cas I	7-21
7.3.5-8	Résultats des observations de conductivité électrique au point A du forage d'observation	7-22
7.3.5-9	Résultats des observations de conductivité électrique au point A du forage d'observation	7-23
7.4-1	Carte de localisation des forages de suivi du niveau d'eau	7-24
7.4-2	Carte de localisation des forages de suivi de la qualité de l'eau	7-24
7.4-3	Organigramme de suivi des eaux souterraines	7-25

Chapitre 8

Tableau

8.1.2-1	Liste des Communes cibles et de leur population, nombre de Fokotany	8-2
8.1.2-2	Nombre d'habitants dans la zone d'Etude et demande en eau	8-3
8.2.1-1	Comparaison des articles de base dans le plan alternatif d'approvisionnement en eau (D1 à D6)	8-5
8.2.1-2	Liste des systèmes d'approvisionnement en eau dans la zone d'étude	8-11
8.2.1-3	Liste des plan alternatif d'approvisionnement en eau	8-17
8.2.3-1	Plans alternatifs d'approvisionnement en eau dans la zone d'étude (Liste longue)	8-44
8.2.4-1	Liste des plans alternatifs sélectionnés par l'ordre de priorité (Installations, Liste courte)	8-49
8.2.4-2	Liste des plans alternatifs sélectionnés par l'ordre de priorité (Soft Component, Liste courte)	8-49
8.2.5-1	Critères d'évaluation des installations	8-49

	8.2.5-2	Critères d'évaluation pour Soft component	8-49
	8.2.5-3	Ordre de priorité sur la base de la notation (Installations)	8-50
	8.2.5-4	Ordre de priorité sur la base de la notation (Soft Component)	8-51
	8.3.1-1	Index de base des plans alternatifs d'approvisionnement en eau	8-55
	8.4-1	Estimation du coût du Plan D1, Plan D4 et Plan S2	8-61
	8.6.1-1	Prix unitaire de production de l'AES en 2005	8-63
	8.6.2-1	Nouveau prix de l'eau dans le Plan alternatif d'approvisionnement	8-64
Figure	8.1.1-1	Zone d'approvisionnement en eau	8-1
	8.1.3-1	Division des zones d'approvisionnement en eau	8-3
	8.2.1-1	Schéma de position des installations hydrauliques dans le plan alternatif d'approvisionnement en eau (D1 à D6)	8-5
	8.2.2-1	Organigramme de la procédure de sélection des propositions d'approvisionnement en eau	8-42
	8.2.3-1	Catégorisation des plans alternatifs	8-43
	8.2.4-1	Evaluation d'une liste longue (Installations)	8-48
	8.2.4-2	Evaluation d'une liste longue (Soft)	8-48
	8.3.1-1	Profil hydraulique du pipeline pour Ambovombe	8-58
	8.3.1-2	Route du pipeline	8-59
	8.3.1-3	Conception du établissement	8-60
	8.5-1	Plan directeur d'approvisionnement en eau (2007-2015)	8-61

Chapitre 9

Tableau	9.1.2-1	Types et étendue des projets pour l'EIA ou l'EEP concernés par cette étude	9-1
	9.2.4-1	Résumé des alternatives au plan d'approvisionnement en eau	9-2
Figure	9.3.1-1	Distribution de la forêt semi-aride dense d'épineux dans la zone cible	9-4

Chapitre 10

Tableau	10.1.3-1	Aspect financier d'AES de 1999-2005	10-2
	10.1.3-2	Production de l'eau d'AES et prix de revient par unité en 2005	10-2
	10.1.4-1	Plan de l'organisation du personnel et rôles dans les nouvelles installations	10-3

Chapitre 12

Tableau	12.1-1	Contenu du Transfert de Technologies	12-1
---------	--------	--------------------------------------	------

Chapitre 13

Tableau	13.1-1	Système de pompage solaire existant géré par AES, Ambovombe	13-4
---------	--------	---	------

Abréviations

(Organisation)

Les articles /Items	French	English
AEP	Alimentation en eau potable	Drinking Water Supply
AEPA	Alimentation en eau potable et assainissement	Drinking Water Supply and Sanitation
AEPG	Adduction d'eau potable gravitaire	Drinking Water Supply by gravitation
AES	Alimentation en Eau dans le Sud	Water Supply in the South
AFD	Agence française de développement	French Agency of Development
ANDEA	Autorité nationale de l'eau et l'assainissement	National Authority of Water and Sanitation
Ar	Ariary	Ariary
BAD, ADB	Banque africaine de développement	African Development Bank
BM	Banque mondiale	World Bank
CGDIS :	Commissariat Général au Développement Intégré du Sud	General Committee for the Integrated Development of the south
CNEA	Comité national de l'eau et l'assainissement	National Committee of Water and Sanitation
CREA	Comité régional de l'eau et l'assainissement	Regional Committee of Water and Sanitation
CPE	Comité de point d'eau	Water Point Committee
CSB	Centre de santé de base	Basic Health Centre
DEPA	Direction de l'eau potable et de l'assainissement	Department of drinking water and sanitation
EPIC	Etablissement public industriel et commercial	Industrial and commercial public establishment
FMG	Franc malgache	Malagasy franc
FONDEM	Franc ONG	France NGO
FTM	Foibe Taosritanin'i Madagasikara (Institut géographique et hydrographique national)	Geographical and hydrographic national institute
IEC	Information – éducation – communication	Information Education Communication
INSTA/DSN	Institut national de la statistique	National institute of the statistics
IPPTE	Initiative pays pauvre très endetté	Initiative of poor and heavily in debt country
JBIC	Banque Japonaise de coopération internationale (Coopération Japonaise - Prêts)	Japan Bank for International Cooperation (Cooperation Japanese - Prêts)
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale	Japanese International Cooperation Agency
JIRAMA	Jiro sy Rano Malagasy (Société nationale d'eau et d'électricité)	National company of water and electricity
MECIE	Mise en compatibilité des investissements avec l'environnement	Compatibility setting of investments with environment
MEM	Ministère de l'énergie et des mines	Ministry of energy and mines
O/M	Opération et entretien	Operation and Maintenance
OMS, WHO	Organisation Mondiale pour la Santé	World Health Organization
ONG, NGO	Organisation Non Gouvernemental	Non Governmental Organization
ONE	Office National de l'Environnement	National Office of Environment
ORSEA	Organe de régulation de l'eau et assainissement	Body for the regulation of water and sanitation
PAEPAR	Projet pilote d'alimentation en eau potable et assainissement en milieu rural	Pilot Project on drinking water supply and sanitation in rural area
PPTE	Pays Pauvre Très Endetté	Poor and heavily in debt country
DSRP	Documents Stratégique pour la Réduction de la Pauvreté	Strategic Documents for the reduction of poverty
SSE	Secteur du Service de les Eaux et la stratégie	Water supply sector and the strategy
UE, EU	Union Européenne	European Union
WASH	Eau, Assainissement et hygiène	Water, Sanitation and Hygiene

(Non organisation)

Les articles /Items	Frencce	English
EC	Conductivité Electrique	Electric conductivity
TD	Profondeur Totale	Total depth
NS, SWL	Niveau statique de l'eau	Statique Water level
SC	La capacité spécifique	Specific Capacity
DEM	Le Desital élèvement Modèle	Digital Elevation Model
SEV, VES	Sondage Electrique Verticale	Vertical Electric Sounding
IP	Induced Polarisation	Induced Polarization
TEM	La Méthode Electomagnetic transitoire	Transient Electomagnetic Method
HDPE	Polyéthylène haute densité	High Density Polyethylene
EIA	Évaluation de l'impact Environnemental	Environmental Impact Assesment

Liste des villages fréquentés

Ambanisarika	Behabobo	Sampona
Ambaro	Bekokako	Sarimonto
Ambazoamirafy	Belindo	Sevohipoty
Amboasary atsimo	Bemamba	Sihanamaro
Ambohimalaza	Bemamba Antsatra	Sihanamitohy marolava
Ambohitsy	Bemandrabo	Silimosa
Ambolobe	Benonoka	Talaky
Ambonaivo	Beraketa	Talaky marofoty
Ambondro	Beroroha	Tanambao
Ambonivoha	Betioky	Tanandava
Amboro	Bevoly	Taranaka
Ambovombe Androy	Ebelo	Tondroke
Ampamahetika	Ejeda	Tsianoriha
Ampamata	Ekonka	Tsihombe
Ampamatabe	Erada	Tsimananada
Ampamolora	Erakoky	Tsimavo
Anafomihala	Esalo	Tsimihevo
Anafondrakady	Esanta	Tsingivilahy
Analahova	Esanta centre	Tsirangoty
Analaisoke	Esanta Marofoty	
Analamanohy	Esanta Maromainty	
Andaboly	Esingo	
Andramaray	Etoly	
Anjamaro	Fekony	
Anjatoka	Fierenantsoa Ampozy	
Anjira	Ianakafy	
Ankaramena	Imanombo	
Ankiliabo nord	Kilirandro	
Ankilifaly	Laparoy	
Ankilimafaitry	Lavaandrandra	
Ankilimanara	Lefonjavy	
Ankilimiharatse	Mahavelo	
Ankilirandro	Mahavelo Mitsangana	
Ankilitelo	Manave	
Ankoba mikajy	Manja (manjasoaloka)	
Antanandava	Maroafotse	
Antanimihery	Maroalimainty	
Antanimora	Maroalipoty	
Antaritarika	Marobe	
Antetibe	Maromalay	
Antseky	Mitsangana	
Avaradrova	Mokofo	
	Morafeno	

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Les grandes lignes de l'Etude

1.1.1 Généralités

Le présent Rapport Final est la compilation des résultats issus de 2005 à 2006 pour l'Etude sur l'Approvisionnement en Eau Potable, Autonome et Durable dans la Région du Sud de la République de Madagascar (ci-après désigné par « Etude »), conformément au document de Définition des Tâches établi entre le Ministère de l'Energie et des Mines (ci-après désigné par « MEM ») et l'Agence Internationale de Coopération Japonaise (ci-après désigné par « JICA ») à Antananarivo le 18 août 2004.

La JICA a mis en place l'Equipe d'Etude (ci-après désignée par « Equipe d'Etude JICA ») composée de douze experts de domaines différents et en relation avec l'Etude commencé en mi-janvier 2005, et sera achevé en décembre 2006 avec la soumission du Rapport Final. L'Etude est divisée en deux Phases comme suit :

Phase I: Etude de Base et des Ressources en Eau

Phase II: Analyse et Evaluation des Alternatives d'installations d'approvisionnement en Eau et Formulation du Plan d'Utilisation de l'Eau

Au cours de l'Etude, l'Equipe d'Etude JICA exécute des travaux en collaboration étroite avec le personnel homologue du MEM et de l'Alimentation en Eau du Sud (AES), mettant l'accent sur le transfert de technologie.

1.1.2 Historique de l'Etude

La zone d'étude située dans le sud de Madagascar est caractérisée par la sécheresse et le problème du manque d'eau potable dû au climat très aride et à la non-existence des ressources d'eau telles que les fleuves et les puits. La population Malagasy ayant accès à l'eau potable représente seulement 11.8% en 2000 17% en 2005 dans le milieu rural (DSRP, juin 2005 et MEM, juin 2006). En particulier, dans la zone côtière sud d'Ambovombe, les gens sont obligés d'acheter de l'eau potable aux vendeurs d'eau locaux à cause de l'inexistence de source d'eau dans les villages, s'ajoutant à cela la faible précipitation annuelle allant de 400mm à 500mm particulièrement pendant la saison des pluies. Il y a enfin le mauvais fonctionnement du service public d'approvisionnement en eau par camions citernes. Selon le rapport annuel de l'AES en 2004, l'approvisionnement en eau était seulement de 0,4l/cap/jour pour une population cible de 278 000 dans le secteur dû au manque de camions citernes, au coût élevé du carburant et à l'exploitation. D'ailleurs, l'eau disponible par d'autres moyens est de mauvaise qualité et ne satisfait pas à la norme d'hygiène. Par conséquent, le Gouvernement de Madagascar a placé en haute priorité d'assurer l'eau dans la zone d'étude.

La JICA a formé une équipe d'étude pour mener l'étude sur l'approvisionnement en eau potable, autonome et durable dans la région du Sud. L'étude confirme le potentiel d'eaux souterraines dans les villages et d'équipements appropriés d'approvisionnement en eau, notamment les pompes manuelles, le système de pompe solaire ainsi que l'exploitation et la maintenance impliquant les villageois à travers une assistance technique des forages d'essai et du projet Pilote, jointe à une participation communautaire et le suivi du Projet Pilote.

1.1.3 Objectifs de l'Etude

Les objectifs de l'Etude sont:

- (1) Evaluation des potentialités des ressources en eau, centrée sur les eaux souterraines utilisables comme eau potable dans la Zone d'Etude.
- (2) Formulation d'un programme de développement et de gestion des ressources en eaux souterraines pur la Zone d'Etude.
- (3) Exécution du transfert de technologie au personnel homologue au cours de l'Etude.

1.1.4 Zone cible et Zone d'Etude

(1) Zone cible

La zone cible pour l'approvisionnement en eau est située le long de la Route Nationale 10 reliant Tsihombe et Ambovombe et la zone côtière au Sud.

(2) Zone d'Etude

La Zone d'Etude située dans la Province de Tuléar dans le Sud de Madagascar couvrira les zones suivantes :

- 1) Le Bassin d'Ambovombe
- 2) La zone longeant la Route Nationale 10 entre Tsihombe et Ambovombe et la zone côtière.

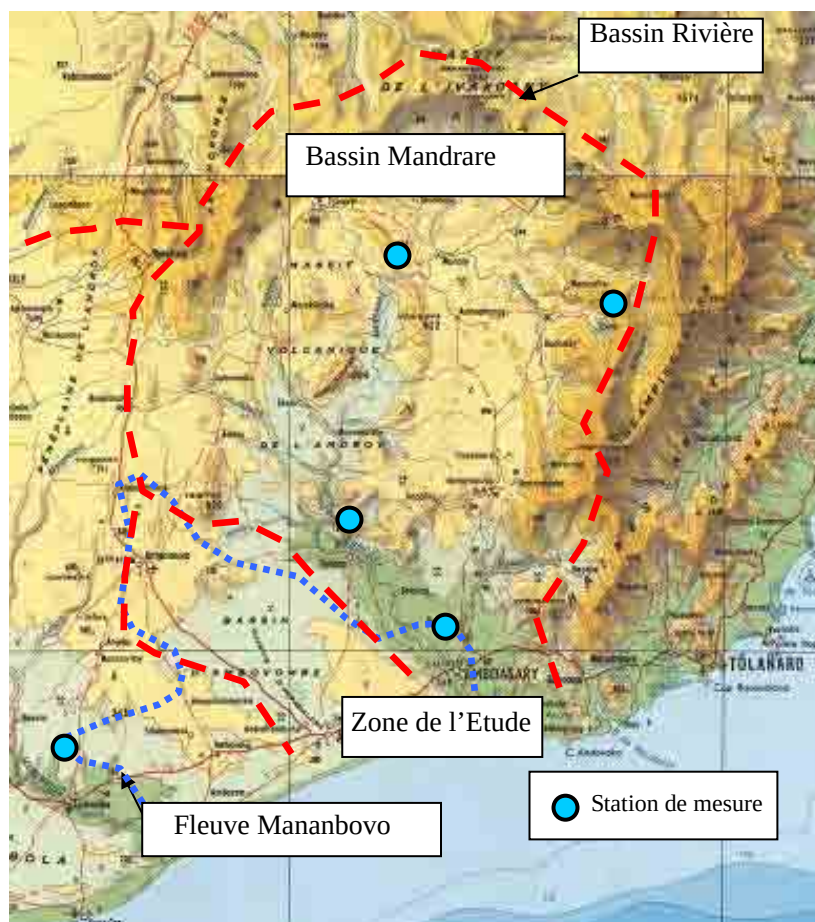


Figure 1.1.4-1 La Zone d'Etude

1.1.5 Etendue de l'Etude

Cette Etude sera menée selon la base de l'Etendue des Travaux (S/W) pour l'Etude conclue entre le Ministère de l'Energie et des Mines (MEM) et l'équipe préparatoire de la JICA le 18 août 2004, comme indiqué dans l'Annexe 3. Les détails de l'étude sont donnés dans la section suivante de ce rapport.

1.1.6 Principe de base de l'Etude

Comme convenu dans les Procès-verbaux de discussion sur le rapport Préliminaire établi le 03 février 2005 à Antananarivo, l'Equipe d'étude JICA a exécuté l'étude et a publié le Rapport d'Etat d'Avancement I en juin 2005, et le Rapport d'Etat d'Avancement II en novembre 2005, le Rapport Intermédiaire en juin 2006 et le Rapport Final Provisoire en octobre 2006, conformément aux principes de base suivantes :

- (1) Les données et les informations existantes ont été systématiquement classées et utilisées de manière effective afin de comprendre entièrement la situation sur place en relation avec le cadre de vie, l'approvisionnement en eau, l'assainissement, l'hydrogéologie et d'autres sujets pertinents. Les résultats précis des reconnaissances sur terrain devraient permettre de connaître les potentialités des ressources en eau disponibles et de formuler un plan de développement optimal des ressources en eaux souterraines pour les installations d'approvisionnement en eau. De plus, les études similaires exécutées par d'autres organismes donateurs, ainsi que les projets précédents exécutés par la JICA et le Gouvernement du Japon en relation avec l'Etude ont été réexaminés et répercutés sur la présente Etude.
- (2) L'Etude a été efficacement exécutée pour la compréhension mutuelle des conditions d'approvisionnement actuelles, des besoins locaux et du transfert de technologie en vue de :
 - a) Etablir des solutions optimales aux problèmes majeurs pour le programme de développement des ressources en eau ;
 - b) Formuler le plan d'amélioration de l'approvisionnement en eau le mieux adapté en termes de développement des ressources en eaux souterraines et d'installations d'approvisionnement en eau ;
et
 - c) Préparer un plan optimum d'exploitation et de maintenance pour les installations d'approvisionnement en eau en tenant compte des résultats des forages d'essais et du Projet pilote.
- (3) L'Etude a été exécutée en collaboration avec les homologues du MEM, de l'AES et des agences concernées afin de mener l'Etude conformément au programme, en mettant l'accent sur le transfert de technologie en vue du renforcement des capacités pour l'étude des ressources en eau, la conception et la construction d'installations d'approvisionnement en eau et leur bonne gestion par le biais de forages d'essais et de projets pilotes.
- (4) A travers cette Etude, des projets pilotes seront mis en œuvre cinq (5) aux sites sélectionnés sur la base des résultats des forages d'essai, de l'étude socio-économique, des réexamens et des plans pour les installations d'approvisionnement en eau existantes, du fonctionnement et de l'entretien, et de la volonté des habitants à payer l'eau. Des ateliers et séminaires permettront la communication des résultats de l'Etude et les échanges de points de vue entre les participants, tels les responsables gouvernementaux, le personnel impliqué dans le secteur d'approvisionnement en eau/assainissement, les représentants des donateurs et agences internationales, les ONG et d'autres personnes concernées.

1.2 Mise en œuvre de l'Etude

1.2.1 Programme de l'Etude

L'Etude a été effectuée de janvier 2005 à décembre 2006, pour une période de vingt deux (22) mois à Madagascar et au Japon. Cette Etude était répartie en deux (2) phases comme décrit ci-après et présenté en annexe dans l'organigramme du plan d'opération.

Tableau 1. 2.1-1 Mise en œuvre de l'Etude

Phase I: Etude de base et des ressources en eau	
(janvier 2005 à mars 2006)	
1. Travail préparatoire au Japon: 1) Préparation du Rapport de Commencement (IC/R): 2) Analyse des données existantes et interprétation d'image satellite	Fin janvier 2005
2. Travaux à Madagascar (1): 1) Explication et discussion du Rapport de commencement IC/R 2) Etude de base et des ressources en eau 3) Préparation du Rapport d'Etat d'Avancement (1) (P/R-1) 3Explication et discussion du rapport d'Etat d'Avancement P/R-1	février 2005 février à juin 2005 juin 2005 mi-juin 2005
3. Travaux à Madagascar (2)-1: 1) Exécution des forages d'essai 2) Conception du projet pilote 3) Préparation et discussion du Rapport d'Etat d'Avancement (2) (P/R-2)	juillet 2005 à mars 2006 octobre à. novembre 2005 novembre 2005
Phase II: Analyse et Evaluation des alternatives des installations d'approvisionnement en eau et Formulation du Plan d'utilisation de l'Eau	
(décembre 2005 à décembre 2006)	
4. Travaux à Madagascar (2)-2: 1) Mise en œuvre du Projet Pilote 2) Préparation du Rapport Intermédiaire (IT/R):	décembre 2005 à mars 2006 mars 2006
5. Travaux à Madagascar (3): 1) Explication et discussion du Rapport Intermédiaire IT/R 2) Suivi du projet Pilote	mai 2006 juin à septembre 2006
6. Travaux au Japon (1): 1) Préparation du Rapport Final Provisoire (DF/R)	Juillet à septembre 2006
7. Travaux à Madagascar (4): 1) Explication et discussion du Rapport Final Provisoire (DF/R) 2) Organisation de séminaire pour le transfert de technologie:	octobre 2006 octobre 2006
8. Travaux au Japon (2): 1) Préparation et Achèvement du Rapport Final (F/R)	décembre 2006

Tableau 1.2.1-2 Chronogramme d'attribution de fonctions

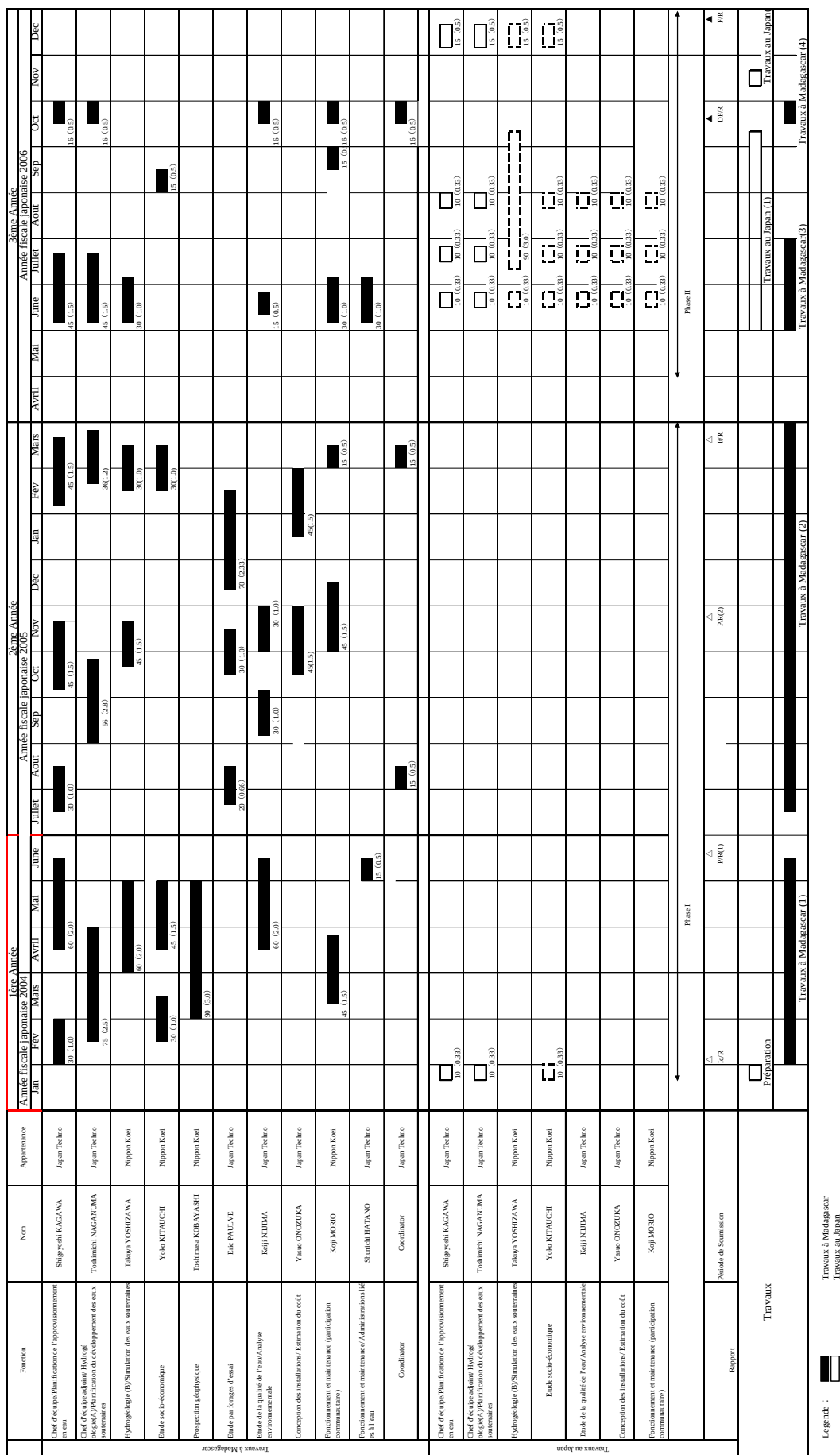


Tableau 1.2.1-3 Organigramme opérationnel

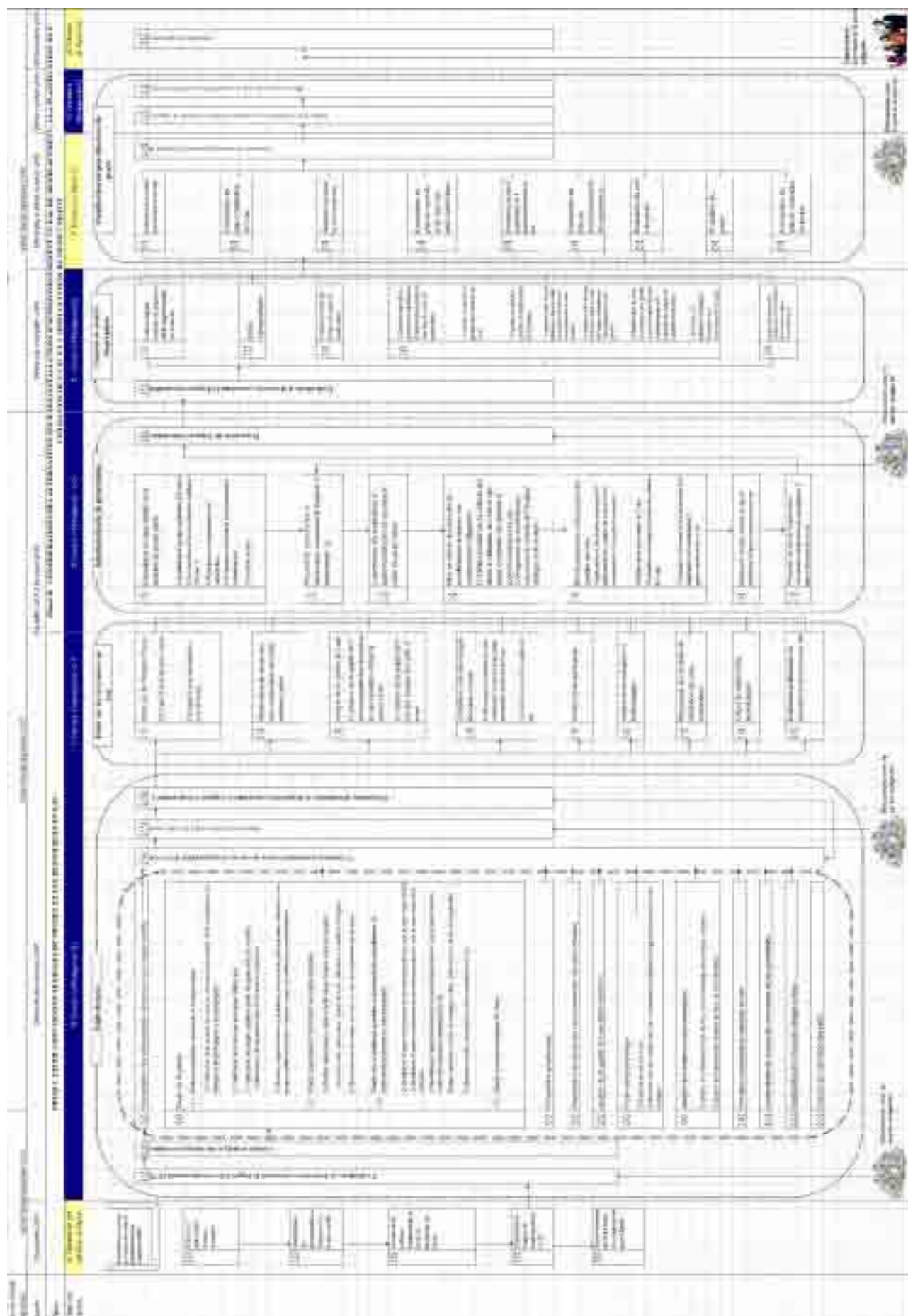


Tableau 1.2.1-4 Programme de l'Etude

[illegible]

1.2.2 Membres de l'Equipe d'étude et homologues

(1) Equipe d'étude

L'Equipe d'étude JICA est composée de treize (13) membres et d'un (1) coordinateur. L'attribution des fonctions de chaque membre de l'Equipe est présentée dans le chronogramme d'attribution de fonctions, Tableau 1.2.1-2.

Tableau 1.2.2-1 Equipe d'Etude JICA

Nom	Fonction	Affiliation
1. Shigeyoshi KAGAWA	Chef d'Equipe/Planification de l'approvisionnement en eau	Japan Techno Co., Ltd.
2. Toshimichi NAGANUMA	Chef d'équipe adjoint/ Hydrogéologie (A)/ Planificateur de Développement des eaux	Japan Techno Co., Ltd.
3. Takuya YOSHIKAWA	Hydrogéologie (B)/Simulation d'eaux souterraines	Nippon Koei Co., Ltd.
4. Yoko KITAUCHI	Etude socio-économique	Nippon Koei Co., Ltd.
5. Toshimasa KOBAYASHI	Prospection géophysique	Nippon Koei Co., Ltd.
6. Eric PAULVE	Etude des forages d'essai	Japan Techno Co., Ltd.
7. Keiji NIJIMA	Etude de la Qualité de l'Eau / Analyse Environnementale	Japan Techno Co., Ltd.
8. Yasuo ONOZUKA	Conception des installations / Estimation des coûts	Japan Techno Co., Ltd.
9. Koji MORIO	Exploitation et Maintenance (Participation communautaire)	Nippon Koei Co., Ltd.
10. Shunnichi HATANO	Exploitation et Maintenance/Administration liée à l'Eau	Japan Techno Co., Ltd.
11. Tadao ARAI	Interprète (Français)	Japan Techno Co., Ltd.
12. Naoko SUEHIRO	Coordinatrice	Japan Techno Co., Ltd.
Comité de Conseil de la JICA		
Dr. Masahiro MURAKAMI	Professeur de l'Université de Technologie de Kochi	

(2) Equipe homologue

L'organisation d'une équipe homologue du MEM/DEA représentée par le Ministère de l'Energie et des Mines incluant des membres issus de différents organismes est requise pour une mise en œuvre efficace de la présente Etude, nécessitant une coopération mutuelle. La partie Malagasy, constituée d'homologues du MEM/DEA conformément à la proposition émise en 2005, participe à l'Etude et reçoit des connaissances techniques suivant l'avancement des travaux.

Tableau 1.2.2-2 Equipe homologue

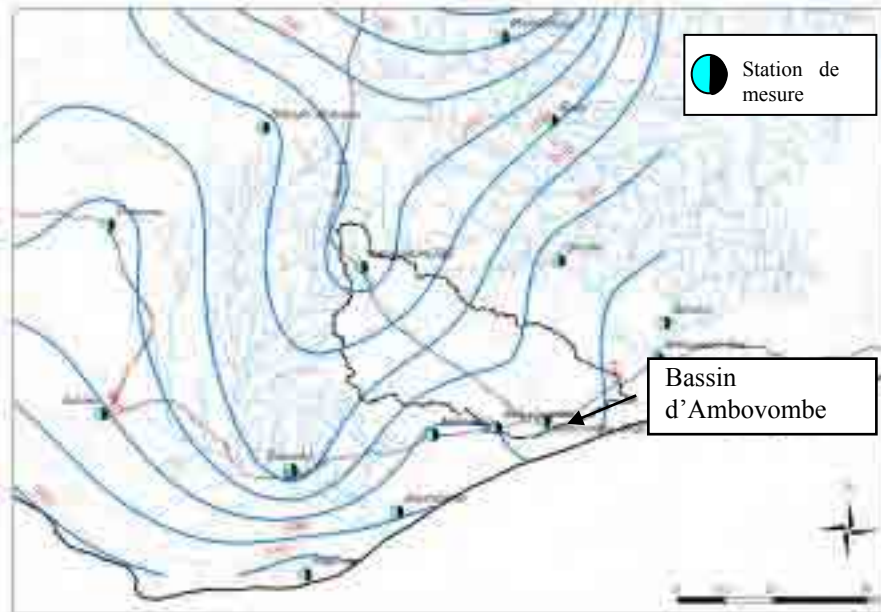
Nom	Fonction	Affiliation
1. RANDRIAMANGA William Henri	Chef d'équipe, Chef de département des ressources en eau	DEA
2. MAHASOLO William	Economiste	AES Coordinateur
3. RAKOTONDRAMAZAVA Hery Tiana	Hydrogéologue/ Responsable des Ressources en Eau	DEA
4. RAKOTONIRINA Jean de Dieu	Géophysicien/Chef de département des Infrastructures Primaires	DEA
5. RANDRIANANTOANDROHARI-SOA NARIVO Désiré	Chargé de l'Analyse de la Qualité de l'Eau/responsable de Qualité	DEA
6. RANDRIAMANGA William Henri	Ingénieur de Construction de Forage / Chef de Département des Ressources en Eau	DEA
7. FAHAMBALA Jérémie	Ingénieur en Approvisionnement en Eau	Directeur Technique AES
8. FILAOMENY	Chargée de l'IEC / Etude Sociale WID / Participation communautaire	AES
9. RAKOTOMAVO Marcel	Education sanitaire / Hygiène publique / Chef de département de Gestion des Données et de la Protection environnementale	DEA
10. RAKOTONDRAMAZAVA Hery Tiana	Responsable des ressources en eau / Ingénieur Hydraulicien	DEA
11. RANJASON Hanitrinirina	Assistante	DEA
12. VEROMANITRA Voahangy	Secrétaire	AES
13. RAKOTOMAVO Paul	Employé	DEA
14. RAKOTOMALALA Edmond	Employé	DEA
15. DIMBIARISOA Irène	Employé	DEA

CHAPTIRE 2 Condition Générale de la zone d'Etude

2.1 Environnement naturel

2.1.1 Climat

La zone d'Etude est située dans la région sud de l'île de Madagascar, dans la classification climatique des savanes. La figure 2.1.1-1 montre la carte isohyète autour de la zone d'Etude.



Source : SAP

Figure 2.1.1-1 Carte Isohyète autour de la zone d'Etude (Moyenne du 1999-2004)

2.1.2 Hydrologie

Autour de la zone d'Etude il existe deux fleuves. Le premier, le fleuve Mandrare qui s'écoule à l'Est, le second, le fleuve Manambovo qui s'écoule à l'Ouest. Le bassin d'Ambovombe est situé entre ces deux rivières et aucun fleuve ne s'écoule dans le bassin tout au long de l'année, seuls, lors de la saison humide que des écoulements fluviaux peuvent y être observés.

2.1.3 Topographie

Le bassin d'Ambovombe est situé entre le fleuve Mandrare et Manambovo. La figure 2.1.3-1 montre la carte topographique du bassin. D'épais sédiments couvrent largement le bassin et la topographie est doucement ondulée. L'altitude varie de 120 à 250m



Source: DEM donnée (SRTM)

Figure 2.1.3-1 Carte topographique du bassin d'Ambovombe

2.1.4 Géologie et Hydrogéologie

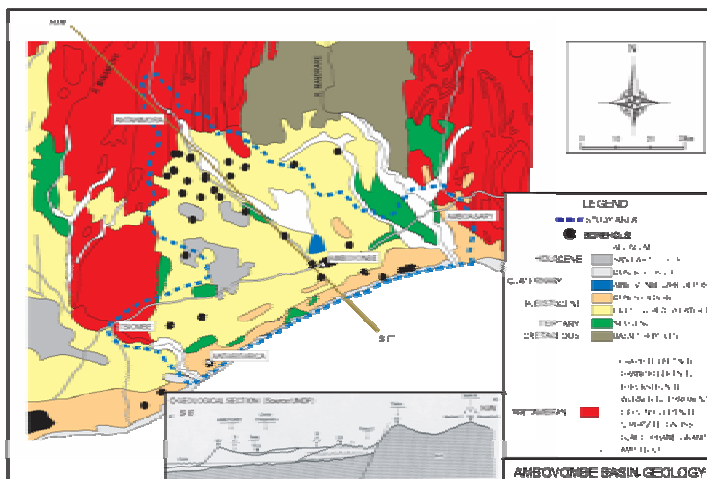
(1) Grande ligne de la zone d'Etude

La zone d'Etude du bassin d'Ambovombe et les zones environnantes sont géologiquement divisées en trois (3) zones comme suit :

- (1) Zone du socle Précambrien au nord
- (2) Le centre du bassin d'Ambovombe
- (3) Dunes de sable côtières au sud

La figure 2.1.4-1 montre la condition géologique dans la zone d'Etude et le

tableau 2.1.4-1 montre la classification géologique et hydrogéologique analysé à partir des données de l'année 1950s à 2005.



Source: Rapport A1475 Appendice compte rendu Novembre 1958, par A. Besairie

Figure 2.1.4-1 Carte géologique du Bassin d'Ambovombe

Tableau 2.1.4-1 Classification Géologique et Hydrogéologique dans la zone d'Etude

Age Géologique		Lithologie		Aquifère	Potentiel
Quaternaire	Holocène		Alluvion	Aquifère non confiné	Δ
			sable (couleur blanche)	Aquifère non confiné	Δ
			Dunes (récents)	Aquifère non confiné	×
			Ambovombe dépôts de lacs	Aquifère non confiné	×
	Pléistocène		Dunes (Anciennes)	Aquifère Semi confiné	×
			Collines couvertes par une latérite	Aquifère Semi confiné	×
Tertiaire	Néogène		Roches sédimentaire (blanche, grise, grès calcaire et du limon continental)	Semi confiné et/ou aquifère Confiné	Δ
Mésozoic	Crétacé		Volcanique (basalte, rhyolite)	aquifère Confiné	Δ
Pre-Cambrien			Granites, leptinite (sournois)	aquifère Confiné	○

Note: le symbole de couleur montre la classification géologique comme montré dans la figure 2.3.1-1.

⊙: Aquifère de bon potentiel, ○: Aquifère à potentiel modéré, Δ: Aquifère à potentiel juste

2.2 Conditions économiques et sociales dans la zone d'étude

2.2.1 Organisation administrative

Cette étude couvre la zone de 15 communes d'Ambovombe Androy et Tsihombe, districts de la Région d'Androy dans la partie Sud de la province de Tuléar, qui se trouvent entre les Routes Nationales 10 et 13 et la côte, tandis que trois communes se trouvent le long de la Route Nationale 13 en direction nord vers la ville d'Antanimora.

Le Tableau 2.2.1-1 présente l'organisation administrative locale de Madagascar en langues anglaise, française et malagasy.

Tableau 2.2.1- 1 Organisation administrative locale de Madagascar

English	Autonomous Province	Region	District	Commune	Fokontany
Français	Province autonome	Région	District	Commune	Fokontany
Malagasy	<i>Faritany mizaka tena</i>	<i>Faritra</i>	<i>Fivondronana</i>	<i>Firaisana</i>	<i>Fokontany</i>

Source: Equipe d'étude JICA, 2005

Tableau 2.2.1- 2 Noms de communes cibles de l'étude

Ce sont les communes, Fokontany et villages qui constituent le système administratif local à Madagascar. La commune est gouvernée par un maire est le noyau de l'autonomie locale dans certains domaines à savoir la collecte des impôts, l'enregistrement de familles ou le développement social, incluant l'approvisionnement en eau. Le maire intervient en tant que médiateur entre les Fokontany et les circonscriptions ou d'autres organisations administratives.

District d'Ambovombe-Androy	Ambanisarika, Ambazoa, Ambohimalaza, Ambonaivo, Ambondro, Ambovombe Androy, Analamary, Antanimora, Beanantara, Erada, Maroalomainty, Maroalopoty, Sihanamaro, Tsimananada (par ordre alphabétique)
District de Tsihombe	Antaritarika

Le Fokontany, qui n'impose pas de taxe aux résidents, fonctionne en tant qu'unité administrative de base et de gestion des biens traditionnels. Chaque Fokontany a ses propriétés telles que des impluvia ou des écoles. Le village, ou *Tanana*, résidence de la population ou *fokonolona* vivant au sein du Fokontany, ne constitue pas une unité administrative.

2.2.2 Population

La population totale des 15 communes cibles est de 277 980 selon le dernier recensement effectué de février à avril 2005 par la région (source : Région de l'Androy, se référer au Tableau 2.2.2-1). Comme le montre la carte de la Figure 2.2.2- 1, les Fokontany ayant un grand nombre de population sont situés sur les dunes côtières tandis que les zones intérieures sont peu peuplées.

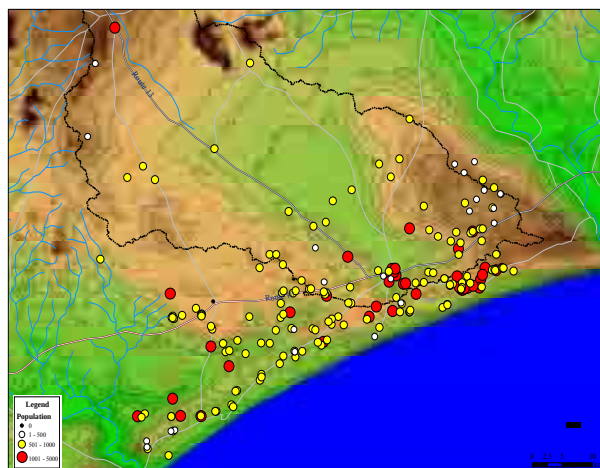
Tableau 2.2.2- 1 Nombres de population et de Fokontany dans la zone d'étude (2005)

No .	Commune	Population 2005	Population 2003/2004	Population 2001/2002	Nombre de Fokontany
1	Ambanisarika	11 112	10 079	6 580	12
2	Ambazoa	15 168	13 691	13 410	20
3	Ambohimalaza	13 395	8 615	7 549	15
4	Ambonaivo	9 001	9 863	9 657	15
5	Ambondro	18 556	15 642	14 573	23
6	Ambovombe Androy	38 213	44 059	45 745	58
7	Analamary*	10 509	4 348	-	15
8	Antanimora	22 725	21 652	14 398	38
9	Antaritarika	14 037	-	10 115	24
10	Beanantara	12 404	9 612	9 525	26
11	Erada	10 799	10 605	9 969	17
12	Maroalomainty	32 645	32 500	32 429	32
13	Maroalopoty	36 394	16 890	18 949	50
14	Sihanamaro	20 120	14 640	12 178	28
15	Tsimananada*	12 902	6 828	-	17
	Total	277 980	-	205 077	390

Note: Analamary et Tsimananada sont indépendantes d'Ambanisarika et Ambohimalaza, et d' Ambovombe respectivement depuis 2003.

Source: Region of Androy (2003, 2005), SAP (2001-2002)

Tandis que les précédentes études et recensements de population ne présentent pas le nombre exact de population que compte les communes actuelles à cause de la création de nouvelles communes et du changement de quelques frontières, la population du niveau de district peut être comparée entre 2002 et 2005 ; la population du district d'Ambovombe Androy a augmenté de 16.388 personnes ou 6,1% et celle de Tsihombe a augmenté de 19 568 personnes ou 27.5%.



2.2.3 Condition économique

Figure 2.2.2- 1 Répartition des Fokotany et la taille de population

A l'exception de la ville d'Ambovombe, les petites industries commerciales ne se sont pas développées. Le principal moyen de subsistance des résidents de la zone d'étude est l'agriculture qui est suivie de la pêche dans les communes côtières. Les cultures les plus communes sont le maïs, le manioc, la patate douce comme aliment de base et le niébé (une sorte de haricot). La principale source de revenu est le manioc suivi de la patate douce pour les ménages cibles, mais beaucoup de ménages choisissent leurs cultures annuelle qui dépend de la précipitation. En plus, l'Élevage de bétail (zébu, chèvre et mouton) est très communément pratiqué dans la zone d'étude. L'effectif moyen de zébu élevé par un ménage dans la zone d'étude est de 6,7 (source : Enquête des ménages). Le bétail n'est pas vendu comme subsistance mais uniquement à l'occasion de cérémonies ou en cas d'urgence financière.

2.2.4 Infrastructures sociales et conditions sociales y afférentes

(1) Condition des routes et réseau de transport

La ville d'Ambovombe est un important point de transport pour la Province du sud. La Route Nationale 10 relie Ambovombe et Andranovory et la Route Nationale 13 relie Fort Dauphin et Ihosy. Aussi, le réseau de transport local est concentré sur la ville d'Ambovombe à travers les taxis-brousse la reliant avec plusieurs centres locaux et nationaux tels que : Antananarivo, Fort Dauphin, Tuléar Antanimora et centres de communes à l'intérieur du district.

(2) Places de marché

Dans les Fokontany éloignés, le commerce se fait rare même au niveau des Fokontany du chef lieu de commune. Les activités économiques de la population s'effectuent lors de marchés hebdomadaires qui ont lieu de commune en commune à différents jours de la semaine. Lors de ces marchés, les habitants vendent des produits locaux et achètent des produits provenant d'autres communes et d'autres régions.

(3) Etablissements scolaires et état de la scolarisation

La répartition géographique des établissements primaires ne correspond pas au nombre d'enfants ayant atteint l'âge de la scolarisation, bien qu'il existe 156 écoles primaires dans la zone d'étude : ainsi, le nombre d'élèves inscrits dans une école varie de 67,5 à Antanimora à 180,8 à Maroloamainty. Le taux net de scolarisation (le nombre d'élèves allant réellement à l'école/nombre de personnes âgées de 6 à 10ans x 100) est 62,9% en moyenne, qui varie par commune : de 33 % à Ambazoa à 97 % à Ambovombe Androy. (Source : service pédagogique du district). En comparaison avec le chiffre de 72% pour l'ensemble du territoire de Madagascar en 1998-1999 (Source : INSTAT/DSN, cité dans le PRSP de Madagascar), les

chiffres pour seules cinq communes de tous les quinze sont de plus de 72%. Par conséquent, le niveau de l'éducation de base dans la zone d'étude est plus faible que le niveau national d'il y a 6 ou 7 ans.

(4) Santé

Le CSB (Centre de santé de base) établi généralement dans les centres de commune sauf deux communes, Analamary et Tsimananada, répondent aux besoins médicaux de base de la population locale.

Sur la base de l'enquête réalisée auprès des CSB, c'est la malaria qui est la plus courante dont souffre la population en 2004. La diarrhée et les maladies respiratoires (générales) viennent en seconde et en troisième place, alors que la première cause de décès à l'Hôpital d'Ambovombé-Androy était la

« malaria grave et complexe » (Source : Service de santé du district). Figure 2.2.4- 1 présente les maladies les plus courantes affectant la population des six communes où le registre de traitement est disponible.

Selon le personnel du SSD, le pourcentage des enfants qui meurent avant d'atteindre l'âge de six ans est plus de double de celui de la totalité du territoire Malagasy en 2002. Comme pour le niveau primaire, la santé infantile est de condition nettement plus critique que celle du niveau national.

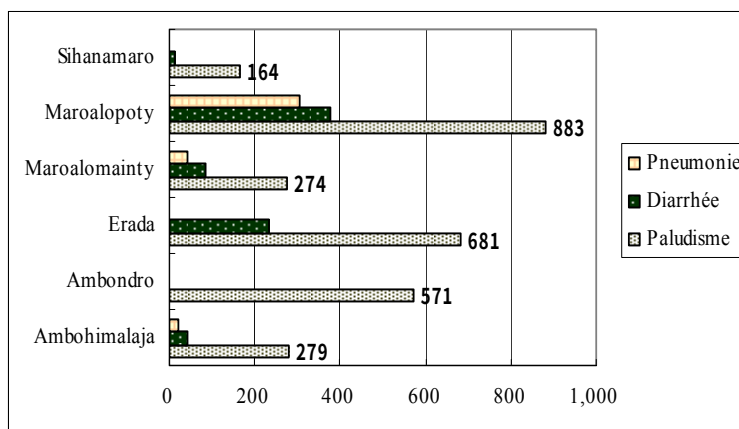


Figure 2.2.4- 1 Maladies que les habitants fréquemment attrapent (2004) unité: nombre de malades

Source: Equipe d'étude JICA, 2005 basé sur les rapports de CSB

2.2.5 Les us et coutumes

(1) Propriété foncière

A Madagascar, généralement les terrains appartiennent à l'Etat mais la propriété individuelle de terrain n'est accordée légalement que si le terrain est enregistré. Ce règlement est connu par tous, même ceux habitant dans des zones éloignées. Toutefois, d'autres types de propriété sont portés à la connaissance de la population. La propriété coutumière individuelle est un système que décidé par des chefs de village ou des doyen du groupe (*olom-be*) qui consiste à attribuer des terrains de culture aux villageois : la propriété coutumière collective signifie que le chef du village décide de l'utilisation d'un terrain non cultivé sur la base de la tradition ; l'utilisation individuelle illégale implique une utilisation individuelle de terrain non enregistré ; la propriété communautaire signifie le terrain appartient au *Fokontany*. Dans la zone d'étude, au niveau d'environ 80% des villages cibles les terrains cultivés sont sous le régime de propriété coutumière individuelle ; d'autre part, les cimetières et les forêts sacrées dans les trois quart des villages enquêtés sont sous le régime de propriété coutumière collective.

(2) Coutume de l'Antandroy liée l'utilisation de l'eau et au développement de la source d'eau

L'Antandroy est l'ethnie dominant vivant dans la Région de l'Androy. Un autre groupe ethnique Antanosy vit dans certains villages cibles mais ce cas est plutôt rare. Dans plus d'un quart des ménages enquêtés, la principale religion reste la croyance traditionnelle suivie par le protestantisme et le FLM (Eglise Luthérienne Malagasy).

Dans la société d'Antandroy, des personnes âgées des villages ont le rôle et pouvoir de décider presque tous les affaires et il semble difficile d'avoir la collaboration des villageois sans leur approbation.

Le coutume de tabou influence fortement la vie quotidienne des habitants. Il existe une vaste zone reconnue

comme taboue tel que les cimetières ou foêts sacrées. Si une personne vient à enfreindre le tabou, elle devra sacrifier un zébu à l'endroit où le tabou a été profané afin de purifier le lieu. Il est à noter que l'installation de forages et de puits près des cimetières figure parmi les interdits. Partant du point de vue de la tradition Antandroy, l'usage de pompes à pédale semble difficile à vulgariser parce que le peuple d'Antandroy considère l'eau venant de « sous pied » non propre. Cependant, dans le cas de PAEPAR (Projet d'Approvisionnement en Eau Potable financé par la Banque Mondiale), la population puise et boit l'eau issue des forages utilisant des pompes à pédale.

(3) Problèmes de genre dans les communautés rurales

Selon la Loi du Code Civil à Madagascar, les hommes et les femmes ont les mêmes droits et devoirs. Néanmoins, la population continue à adopter les coutumes traditionnelles à un certain degré au niveau duquel le droit de la femme est de toute évidence plus faible que celui de l'homme dans tout Madagascar, et cette tendance est plutôt accentuée au sein du peuple Antandroy. En matière d'héritage, la principale succession revient au fils. Quant à l'épouse et aux filles (notamment les filles mariées), elles ont en moins de possibilité. Lors de réunions villageoises, les femmes s'assoient généralement en arrière plan et ont peu de chance d'exprimer leurs opinions. La participation de la femme aux prises de décision est limitée aux affaires liées aux tâches ménagères. Récemment, les femmes ont commencé à prendre plus de parole et à parler à haute voix au sein des associations féminines du village établies et animées avec l'appui d'ONG ou de bailleurs de fonds.

2.3 Etablissement de l'Approvisionnement en eau

Les organisations suivantes sont concernées à l'administration de l'eau à Madagascar, surtout dans la zone d'étude à Ambovombe et ses environs. La Direction de l'Eau et de l'Assainissement (DEA) au sein du Ministère de l'Energie et des Mines (MEM), est la contre partie dans cette Etude. Dans la zone d'étude, l'approvisionnement en eau est en fait assuré par l'Alimentation en eau dans le Sud (AES) depuis 1982 jusqu'à présent, c'est à dire cette année 2006. L'AES supporte les services d'approvisionnement en eau, gestion et maintenance des systèmes d'approvisionnement en eau des différentes petites villes urbaines et rurales. D'autre part, l'approvisionnement en eau dans les villes provinciales est assuré par la Jiro Sy Rano Malagasy (JIRAMA) sous la supervision du MEM.

2.3.1 Situation actuelle de secteur d'approvisionnement en eau

(1) Direction de l'Eau et de l'Assainissement (DEA), MEM

Direction de l'Eau et de l'Assainissement (DEA) du MEM, comme étant une contre partie dans cette Etude, est chargé de tout service d'approvisionnement en eau et assainissements au niveau national, de développer, gérer et mettre en œuvre les politiques de gestion efficaces et sécurisées des ressources en eau pour les grandes villes et les populations rurales.

(2) AES

L'AES gère et entretient les quatre (4) types d'approvisionnement en eau suivants:

- 1) Service d'approvisionnement en eau exploitant l'eau souterraine appelé Adduction en Eau Potable (AEP) sont établis à chaque point d'approvisionnement dans la zone cristalline dans 5 centres, à savoir Antanimora, Andalatanosy, Beraketa, Isoanala et Tsivory.
- 2) Le service d'approvisionnement en eau par canalisation comprenant au total 142,5 kilomètres est établis dans la zone de Tsihombe et Beloha

3) Les camions citernes d'eau sont établis dans les zones d'Ambovombe et de ses environnants, et une partie des zones de Beloha et de Tsihombe.

Le système de pompage solaire pour des services d'approvisionnement en eau est utilisé pour minimiser le coût d'exploitation de diesel et est établi dans les AEP ci-dessus notamment Tsiwory, Antanimora et Andalatanosy avec le partenariat du FONDEM France et l'AES en 1999 à 2002. En outre, sept (7) autres services de Comité de Point d'Eau (CPE) au niveau villageois existent à Ambondro Nanahera (44 m³/jour par 2 systèmes), Mahavelo Mitsangana (10 m³/jour à Ambovombe), Toby Mahavelo (8 m³/jour à Ambovombe), Ifotaka (18 m³/jour à Amboasary Sud), Ampamata (à Ambovombe), Lovasoa Ranopiso (12 m³/jour à Fort Dauphin), Andrebasy Ranopiso (12 m³/jour à Fort Dauphin), et Bemavorika Ranopiso (12 m³/jour à Fort Dauphin), et le nombre de la population à desservir varie de 320 à 3600. Ces systèmes sont bien contrôlés et maintenus pendant plus de 6 années sans problèmes sérieux.



Figure 2.3.1-1 Borne fontaine de l'AES dans la ville d'Ambovombe,

Le prix d'un seau de 13 litres 100Ar (à gauche), et le système de pompage solaire d'Ifotaka, Amboasary Sud à droite), géré par une comité de point d'eau villageois et entretenu par AES, la cotisation mensuelle par famille est de 200Ar, la borne fontaine produit 18 m³/jour.

(3) JIRAMA

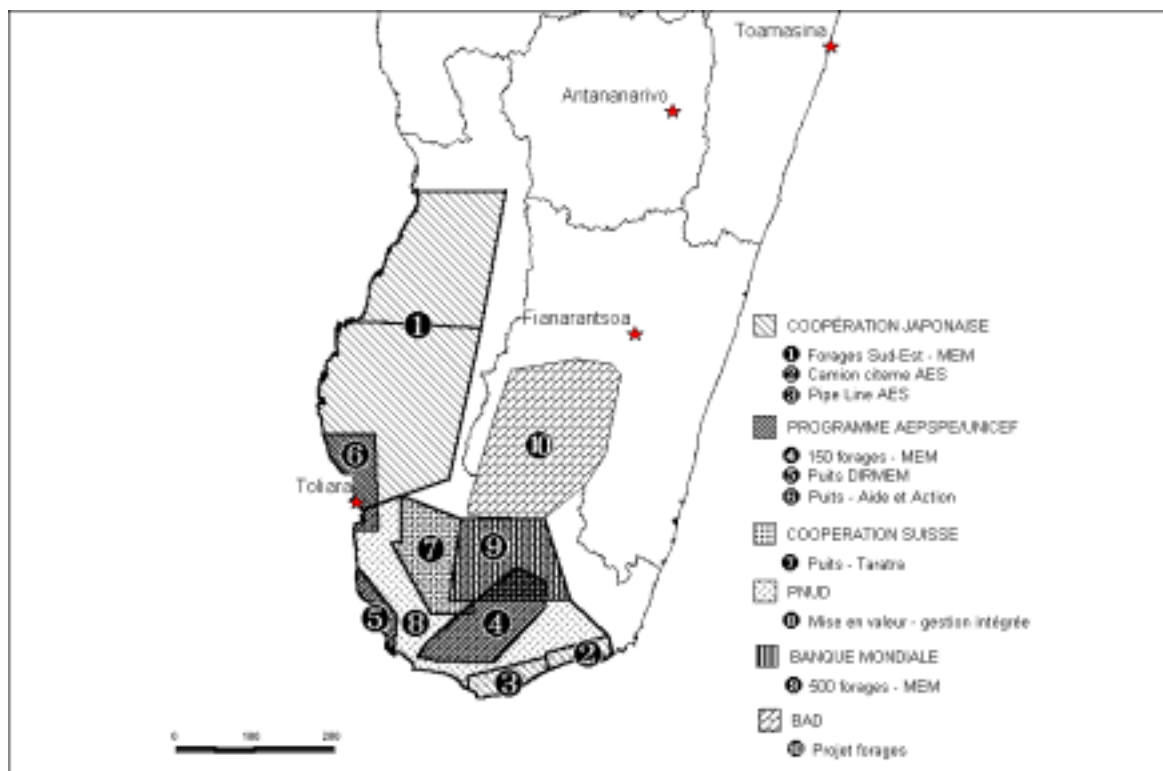
La JIRAMA était une société d'Etat à 100%, fournissant de l'eau et de l'électricité au niveau national, surtout les grandes villes sous la supervision du MEM jusqu'en 2004, mais l'année, 2005 la gestion est privatisée en joint-venture avec une société allemande en 2005. Soixante cinq (65) systèmes d'approvisionnement urbains sont gérés par la JIRAMA en Octobre 2004. La production en eau annuelle a été de 135 millions m³ en 2004. Par ailleurs, il existe onze (11) systèmes d'exploitation d'eau dans les provinces, mais dans la province de Toliary, il est à la fois eau et électricité, cependant, dans la zone d'étude, pas d'approvisionnement en eau. En 1999 la JIRAMA approvisionne Ambovombe en électricité seulement. C'est la raison pour laquelle l'AES a commencé à pomper les eaux souterraines de sa propre source dans la ville d'Ambovombe d'une capacité de 38 m³/jour en 2006. A Amboasary Sud et Tsihombe les systèmes d'approvisionnement en eau sont gérés par la JIRAMA, en dehors de la zone d'étude, et leurs capacités d'approvisionnement en eau sont comme suit :

- a) Amboasary Sud: 96 m³/jour (profondeur du forage: 14.5m, EC: 104 mS/m, pH: 7.99)
- b) Tsihombe: 54 m³/jour (profondeur du forage: 27m, EC: 250 mS/m)
- c) Ambovombe: 38 m³/jour (profondeur du puits: 30m, géré par AES, 2006)

2.4 Les bailleurs concernés dans la Région du Sud de Madagascar

Fig. 2.4-1 indique les bailleurs et les organisations internationales actifs pour l'approvisionnement en eau potable surtout dans la Région Sud de Madagascar. Récemment, le projet PAEPAR de la Banque

Mondiale travaillant avec le MEM a achevé le développement d'eaux souterraines et l'installation de l'approvisionnement en eau potable avec des pompes manuelles Vergnet en avril 2005. La Banque Africaine de Développement (BAD) sous la supervision du MEM a commencé le projet de construction de 700 forages pour 2005. Par ailleurs, le gouvernement Japonais, par le biais de la JICA, l'un des plus grands bailleurs en l'approvisionnement en eau potable dans la zone d'étude et ses environnants dans la Région Sud de Madagascar, assisté par le MEM et l'AES depuis 1980 jusqu'en 2006.



Note: Donnée provenant du MEM, 2004

Figure 2.4-1 Projets financés par les bailleurs internationaux dans la région du sud de Madagascar

Le PNUD, l'UNICEF, le FAO et l'UE et d'autres organisations et ONG financent les projets d'approvisionnement en eau dans la Région Sud de Madagascar dans le but de résoudre les problèmes de manque d'eau potable. L'UNICEF a achevé 150 forages avec pompe manuelle India Mark II dans la zone d'Antanimora, la région d'Ambovombe et la région de Tsihombe en 1994 et 1995, et les pompes manuelles sont entretenues par les bénéficiaires locaux sous la forme de l'organisation E/M (AAEPA) en 2005

2.5 Institution et gestion de l'approvisionnement en eau dans la Région du Sud

Actuellement, seul le système d'approvisionnement d'eau par des camions citernes gérés par l'AES dessert l'eau potable à la ville d'Ambovombe et aux villages environnants. Un grand projet de canalisation connectant Amboasary-Antaritarika via Ambovombe par approvisionnement gravitationnel a été envisagé par l'Union Européenne en 2005. Le projet de mini canalisation émanant du MEM, raccordant Amboasary et Sampona est actuellement en cours, financé par l'IPPTE à partir 2004 à 2006. Les problèmes d'approvisionnement en eau consistent au manque de sources d'eau dû au potentiel limité des ressources en eau et la salinité.



Figure 2.5 -1 Le Pipeline construit par JICA en 1995-1999 et le Projet en cours à Sampona (1^{ère} phase de l'IPPTE, 2004-2006) préparée sur carte par EU, 2005

Selon les informations de l'AES, elle pourrait fournir assez d'eau à une population de 278.000 habitants dans la zone d'Ambovombe et ses environs en 2005. L' AES approvisionne 7,266m³/an en eau à cause de la diminution en nombre des camions citernes d'eau et de l'augmentation du coût du carburant de 694 Ar/l en 2004 à 1.680 Ar/l en 2005 et 2,130 Ar/lit en mois de juillet 2006 à Ambovombe. De plus, l'inondation de la rivière Mandrare provoquée par le cyclone survenu en mars 2005 endommageant la station d'épuration d'Amboasary gérée par l'AES. Ainsi il s'avère urgent d'en faire la réparation et de procéder à la protection du point de prise d'eau de la station construite dans le cadre de la Coopération économique du Japon en 1990.

CHAPITRE 3 Etudes et Analyses pour les ressources en eau

3.1 Données Existantes

Plusieurs projets ont été exécutés dans cette région pour développer les ressources en eau. Ces projets ont laissé des informations hydrogéologiques nécessaires. En particulier, les informations provenant des projets suivants sont importantes pour comprendre le bassin d'Ambovombe.

- Les travaux de M. BESAIRIE dans les années 30- 50
- Les Projets FED année 80
- Travaux de M. RAKOTONDRAINIBE Jean Herivelo année 70-80
- Les Projets de l'Unicef année 90
- PAEPAR année 90-00

3.2 Inventaire des ressources en eau existantes dans la zone d' Etude

3.2.1 Classification

Les ressources en eau existantes dans la zone d'Etude sont classifiés et typés selon l'origine de l'eau et les types d'infrastructure.

① Eau souterraine

- Vovo: puits creusés manuellement sans tubage en béton.
- Puits: puits creusé manuellement avec tubage en béton.
- Forage: construit par une sondeuse. Les diamètres des tubages dans la zone d'étude varient de 04 pouces à 08 pouces.
- Source: Artésien ou une source qui s'écoule naturellement.

② Eau de surface

- Mares: apparaît dans les dépressions lors des saisons de pluie.
- Fleuve: par filtration ou utilisé directement pour un approvisionnement en eau de grande d'envergure.

③ Eau de pluie

- Eau de pluie: la pluie est stockée dans un réservoir pendant la saison de pluie

3.2.2 Inventaire des ressources en eau

(1) Généralités

Du mois de mars au mi-avril 2005, des études d'inventaires focalisées sur les ressources en eaux souterraines ont été effectuée. 231 points d'eau ont été répertoriés comme résultat.

(2) Résultats et découvertes

Les résultats d'études d'inventaire sont résumés comme suit :

- Aucune source particulière utilisée n'existe entre Ambovombe et Manave.
- Aucune source ne se trouve dans les dunes côtières sauf au bord de la mer.
- Aucune source ne se trouve sur les plateaux entre Ambovombe et Amboasary
- La majorité des sources d'eau sont concentrés à Ambovombe dans les zones sédimentaires. Les points d'eau sont des vovos ou des puits.

- Dans les zones d' Ambondro, les points d'eau sont concentrés, mais la plupart sont asséchés depuis longtemps ou soit l'eau était de forte salinité.
- La plupart des puits secs sont à moins de 10m de profondeur. D'autre part, les puits productifs sont à 10m-25m de profondeur.
- La différence significative entre les puits construits par la JICA et les autres puits est la distance entre le niveau d'eau statique et la profondeur du puits. Pour pouvoir approvisionner une quantité d'eau stable, il faut au minimum 3-5m de distance pour l'installation d'une pompe immergée.
- Dans la zone rocheuse comme Antanimora, les points d'eau sont des forages peu profonds.
- La salinité et le taux de nitrate dépasse quelque fois les normes de l'OMS même si les forages sont localisés plus loin des pollutions provenant des villages.

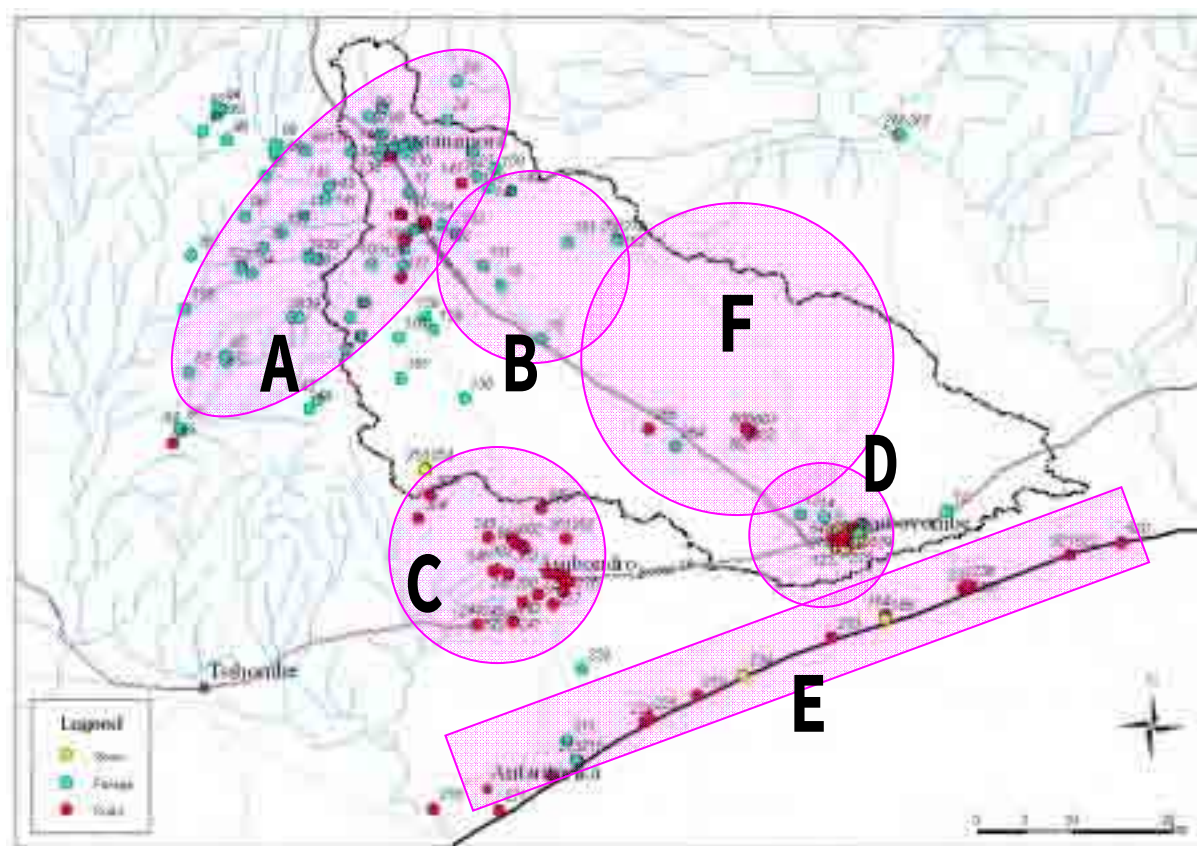


Figure 3.2.2.-1 Localisation des points d'eau

(3) Résumé

Les caractéristiques des points d'eau sont récapitulées ci-dessous

Tableau 3.2.2-1 Les caractéristiques des points d'eau

Carte	Zone	Profondeur des puits	Qualité de l'eau
A	Zone cristalline	La couche aquifère visée est peu profonde. L'aquifère profond n'existe pas en grand nombre.	La plupart de puits ont moins de 200mS/m de conductivité électrique, et faible en NO3.
B	Partie nord du bassin d'Ambovombe	La profondeur de la couche aquifère visée varie 10-70m.	La plupart de puits ont moins de 200mS/m de conductivité électrique, et faible en NO3.
C	Ambondro	Couche aquifère libre seulement.	La plupart de puits ont moins de 200mS/m de conductivité électrique, et faible en NO3.
D	Ville urbaine d'Ambovombe	La plupart des puits visent l'aquifère libre.	La plupart de puits ont moins de 200mS/m de conductivité électrique, et faible en NO3.
E	Dunes côtières	La plupart des puits visent l'aquifère libre.	La plupart de puits ont moins de 200mS/m de conductivité électrique, et faible en NO3.
F	Centre du bassin	Aucunes données	Aucunes données

3.2.3 Inventaire d'Impluvium

Le système de captage d'eau de pluie se différencie suivant l'utilisation que ce soit privé ou publique. Un système de captage d'eau public de grande taille appelé Impluvium influence la majorité des personnes. L'Impluvium a été étudié selon la condition. Il existe trois catégories : Bon, Mauvais, En partie. Bon veut dire que le réservoir ne fuit pas. Mauvais veut dire que l'eau ne peut pas être du tout garder. En partie signifie qu'un des réservoirs fonctionne ou il y a une fuite mais pas au fond, de sorte que, l'eau puisse être maintenue à certain volume.

Tableau 3.2.3-1 Inventaire d'Impluvium

			Nombre Fokontany	Nombre Impluvium				NS source	Requise nombre	Taux (Nbr)	
				total	Bon	En partie	Mauvais			fonction	existence
			①	②	③	-	-	④	⑤=①-③-④	③/①	②/①
5	1	Ambazoa	20	12	5	2	5	0	15	25%	60%
10	2	Ambovombe	61	17	13	3	1	10	38	21%	28%
2	3	Ambonaivo	15	16	3	11	2	0	12	20%	107%
6	4	Tsimananada	10	3	2	1	0	0	8	20%	30%
4	5	Erada	17	9	3	0	6	0	14	18%	53%
14	6	Analamary	15	4	2	0	2	1	12	13%	27%
7	7	Maroalomainty	33	12	4	0	8	0	29	12%	36%
8	8	Maroalopoty	47	9	4	1	4	0	43	9%	19%
3	9	Ambanisarika	12	11	1	5	5	0	11	8%	92%
9	10	Beanantara	27	5	2	2	1	0	25	7%	19%
11	11	Ambohimalaza	15	9	1	3	4	2	12	7%	60%
1	12	Ambondro	23	7	1	6	0	4	18	4%	30%
12	13	Sihanamaro	28	8	1	2	5	10	17	4%	29%
13	14	Antaritarika	29	4	1	0	3	1	27	3%	14%
		Total	352	126	43	36	46	28	281	12%	36%

3.3 Interprétation d'images satellitaires

3.3.1 Interprétation

(1) Topographie

1) Bassin d'Ambovombe

Comme l'a déjà montré l'analyse de la carte topographique, le Bassin d'Ambovombe est une zone fermée où il n'existe pas de système de drainage d'eau ni de lac permanent. La plus basse altitude se situe près d'Ambovombe, où la différence d'altitude avec les environs est de 50 à 100m. D'autre part, la différence d'altitude sur la ligne reliant Manave-Sakave-Ifotaka est inférieure à 50 à 100m et la coupe transversale topographique au niveau de cette ligne est plate. Si une couche imperméable bloque le flux des eaux souterraines près de Manave et Ambaliandro, les eaux souterraines peuvent s'écouler vers l'Est et être drainées vers la rivière Mandrare.

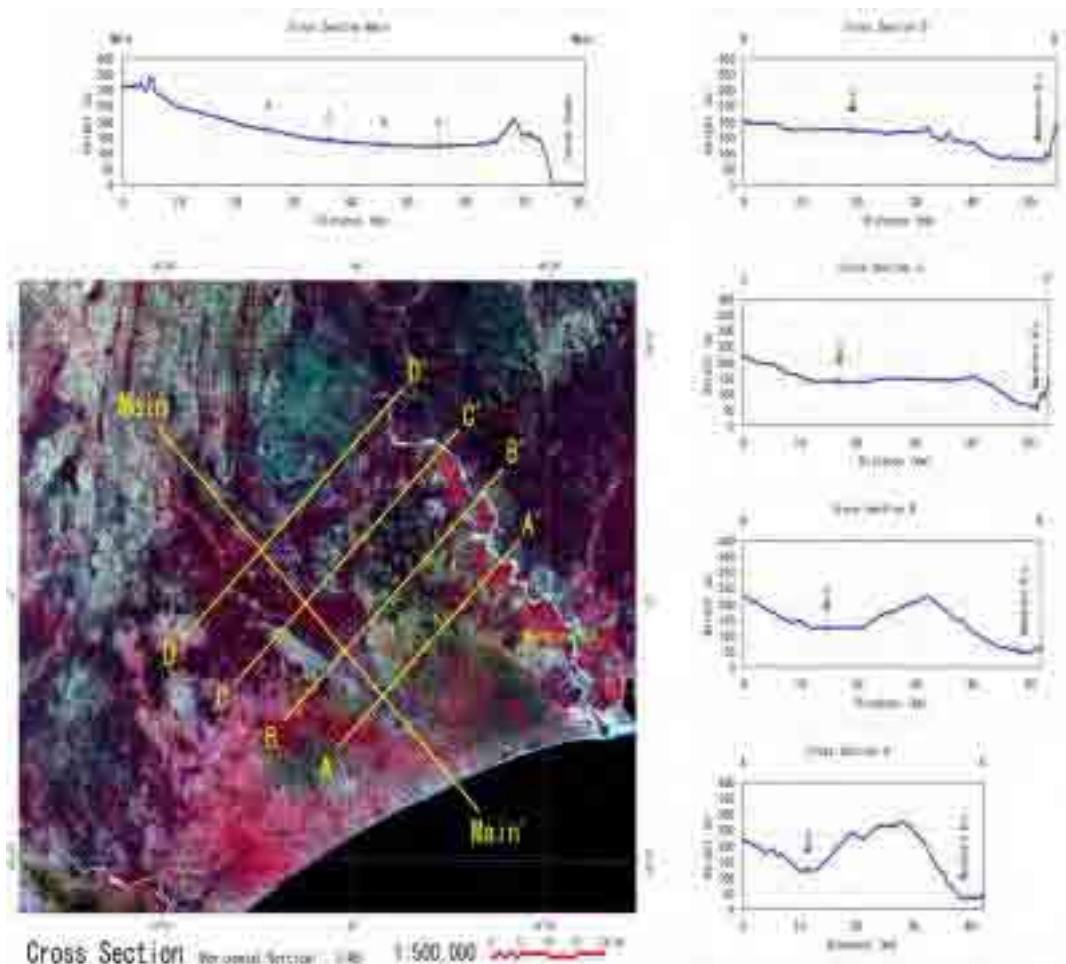


Figure 3.3.1-1 Analyses topographiques

2) Dunes côtières

Les dunes côtières sont composées de trois rangées de dunes, ce que confirme l'interprétation satellitaire. Des lignes parallèles à la ligne côtière ont été observées. Le système hydrologique des dunes se subdivise en petites rivières.

3) Linéament

① Linéament Antanimora-Ambovombe

Le linéament est une ligne géologique structurale, connue pour indiquer toute zone de faille ou de fissure. Ainsi, ces lignes sont utilisées afin d'identifier les zones de développement d'eaux souterraines au niveau des zones de roches.

La ligne de dépression passant par Antanimora-Ambovombe coïncide avec la direction principale du linéament, tel que la rivière Mandrare, laquelle s'écoule du Nord-Ouest au Sud-Est. Bien que cette dépression se termine aux dunes côtières, les eaux souterraines peuvent s'écouler si la dépression est recouverte de dépôts perméables.

② Dunes côtières

Le linéament observé suit la même direction que le linéament principal, Nord-Ouest Sud-Est. Il semble qu'il ne reflète pas la direction du flux de l'eau, mais a été créé par un mouvement de sable à cause du vent violent qui souffle dans cette zone. Les lignes de mouvement de sable sont distinguées par les linéaments.

③ Zone ouest d'Antanimora

La direction du linéament dans la partie Nord d'Antanimora est Nord-Sud, Est-Ouest. Mais le linéament

change de direction vers Nord-Ouest Sud-Est, Nord-Est Sud-Ouest dans la partie Sud d'Antanimora. Antanimora se situe à un point où les deux directions peuvent être observées. Aussi, dans l'ensemble, la roche dans cette zone peut être fortement fracturée et il y a plus de possibilités d'y faire un forage plus productif qu'à un autre emplacement dans la Zone d'Etude.

④ Nord-Est d'Ambovombe

Un grand nombre de linéaments au Nord-Est et Nord-Est Sud-Ouest a été détecté par analyse informatique des images satellitaires. Il est cependant difficile de les reconnaître visuellement. Le linéament peut ne pas réellement exister parce que cette zone a une pente modérée et se trouve couverte de sable. L'autre raison est que les roches affleurent dans la partie Sud, sans qu'un linéament net ne puisse être observé. Il peut être enterré sous du sable non consolidé ou altéré à plusieurs dizaines de mètres de profondeur.

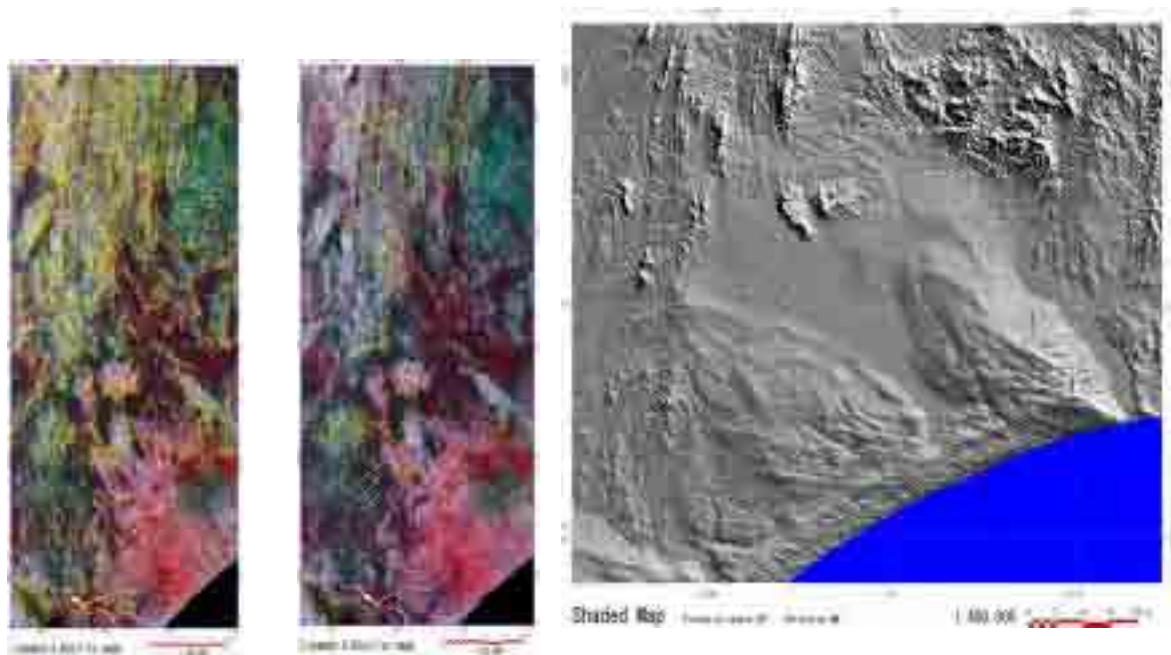


Figure 3.3.1-2 Analyse de linéament et de données DEM dans la zone d'étude

(2) Système hydraulique

Le système hydraulique dans cette interprétation des images satellitaires est défini en suivant la direction de l'altitude la plus faible. Sur la carte topographique, celui-ci n'est pas très clair dans les parties Ouest et Est du bassin, parce que la différence d'altitude y est faible. Mais une excellente interprétation est possible en analysant les données DEM. Si l'eau doit être amenée à Ambovombe par flux gravitationnel, c'est dans cette zone que la source d'eau doit être aménagée afin de minimiser les coûts d'exploitation. La limite du système hydraulique passe par Beanantara – Sakave – alentours d'Antanimora – Ouest de Namolora – Bevoty – Analamalaza – Ouest d'Ambanisarika – dunes côtières. Les environs d'Ambondro n'appartiennent plus au Bassin d'Ambovombe. Ce système d'écoulement d'eau fermé doit être appliqué pour définir la zone de recharge par eaux pluviales. Bien que le bassin d'Ambovombe soit un bassin fermé, l'eau pourrait couler du côté Est et rejoindre le bassin fluvial du Mandrare s'il est rempli d'eau.

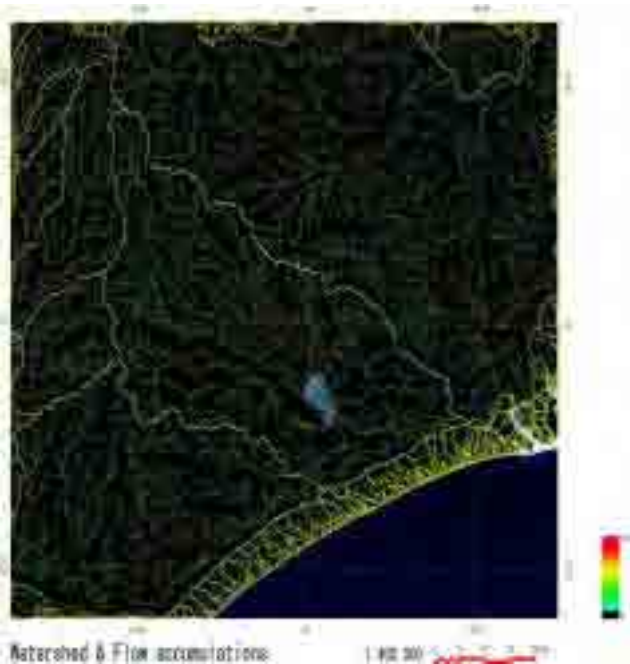


Figure 3.3.1-3 Système de rivières du bassin d'Ambovombe

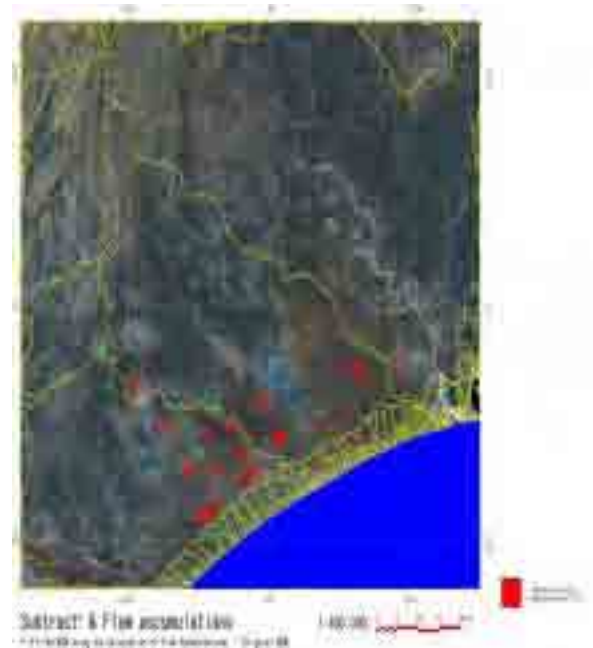


Figure 3.3.1-4 Marais et dépression au bassin d'Ambovombe

(3) Marais, Dépression

Les données DEM sont utilisées pour l'analyse des marais et des dépressions. Dans l'analyse, une dépression est définie si la direction de l'altitude inférieure ne peut pas être suivie. Il existe plusieurs dépressions de faible envergure à Ambondro, au Nord d'Ambanisarika, et entre Ambovombe et Beanantara.

1) Ambondro et au Nord d'Ambanisarika

L'existence d'une dépression dans cette zone peut être liée à la présence d'un grand nombre de puits aux environs d'Ambondro. Une des raisons pourrait être par exemple que de la vase se dépose dans les dépressions et forme une couche imperméable. Une analyse plus poussée est possible en superposant l'emplacement de la dépression avec l'emplacement des puits.

2) Entre Ambovombe et Beanantara

L'inclinaison de la pente entre Ambovombe et la limite d'Amboasary est parallèle à la ligne côtière (SO-NE), mais la ligne d'écoulement des eaux est perpendiculaire. Les montées et les descentes sont complexes de sorte que des dépressions se forment malgré l'existence d'une pente. Si des dépressions existent, l'eau peut avoir tendance à y stagner et à former des mares. Mais en réalité, il n'y a aucune mare ni de traces d'érosion dues à un écoulement d'eau. Cette observation donne à penser qu'il existe une bonne couche perméable provenant de la surface à une certaine profondeur.

(4) Végétation

Le niveau de végétation est interprété par une présentation en fausses couleurs et NDVI (Index Normalisé de Différence de Végétation). Sur les images en fausses couleurs, la végétation est indiquée en rouge. Le NDVI quant à lui, présente le niveau d'activité en dégradé de couleurs. Le niveau reflète l'activité de la chlorophylle dans la végétation.



Figure 3.3.1-5 Vue d'en haut

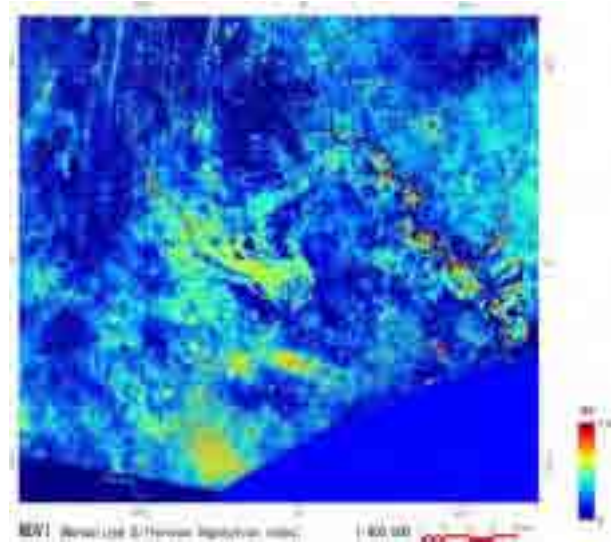


Figure 3.3.1-6 Carte d'occupation du sol et de végétation

- 1) Les plantations sont indiquées en rouge vif.
- 2) Végétation rare sur les dunes côtières, sauf autour d'Antaritarika
- 3) Beaucoup de végétation dense de 0,5 à 1,0 km le long de la Route Nationale N°10 et dans les dunes.
- 4) Végétation rare du côté Nord-Est d'Ambovombe
- 5) Végétation rare d'Ambovombe à Ampamolora.
- 6) Végétation relativement dense d'Ampamolora à Antanimora.
- 7) Végétation rare le long de la Route Nationale N°13.
- 8) Végétation rare d'Ambanisarika à Sihanamaro
- 9) Végétation dense entre Ambanisarika et la Route Nationale N°13.
- 10) Végétation dense au Nord d'Antaritarika.

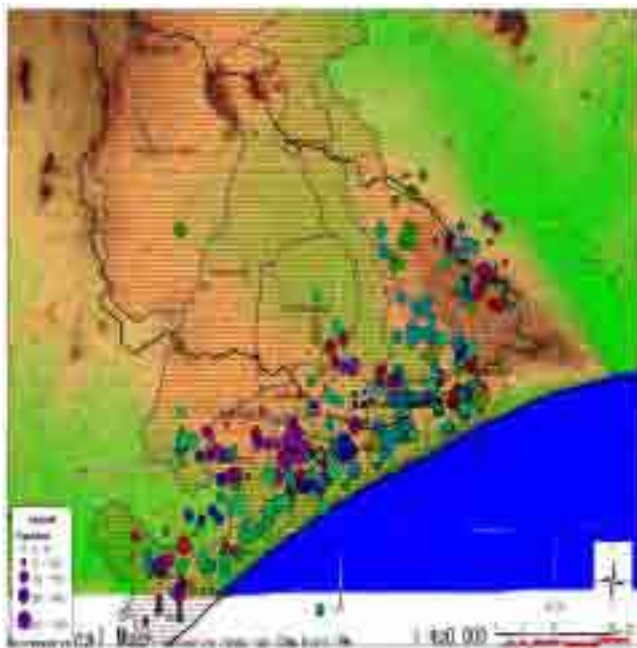


Figure 3.3.1-7 Répartition des villages dans la Zone d'étude

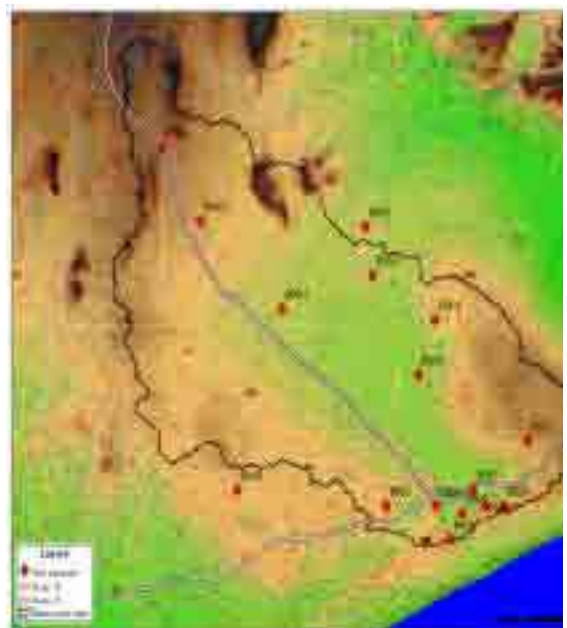


Figure 3.3.1-8 Localisation des tests de forage

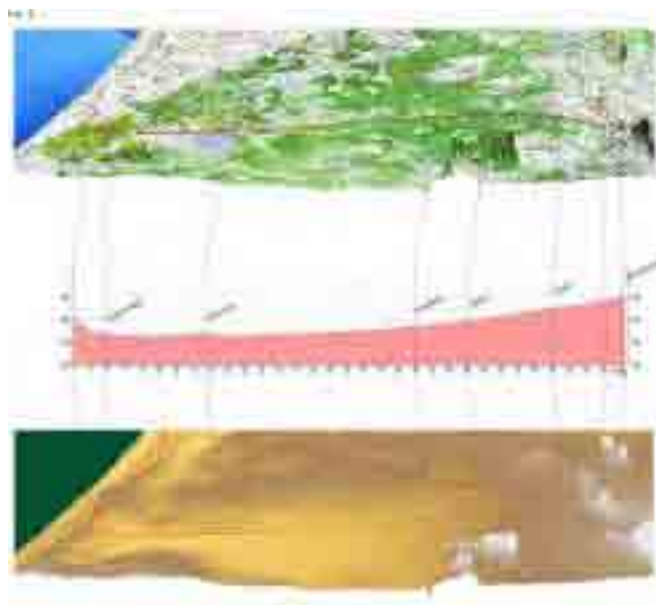


Figure 3.3.1-9 Etude de mesure topographique par image satellite



Figure 3.3.1-10 Carte topographique partiellement couverte par image satellite pour reconnaissance de terrain

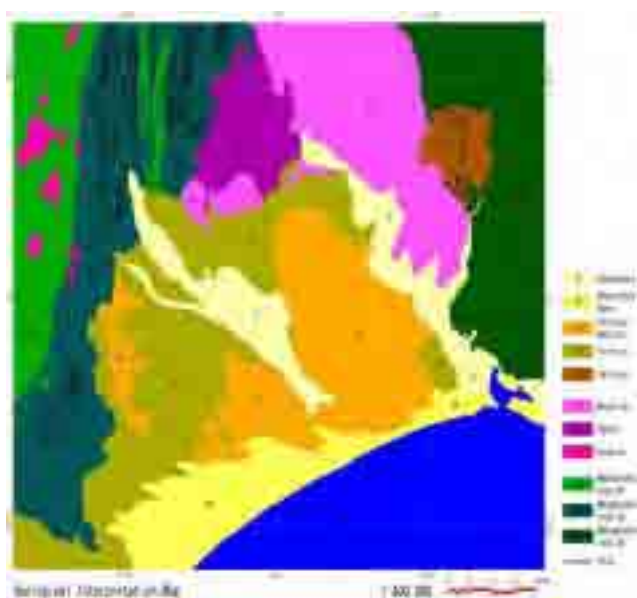


Figure 3.3.1-11 Carte géologique d'une image satellite



Figure 3.3.1-12 Carte géologique partiellement couverte par image satellite pour reconnaissance de terrain

Les données d'image satellite sont indispensables pour l'interprétation des objectifs intégrés. Les interprétations sont appliquées pour l'Etude telles que le potentiel en eau souterraine associé à la répartition des villages sur une vaste zone d'environ de 100km x 100km. En cas de reconnaissance de terrain et d'analyse de potentiel d'eau souterraine, les données d'image satellite sont essentiellement utilisées.

3.5.2 Interprétation de la coupe hydrogéologique du bassin d'Ambovombe

La figure 3.5.2-1 montre la carte de localisation de la coupe et la figure 3.5.2-2 montre l'interprétation hydrogéologique des couches à chaque coupe.

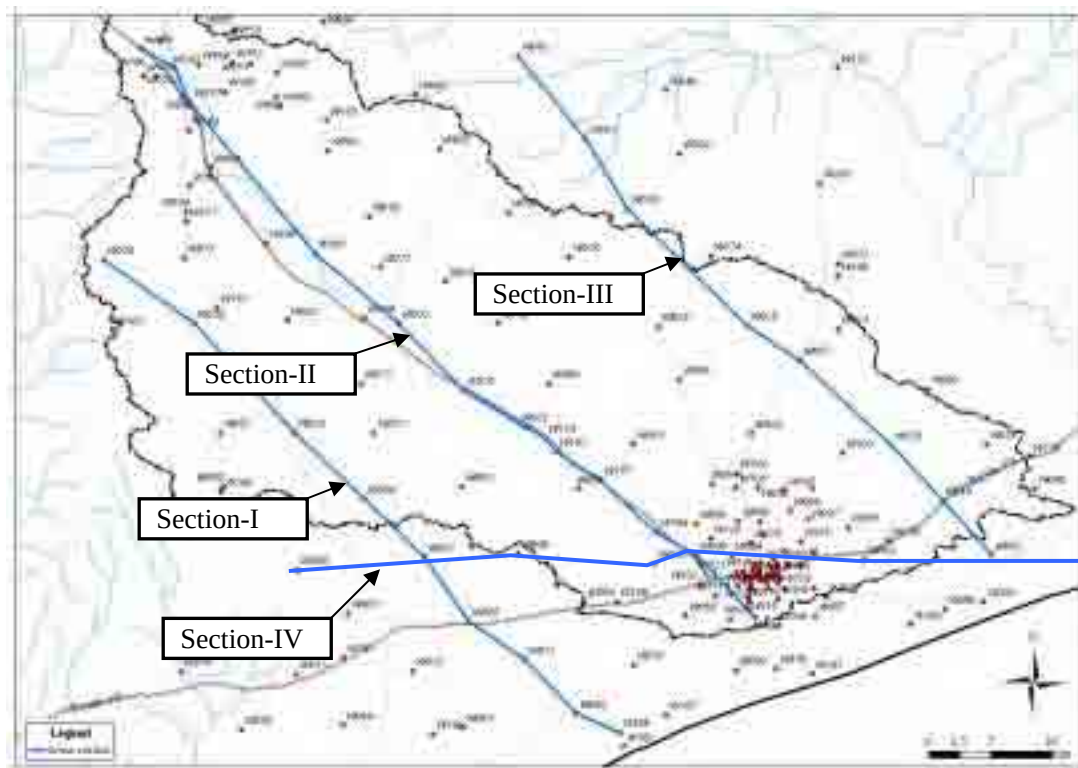


Figure 3.5.2-1 Carte de localisation des coupes.

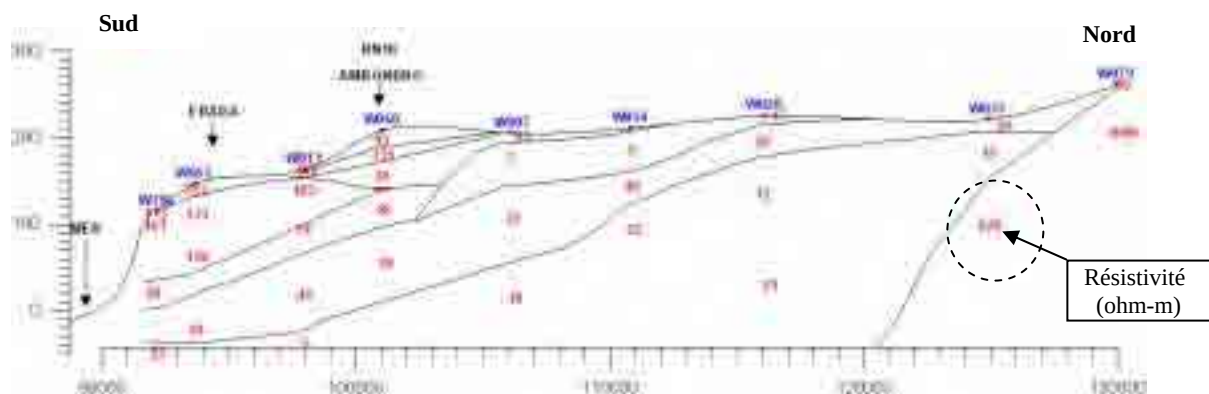


Figure 3.5.2-2 (a) Coupe I

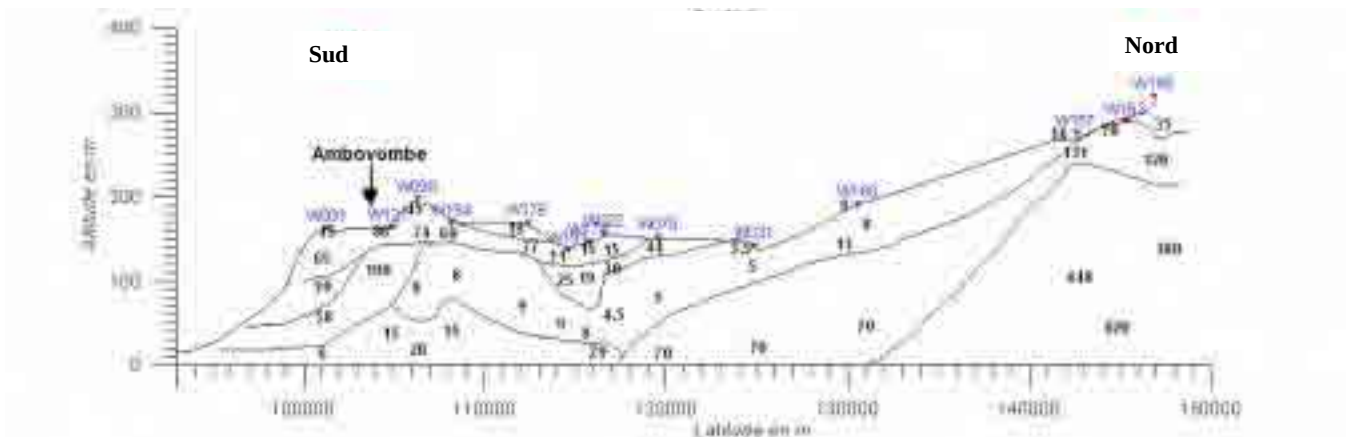


Figure 3.5.2-2 (b) Coupe II

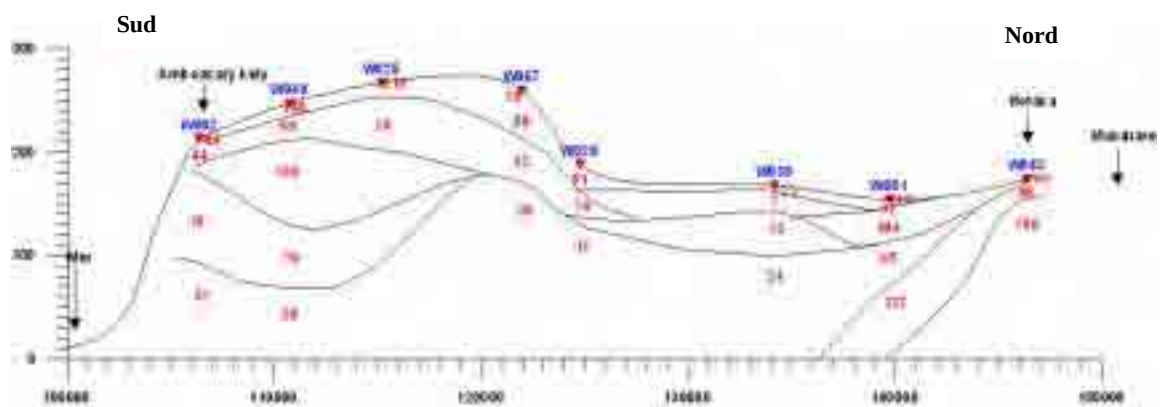


Figure 3.5.2-2 (c) Coupe III

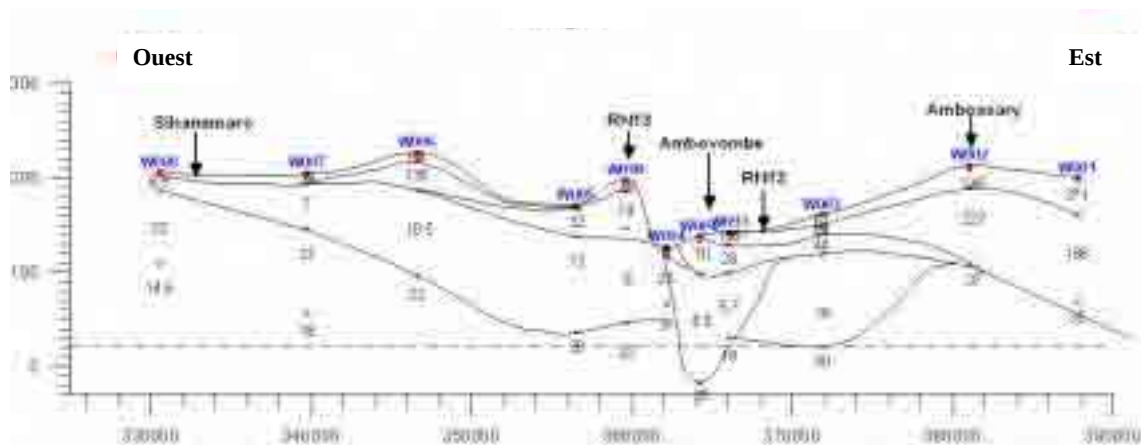


Figure 3.5.2-2 (d) Coupe IV

Fondamentalement les couches de haute résistivité, par exemple, plus haute que 200 (ohm-m), représentent une couche hydrogéologique du socle. D'autre part; les couches de faible résistivité représentent une formation sédimentaire. Néanmoins, c'est plutôt difficile de distinguer exactement les couches d'argile et les couches de sable à partir d'une formation sédimentaire à cause de l'intrusion marine

3.6 Suivi du niveau des eaux souterraines

3.6.1 Objectif

Le suivi des niveaux des eaux souterraines est essentiel pour caractériser la distribution de l'eau souterraine dans la zone d'étude. En général, le suivi doit être effectué périodiquement et surtout de confirmer la corrélation entre le mouvements des eaux souterraines et la quantité de précipitation.

Dans cette étude, des suivis mensuels et saisonniers ont été exécutés sur des puits existant reconnus lors de l'étude d'inventaires des points d'eau. De plus, les données obtenues de ces suivis peuvent être utilisé pour évaluer la réalimentation de l'eau souterraine.

En plus de ces puits existants sus mentionné, les forages d'essais font parti aussi des suivis mensuels. Et des appareils de mesure automatique de niveau d'eaux souterraines sont installés dans certains puits et forages d'essais.

3.6.2 Puits d'observation

(1) Puits d'observation saisonnière

Les puits d'observation saisonnière sont choisis parmi les puits existant dans la zone d'étude. Au début soixante (60) puits ont été sélectionnés pour observer les mouvements des eaux souterraines dans le bassin en général. On considère aussi que les données des suivis peuvent décrire une distribution tri dimensionnelle de l'eau souterraine dans le bassin. En plus de ces (60) puits, dix (10) puits ont été élus comme additionnels pour un abandon probable de ceux sélectionnés premièrement. Finalement soixante dix (70) puits ont été sectionnés pour les suivis saisonniers. La figure 3.6.2-1 et 3.6.2-2 montre la carte de localisation des puits d'observation.

(2) Puits d'observation mensuelle

Seize (16) puits d'observation mensuel ont été sélectionnés parmi ceux d'observation saisonnière. Fondamentalement, les puits sont sélectionnés également de l'amont jusqu'en aval du bassin d' Ambovombe afin de tracer chronologiquement la fluctuation des eaux souterraines par rapport à la précipitation. La localisation de ces puits est montrée dans la figure 3.6.2-1 et 3.6.2-2.

(3) Suivi des essais de forage

En plus des puits existant sus mentionné, le niveau statique des puits et forages d'essais, hormis les puits et forage secs ont été observé. Finalement 16 puits sont sélectionnés pour le suivi mensuel et 5 appareils de mesure automatique de niveau d'eau sont installés dans 5 puits parmi les 16. En plus de ces 5 puits, le forage existant No.604 est aussi sélectionné et équipé d'un appareil de mesure automatique de niveau d'eau pour comparer les caractéristiques de la fluctuation des eaux souterraines par rapport à ceux des essais de forage. La localisation de ces puits est montrée dans la figure 3.6.2-3.

3.6.3 Résultats des suivis mensuels

(1) Généralités

Le suivi avait été exécuté mensuellement à partir du mois de mai 2005 à juillet 2006. Le suivi a été effectué par un expert local de l'AES Ambovombe et c'est la bonne opportunité pour le transfert de technologie par l'Equipe d'étude de la JICA.

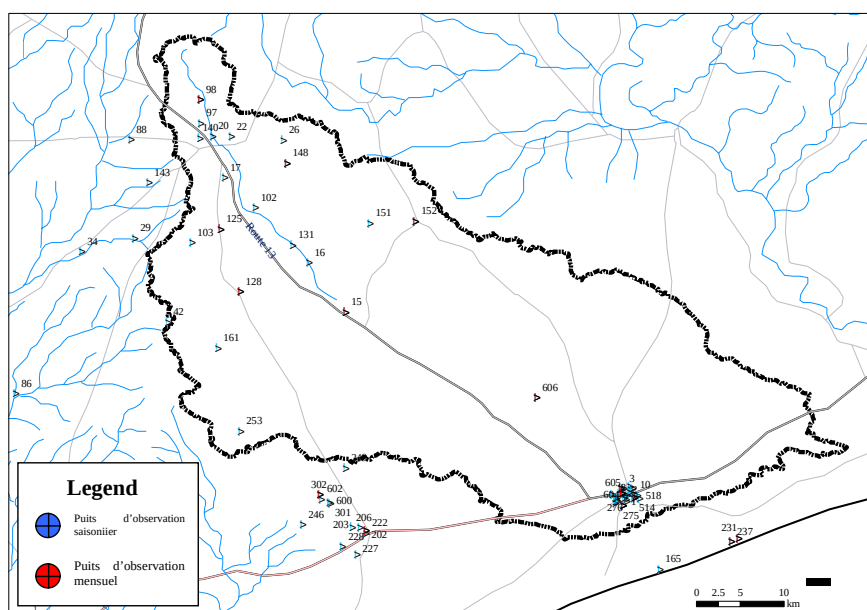


Figure 3.6.2-1
Carte de localisation
des puits d'observation

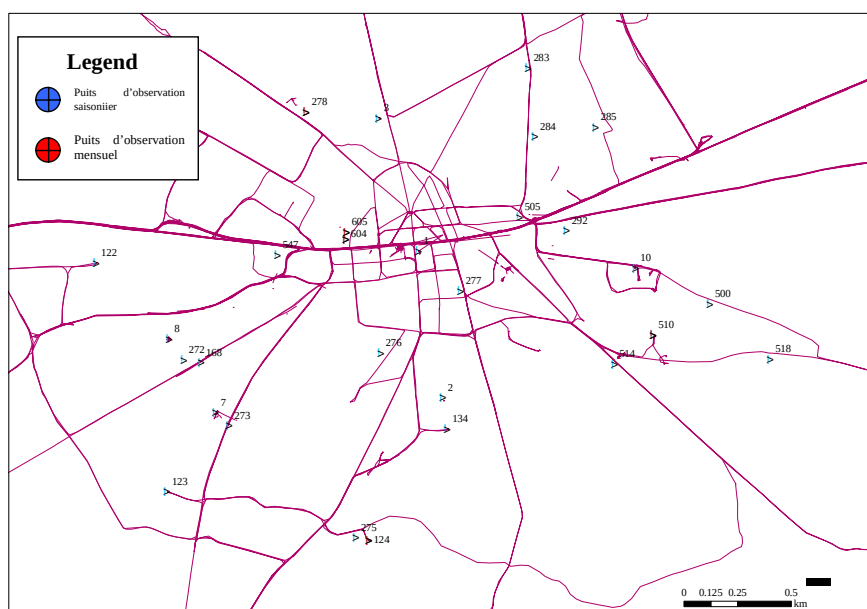


Figure 3.6.2-2
carte de localisation des
puits d'observation
(Ambovombe)



Figure 3.6.2-3
carte de localisation des
puits d'observation
(essais de forage)

(2) Résultats du suivi mensuel

La figure 3.6.3-1 montre la fluctuation de l'eau souterraine en contraste avec la précipitation mensuelle.

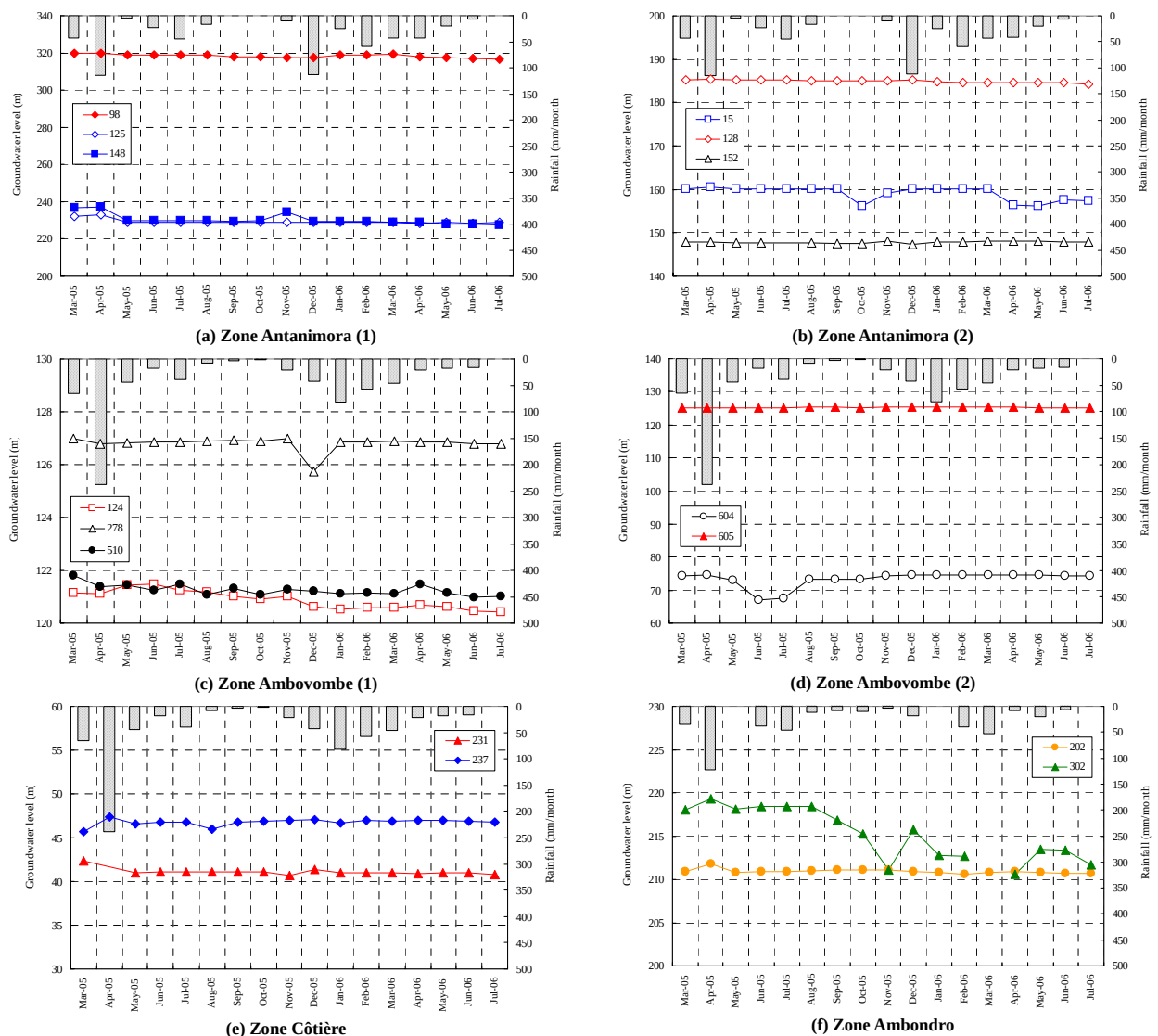


Figure 3.6.3-1 fluctuation du niveau des eaux souterraines

La figure 3.6.3-1 (a) montre la tendance du niveau de l'eau souterraine du puits No.98 indiquant une baisse progressive de avril jusqu'en octobre, 2005. Cependant, le niveau de l'eau souterraine s'est accru à la différence de celui du mois d'avril. Il y a eu une diminution significative du niveau de l'eau souterraine en mai 2005 pour les puits No.125 et 148. Cela pourrait être engendré par une faible quantité de précipitation. La figure 3.6.3-1 (b) montre la tendance du niveau de l'eau souterraine qui est presque stable. Néanmoins, la tendance du puits No.15 indique une décroissance significative en Octobre, 2005. La figure 3.6.3-1 (c) montre que la tendance du niveau de l'eau souterraine est de différente caractéristique. Le puits No.278 montre une tendance croissante et graduelle de avril jusqu'en novembre 2005. Pour ceux des puits restant (No.124 et 510), ils montrent une réponse directe par rapport à la quantité de la précipitation. La figure 3.6.3-1 (d) montre les différentes tendances des niveaux des eaux souterraines entre le forage No.604 et le puits No.605. Le No.604 est un forage (130m de profondeur) et l'aquifère est considéré comme un aquifère captif. D'autre part, le No.605 est un puits (17,7m de profondeur), qui est localisé près du forage No.604, et l'aquifère est considéré comme aquifère libre. La variation du niveau de l'eau souterraine du puits (No.605) ne change pas. D'autre part, le forage (No.604) indique un baisse du niveau d'eau souterraine en Juin et Juillet 2005. Aucune relation apparente n'existe entre le niveau de l'eau souterraine et la précipitation. La

figure 3.6.3-1 (e) montre que la variation du niveau de l'eau souterraine est presque stable pour le puits No231. Il existe une relation insignifiante entre la précipitation et le niveau de l'eau souterraine du puits No.237. La figure 3.6.3-1 (f) montre que la variation de l'eau souterraine est de différente caractéristique. Il existe une diminution importante du niveau de l'eau souterraine pour ces deux puits en mai 2005. Et le mois de Mai jusqu'en Août 2005 une légère hausse du niveau de l'eau souterraine a eu lieu. Pourtant, depuis Août jusqu'en Octobre, 2005, le niveau de l'eau du puits No.202 ne cesse de s'augmenter puis il se décroît. D'autre part, le niveau de l'eau du puits No.302 décroît soudainement et s'augmente en Décembre, 2005.

3.6.4 Résultats des suivis saisonniers

(1) Généralités

Le suivi saisonnier avait été exécuté trois fois dans cette étude. Le premier en avril et le second en juillet 2005, et le dernier en octobre 2005.

(2) Comparaison entre les données

Le tableau 3.6.4-1 résume la comparaison des données enregistrées entre le mois d'avril, juillet et décembre 2005.

Tableau 3.6.4-1 Résumé de la comparaison des données enregistrées

Paramètre	Niveau statique d'eau (m)		
	Avr.-Jul.	Jul.-Oct.	Avr.-Oct.
Nombre d'échantillons	56	56	64
Minimum	-12,62	-4,92	-7,59
Maximum	2,19	5,76	1,86
Moyenne	-0,98232	-0,04054	-1,13328

Selon le tableau 3.6.4-1, le niveau d'eau des puits d'observation décroît à partir de la saison de pluie jusqu'à la saison sèche. Pourtant, mis à part les puits d'observation, le niveau d'eau de certains puits s'augmente même durant la période d'aridité.

Cela indique une possibilité d'une réalimentation continue de la nappe souterraine dans la zone d'étude.

La figure 3.6.4-1 montre les courbes de niveau de la différence entre les niveaux d'eaux souterraines dans la ville d'Ambovombe entre le mois d'avril et octobre 2005.

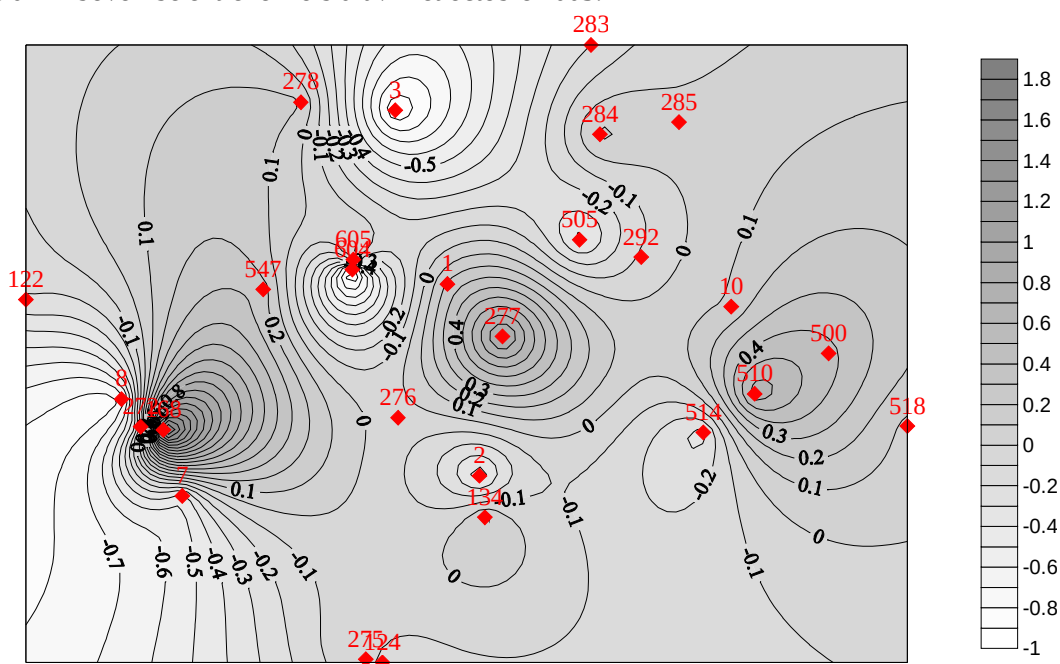


Figure 3.6.4-1 Courbe de niveau de la différence des niveaux d'eau entre avril et octobre

Selon la figure 3.6.4-1, il existe une zone d'augmentation de niveau d'eau dans la partie Ouest et la partie Est de la ville d'Ambovombe. Cette zone est considérée comme connecté avec une zone dont la recharge vient des zones environnantes.

3.6.5 Résultats des suivis des forages d'essais

(1) Résultats du suivi mensuel

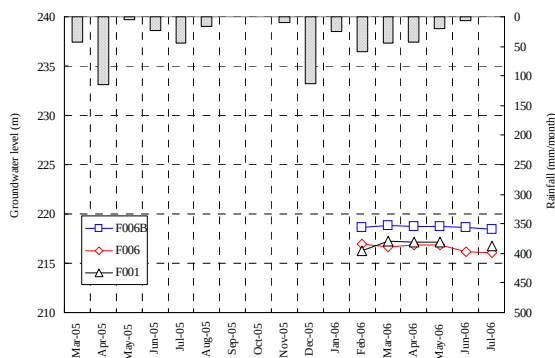
La figure 3.6.5-1 montre la fluctuation du niveau d'eau souterraine par rapport à la précipitation mensuelle. Dans la Zone d'Antanimora, Le niveau d'eau souterraine des trois puits a été suivi. Le résultat montre une baisse graduelle du niveau à partir mois d'avril au mois de juillet 2006. Cela peut être causé par la moindre quantité de précipitation.

Dans la Zone au Centre de Basin Ambovombe, Le niveau d'eau souterraine des trois puits d'essais a été suivi. Hormis le No.F009, le résultat montre une fluctuation stable du niveau d'eau. Une diminution soudaine du niveau d'eau du NoF009 pourrait être causé par un pompage.

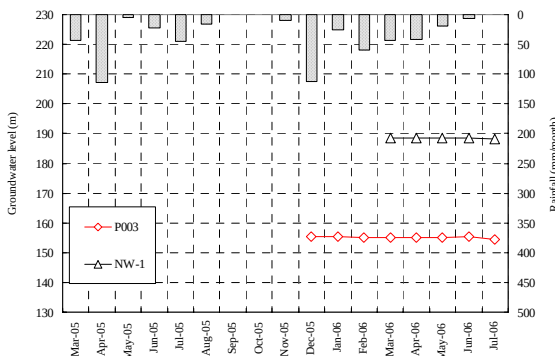
Dans la Zone au Littoral, Le suivi du niveau d'eau souterraine des quatre essais de forage a été exécuté. Le résultat montre une décroissance graduelle du niveau d'eau à partir du mois d'avril jusqu'au mois de juillet 2006 pour les puits FM001 et F022. Cela peut être causée par une faible précipitation.

D'autre part le niveau d'eau du forage F015 et F030 semble être stable (sauf la diminution soudaine en juillet 2006 du forage F030).

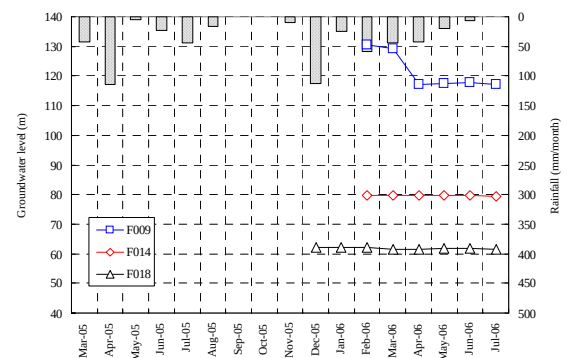
Dans la Zone Urbain d'Ambovombe, Le suivi du niveau d'eau des six essais de forage a été exécuté. Sauf le forage NE-1, les résultats montre une fluctuation stable du niveau d'eau souterraine. La montée du niveau d'eau du forage NE-1 pourrait être causée par une infiltration d'eau.



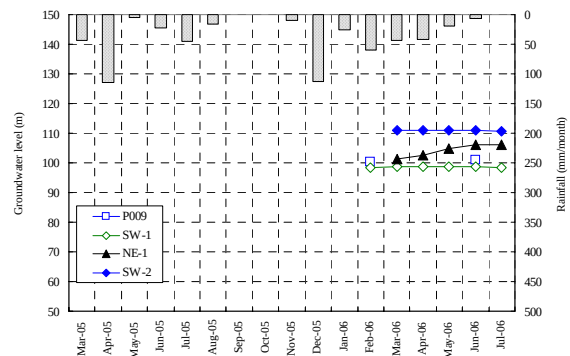
(a) puits et essais de forage dans la zone d'Antanimora



(c) puits et essais de forage dans la ville d'Antanimora



(b) Essais de forage dans la zone d'Ambovombe



(d) puits et essais de forage dans la ville d'Ambovombe

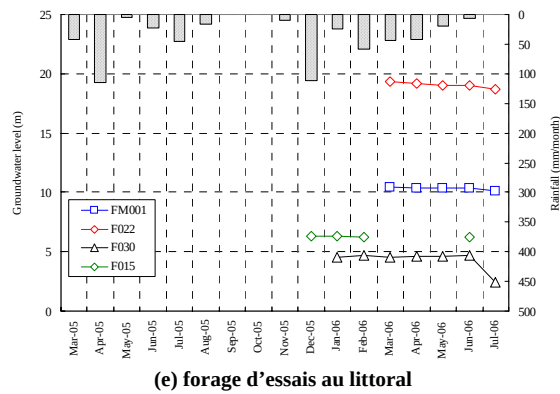


Figure 3.6.5-1 Fluctuation du niveau d'eau souterraine

(2) Résultats des mesures automatiques de niveau d'eau

La figure 3.6.5-2 montre les résultats des suivis automatiques des niveaux d'eaux souterraines. A cause d'une installation inappropriée, les données suffisantes n'ont pas été obtenues du forage No.F018.

Comme les données pluviométriques sont obtenues seulement tous les 10 jours, un montant total, et une moyenne de 10 jours de fluctuation de niveau d'eau est préparé pour être comparé à la fluctuation de la précipitation.

Selon la figure 3.6.5-2, le niveau d'eau souterraine semble décroître graduellement à partir du mois de mars jusqu'au mois de juillet 2006 en rapport avec la quantité de précipitation.

La fluctuation du niveau d'eau du forage No.F015 semble plutôt stable par rapport aux autres puits.

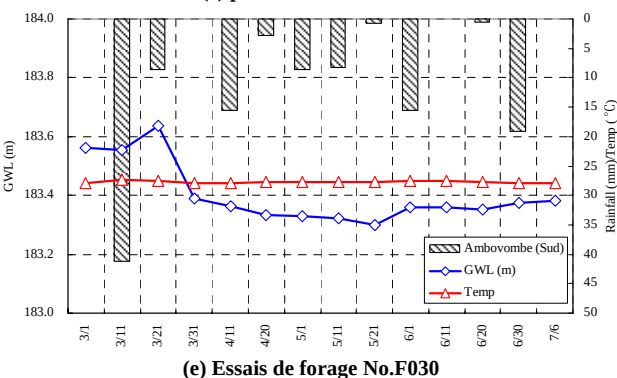
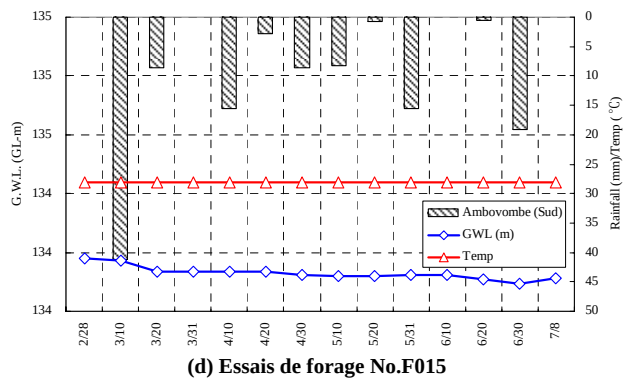
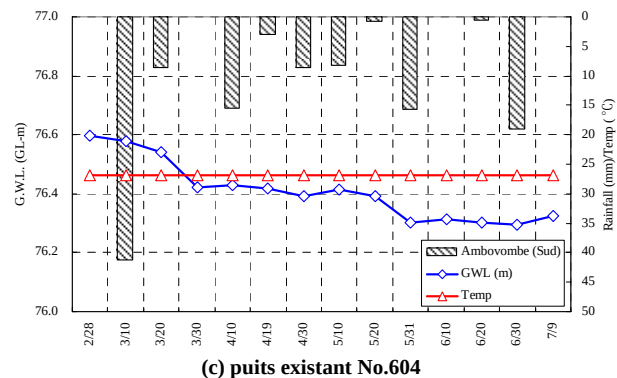
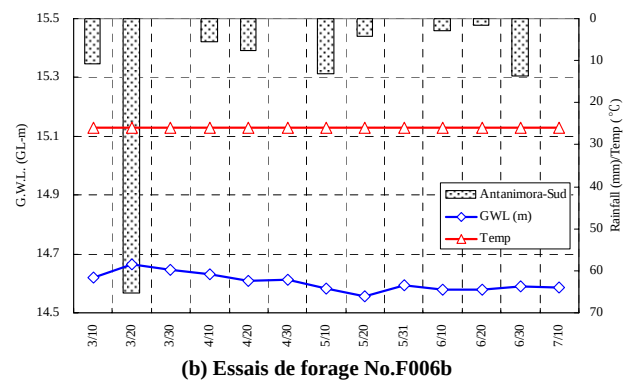
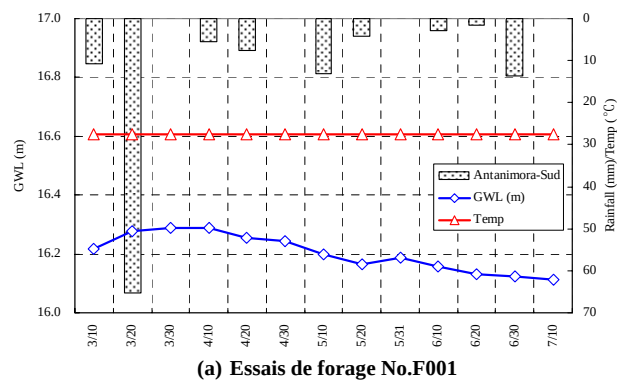


Figure 3.6.5-2 Résultat du suivi du niveau d'eau souterraine

3.7 Etude de la qualité de l'eau des puits existants

3.7.1 Généralités

L'objectif de l'étude de la qualité de l'eau peut être défini par deux aspects, particulièrement:

- 1) De comparer l'échantillon d'eau prélevé avec les normes de l'OMS et les normes nationales de Madagascar concernant l'eau potable afin d'évaluer si l'eau est appropriée à la consommation;
- 2) D'examiner les caractéristiques chimiques des prélèvements afin de détecter l'origine des composants chimiques, notamment les effets humains et la raison de la forte salinité de cette Région.

3.7.2 Méthodologie

(1) Etude de la qualité de l'eau

(a) Points de prélèvement

Le tableau 3.7.2-1 montre le résumé des points de prélèvement lors de l'étude.

Tableau 3.7.2-1 Résumé des points de prélèvement

Area	Points de prélèvement	Saison pluie (2005 mai)	saison sèche (2005 sept)
Commune Ambovombe	Puits (peu profonds et profonds)	18	19
	Impluviums	1	0
	Etangs	2	2
Zone Antanimora	Puits (peu profond)	13	13
	Etangs	1	1
	Rivières	2	2
Autres zones	Puits (peu profonds)	9	11
	Impluviums	2	0
	Rivières	2	2

(b) Paramètres analysés

Un total de 29 paramètres ont été analysés, dont 13 ont été testés in situ (test sur terrain), et 16 analysés au laboratoire d'Antananarivo. Les paramètres analysés ainsi que leurs objectifs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.7.2 -2 Paramètres analysés

Objectif de base	Tests sur terrain	Tests au laboratoire
Paramètres de base	pH, EC, Température, Odeur, Goût, Couleur, M-Alcalinité, Dioxyde de Carbone (CO ₂), Oxygène dissous	Dureté totale, Turbidité
Evaluer la potabilité de l'eau	Boron (B), Bactérie de Coliforme Escheria, Bactérie	Fer (Fe), Manganèse (Mn), Arsénic (As), Fluoride (F)
Effets des les activités humaines		Nitrate (NO ₃ ⁻), Nitrite (NO ₂ ⁻), Ammoniac (NH ₄ ⁺)
Evaluation de l'origine de la salinité		Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Chlorure (Cl), Sulfate (SO ₄ ²⁻), Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)

3.7.3 Analyse des composants chimiques

Les résultats d'analyse d'eau se trouvent dans les tableaux en annexe. Ci dessous est la discussion sur ces résultats d'analyse.

(1) Distribution spatiale des composants majeurs.

(a) Distribution spatiale de la CE dans la zone (résultats de l'étude d'inventaire)

Fig. 3.7.3-1 montre la distribution spatiale de la CE lors de l'étude d'inventaire. Les cercles en rouge montrent les valeurs supérieures à la norme de potabilité Malgache (300mS/m)

Généralement, la CE dans la zone d'Antanimora est faible, et les puits se trouvant à partir d'Ambovombe en allant au sud ont une faible CE. Comme il n'existe pas autant de puits entre Antanimora et Ambovombe, c'est difficile de tracer une ligne qui indiquera le commencement de la salinité. Mais en tenant compte de la CE du puits n°15 (près de Manave) et le n°152 (près de sakave) au sud d'Antanimora dont la CE sont plus de 200mS/m, on peut dire que la forte teneur en sel débute aux environs de cette ligne.

La distribution spatiale détaillée de la CE dans la zone rurale d'Ambovombe indique que la CE devient forte au centre. En somme, il paraît que la zone au nord-est de la ville jusqu'au sud-est salée. Au sud existe un zone moins salée dont la CE est en dessous de 300mS/m, et particulièrement il s'y trouvent des puits dont la valeur de la CE est en dessous de 100 à l'est sud-est de la ville.

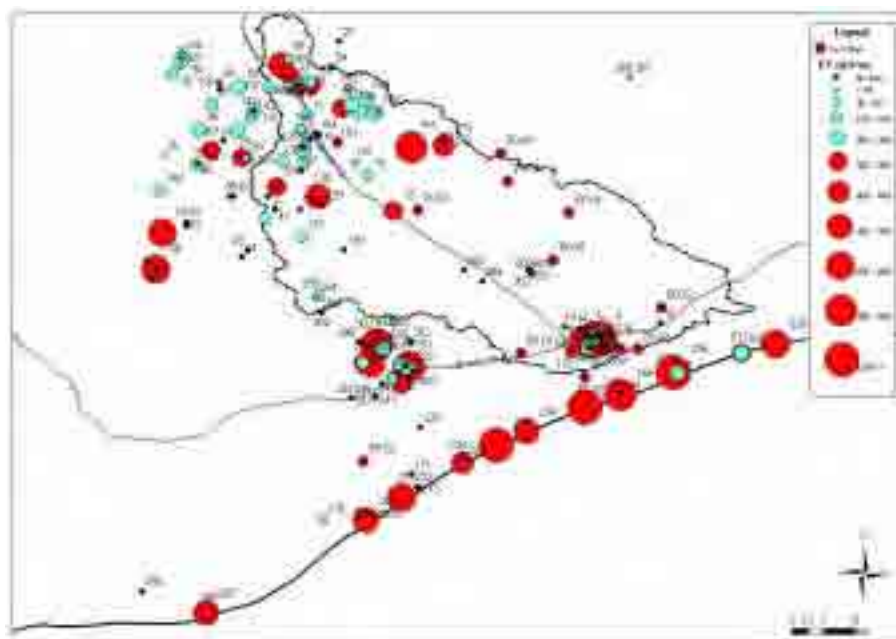


Figure 3.7.3-1 Distribution spatiale de la CE dans la zone (Etude d'inventaire)

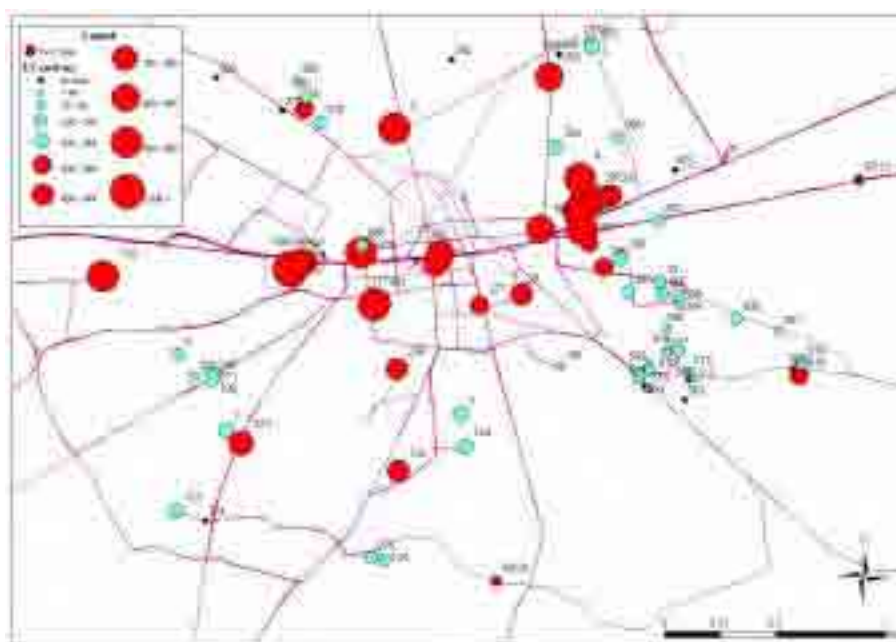


Figure 3.7.3-2 Distribution spatiale de la CE dans la zone d'Ambovombe (Etude d'inventaire)

(2) Variation saisonnière

(a) Résultats de la variation saisonnière de l'étude de la qualité de l'eau.

La variation saisonnière (comparaison des résultats entre la saison humide -mai- et la saison sèche – septembre-) en matière de conductivité électrique est présentée dans la Figure 3.7.3-3.

A partir de ces chiffres, on peut dire que la concentration de composants chimiques ne change pas entre les saisons, bien qu'au niveau de certains sites les saisons sèches ont tendance à être plus concentrées. Cela signifie que les composants chimiques sont dans un état d'équilibre, ayant une faible réaction à l'eau de pluie. Ceci peut être également prouvé par la comparaison de variation des prélèvements d'eau de surface et la variation d'eau de puits ; dans ce cas l'eau de surface tend à changer radicalement et à être plus concentrée durant la saison sèche dû à une forte influence de vaporisation

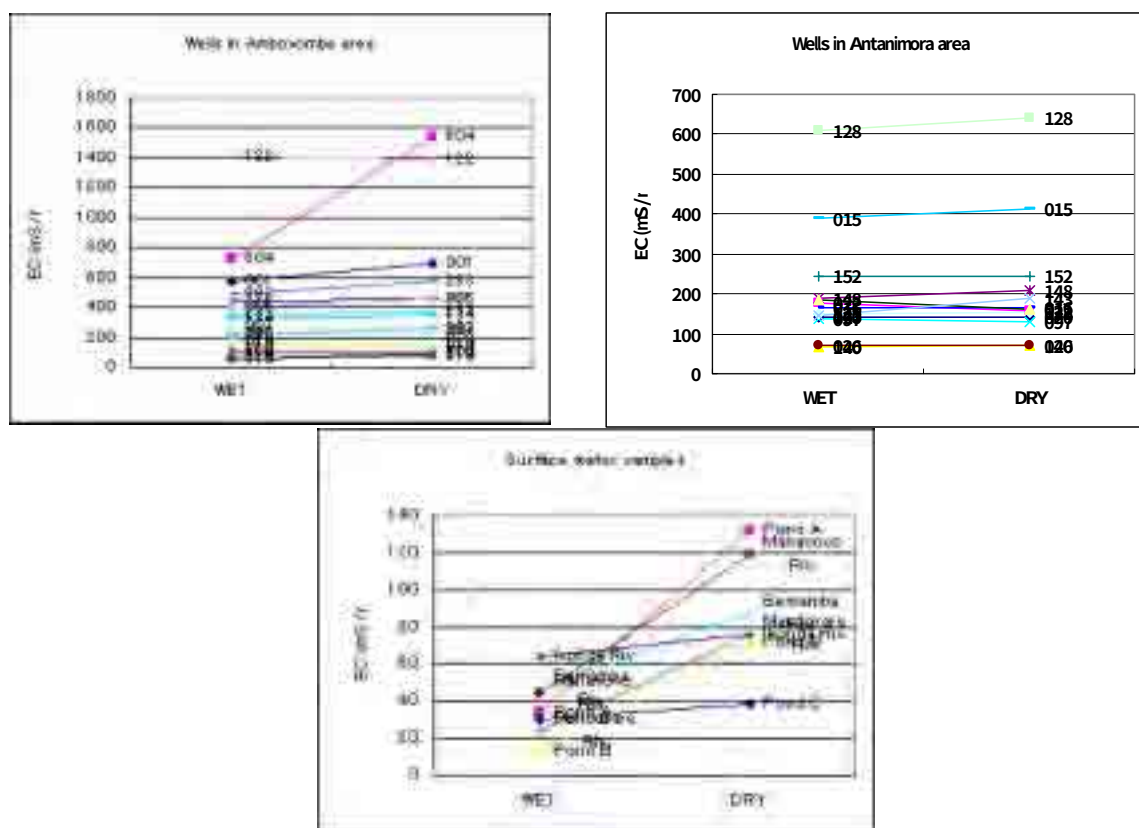


Figure 3.7.3-3 Variation saisonnière de la CE des eaux prélevées

(3) la relation entre les composants chimiques analysés

Ici, la relation entre les composants chimiques majeurs (EC, Na, Ca, Mg, Cl, SO₄, HCO₃ et NO₃) est étudiée pour saisir la tendance de comportement des composants chimiques.

Le tableau 3.7.3-1 montre le coefficient de corrélation entre les composants majeurs. Deux composants ont une forte relation si le coefficient est au dessus de 0,7 et elle est trop forte si supérieure à 0,8, c'est à dire le comportement des composants devrait être le même dans les eaux souterraines de la zone cible. La fig. 3.7.3-4 montre des cartes exposant la corrélation entre les composants majeurs.

Le composant chimique montrant une forte rapport avec EC sont le Na, Ca, Mg et Cl. Néanmoins, ces substances déterminent la CE dans la zone, autrement dit, la forte teneur en sel est provoquée par ces substances, en particulier le Na et Cl. En se référant à la carte entre la CE et le Cl, des deux saisons, au cours de la saison sèche se manifeste une forte rapport, autrement dit durant la saison sèche, le mécanisme de la forte salinité est identique à celui du mécanisme de la dissolution du Cl dans l'eau souterraine, tandis

que lors de la saison humide il semble y avoir un type de mécanisme impliqué pour la forte salinité qui ne peut être trouvé.

Entre les substances chimiques, le Na et Cl ont la plus forte coefficient de corrélation ($r=0,9437$). Le graphe montre que ces deux substances se regroupent sur la ligne $y=x$, c'est-à-dire que ces deux substances se comporte comme paire dans les eaux souterraines. D'autre paires d'ions qui montre de forte corrélation ($r>0.8$) est le Ca et Cl. Ca-Mg et Na-Ca. Ces substances s'attirent.

D'autre part, le HCO_3 a un faible coefficient de corrélation avec d'autres substances. Les anions, Cl et SO_4 ont un rapport relativement élevé.

Tableau 3.7.3-1 Coefficient de corrélation entre les composants majeurs

	EC	M-Alkalinity	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO4	HCO3	NO3
EC	1,0000	0,1992	0,7158	0,8198	0,8390	0,8483	0,8138	0,7186	0,2131	0,4562
M-Alkalinity		1,0000	0,2793	0,2623	0,1032	0,2499	0,1268	0,3927	0,9002	0,1546
K			1,0000	0,4270	0,5430	0,7996	0,4105	0,4321	0,3535	0,7120
Na				1,0000	0,8479	0,6866	0,9437	0,7903	0,1983	0,2513
Ca					1,0000	0,8729	0,9114	0,6215	0,0653	0,3285
Mg						1,0000	0,7350	0,5836	0,2796	0,4854
Cl							1,0000	0,7189	0,0809	0,2929
SO4								1,0000	0,3691	0,2925
HCO3									1,0000	0,1941

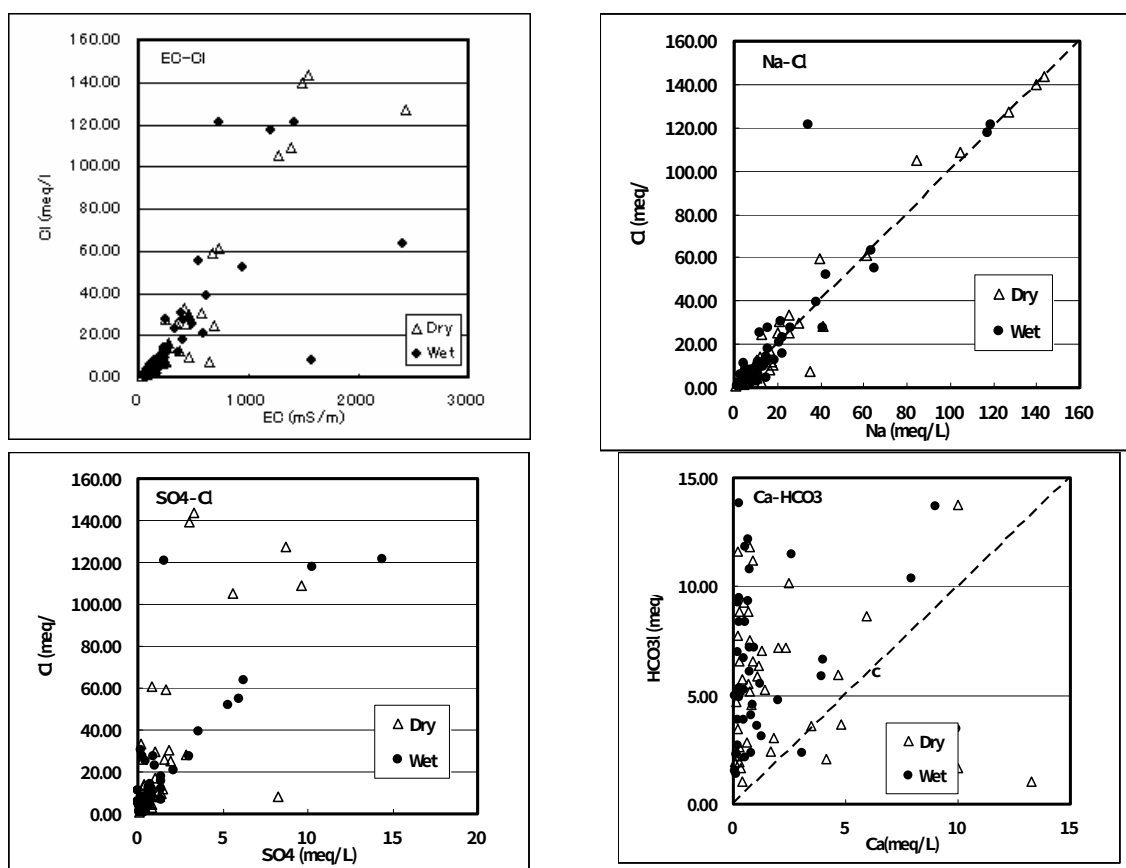


Figure 3.7.3-4 Corrélation entre ions majeurs

(4) Qualité de l'eau des eaux souterraines dans la région cible

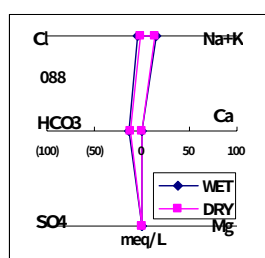
Afin d'établir les types de qualité de l'eau dans la région, des hexadiagrammes de chaque échantillon ont été tracés hexadiagrammes typiques indiqués dans la Fig. 3.7.3-5, les hexadiagrammes des échantillons des eaux souterraines dans la région cible dans la Fig. 3.7.3-7(1), et les hexadiagrammes de la zone urbaine d'Ambovombe indiqués dans la Fig. 3.7.3-7(2) et un diagramme Piper (Fig. 3.7.3-6) a également été

élaboré.

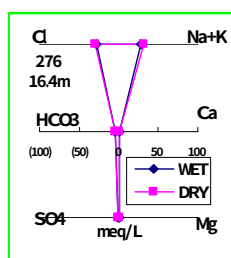
On peut remarquer tout d'abord, en examinant les hexadiagrammes, qu'il existe deux types distincts d'eau dans la région. Le premier type est le Na-HCO₃ qu'on trouve dans la zone cristalline d'Antanimora, et également les eaux de pluies des impluviums, ainsi que les eaux de surface des mares et des rivières. En second lieu, dans les eaux souterraines de la partie sud de la région sud d'Antanimora (y compris Ambovombe, Ambondro, et la région des dunes côtières), La qualité de l'eau devient du type Na-Cl. La répartition d'eau de type Na-Cl coïncide apparemment avec les régions dont la CE est élevée, et que le type des hexadiagrammes ne change pas dans la région quelle que soit la valeur de la CE.

En effectuant la comparaison de la répartition des hexa diagrammes avec la carte géologique, il est clair que les eaux souterraines de type Na-HCO₃ (ayant une faible CE) sont répandues dans une région de roches dures métamorphiques, alors que les eaux souterraines de type Na-Cl (avec une CE élevée) sont répandues dans des formations sédimentaires du tertiaire et du quaternaire.

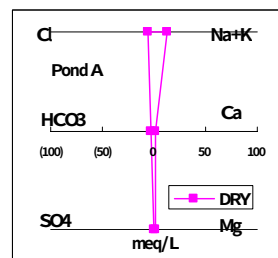
En effectuant la comparaison de la répartition des hexa diagrammes avec la carte géologique il est clair que les eaux souterraines de type Na-HCO₃ (ayant une faible CE) sont répandues dans une région de roches dures métamorphiques, et alors que les eaux souterraines de type Na-Cl (avec une CE élevée) sont répandues dans des formations sédimentaires du tertiaire et du quaternaire.



Puits 088, Antanimora



Puits 276, Ambovombe



Pond A (Eau de surface)

Figure 3.7.3-5 Types d'hexadiagrammes des échantillons dans la zone d'étude

Le diagramme Piper le révèle plus clairement.

Tout d'abord, sur le diagramme en triangle du côté gauche présente la composition des cations (Na+K, Ca, Mg). Presque tous les échantillons se concentrent sur le côté droit, montrant que ces échantillons ont un taux de composition élevé en Na+K. D'autre part, sur le diagramme en triangle situé à droite montrant la composition en anions (Cl, HCO₃, SO₄), les échantillons peuvent se diviser en deux groupes, à savoir les échantillons ayant une teneur élevée en HCO₃ (eaux souterraines et eaux de surface d'Antanimora) et les échantillons ayant une teneur élevée en Cl (autres échantillons des eaux souterraines, y compris la région d'Ambovombe)

Ensuite, au centre se trouve le diagramme clé, qui montre le taux de composition de tous les cations et les anions ensemble. En général, le diagramme peut être divisé en 5 zones, comme le diagramme le montre sous les noms suivants : zone I pour le type Duré – Carbonate, zone II pour le type Alcalin – Carbonate, zone III pour le type Duré – non Carbonate, zone IV pour le type Alcalin – non carbonate et zone V pour le type intermédiaire. En général, les eaux de rivière, les écoulements d'eaux souterraines et les eaux souterraines peu profondes sont groupées dans la zone I et la zone V, l'eau de mer et les eaux souterraines salines dans la zone IV et les eaux souterraines profondes et non salines sont groupées dans la zone II

Les échantillons d'eaux des forages et les eaux de surface d'Antanimora sont groupées dans la zone I et la zone V, montrant une composition typique des eaux souterraines peu profondes ou des eaux de surface, mais le reste des eaux souterraines est groupé dans la zone IV, ce qui signifie que le contenu des eaux souterraines ressemble à celui de l'eau de mer

Par conséquent, on peut considérer que la salinité est due au mécanisme ci-dessous :

- 1) L'eau de pluie pénètre le sol et la couche géologique superficielle.
- 2) Dans la zone des roches métamorphiques, la durée de rétention est courte et ne réagit pas beaucoup avec

le socle, d'où la faible salinité

- 3) Dans les zones de couche de sable tertiaire et quaternaire, l'eau réagit avec le sable contenant du sel (principalement halite (NaCl)) et plus la durée de rétention est longue, plus la teneur en sel est élevée, d'où une CE élevée

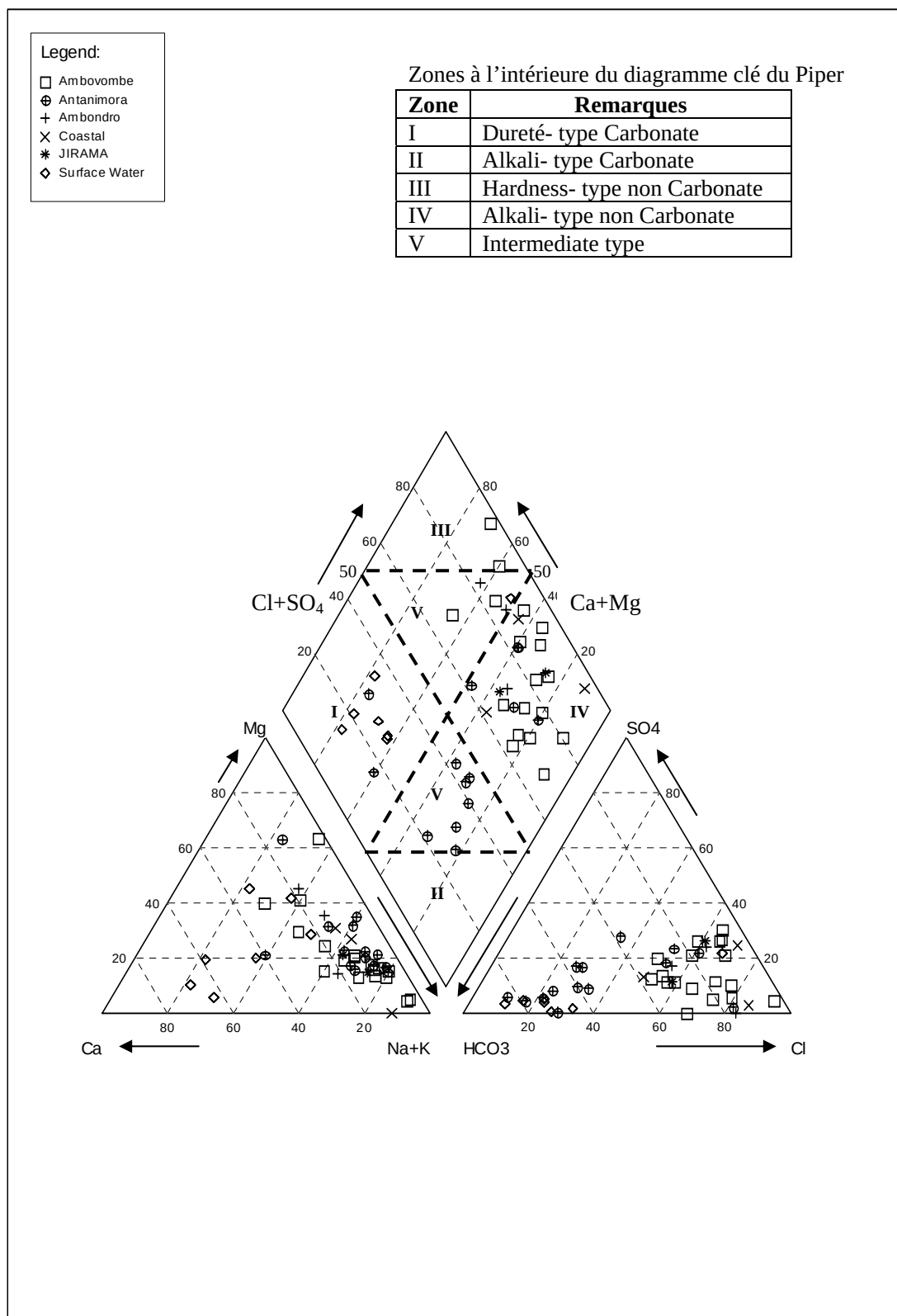


Figure 3.7.3-6 Diagramme de Piper des échantillons analysés en saison sèche.

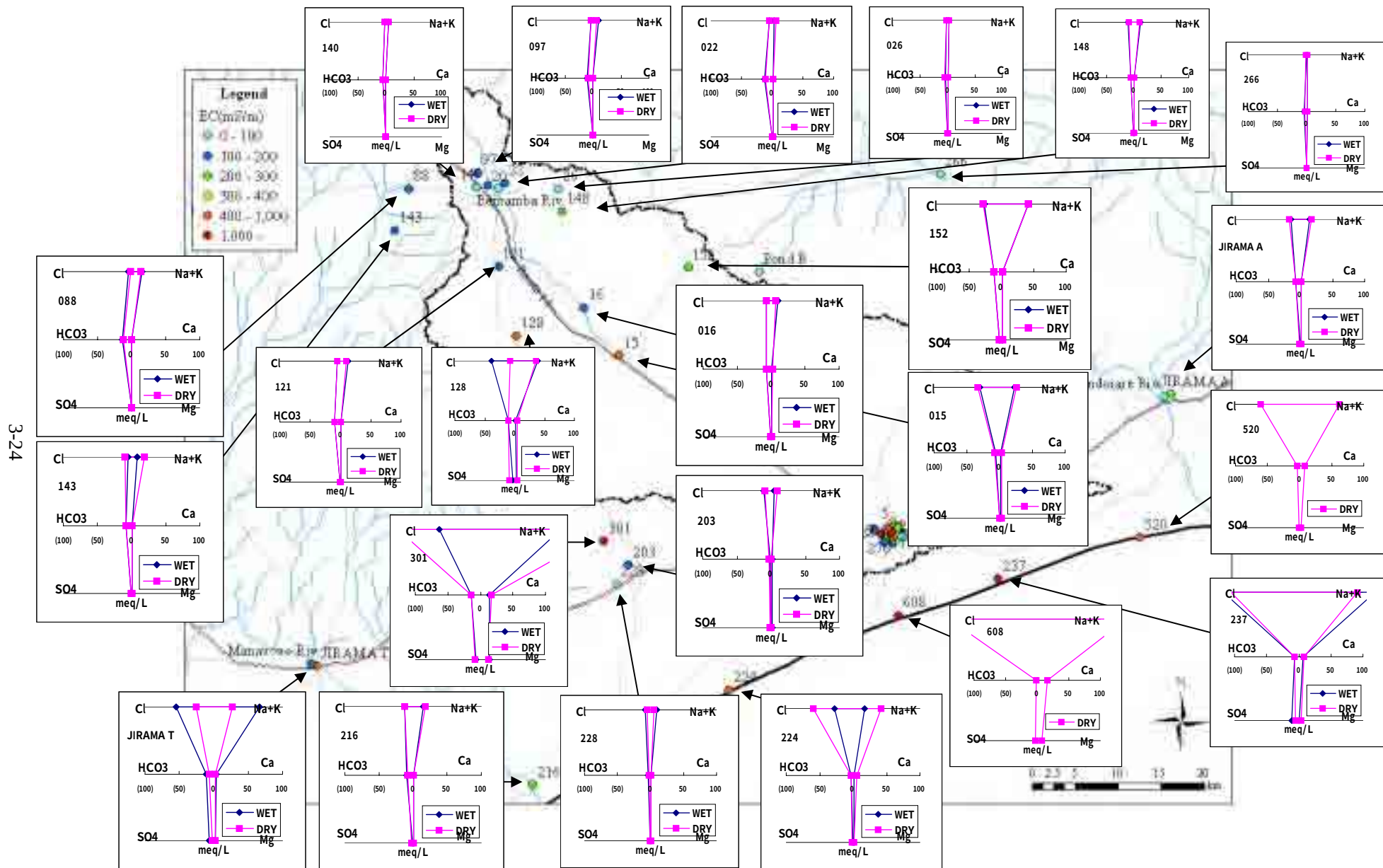


Figure 3.7.3-7(1) Hexadiagrammes des forages dans la zone

3-25

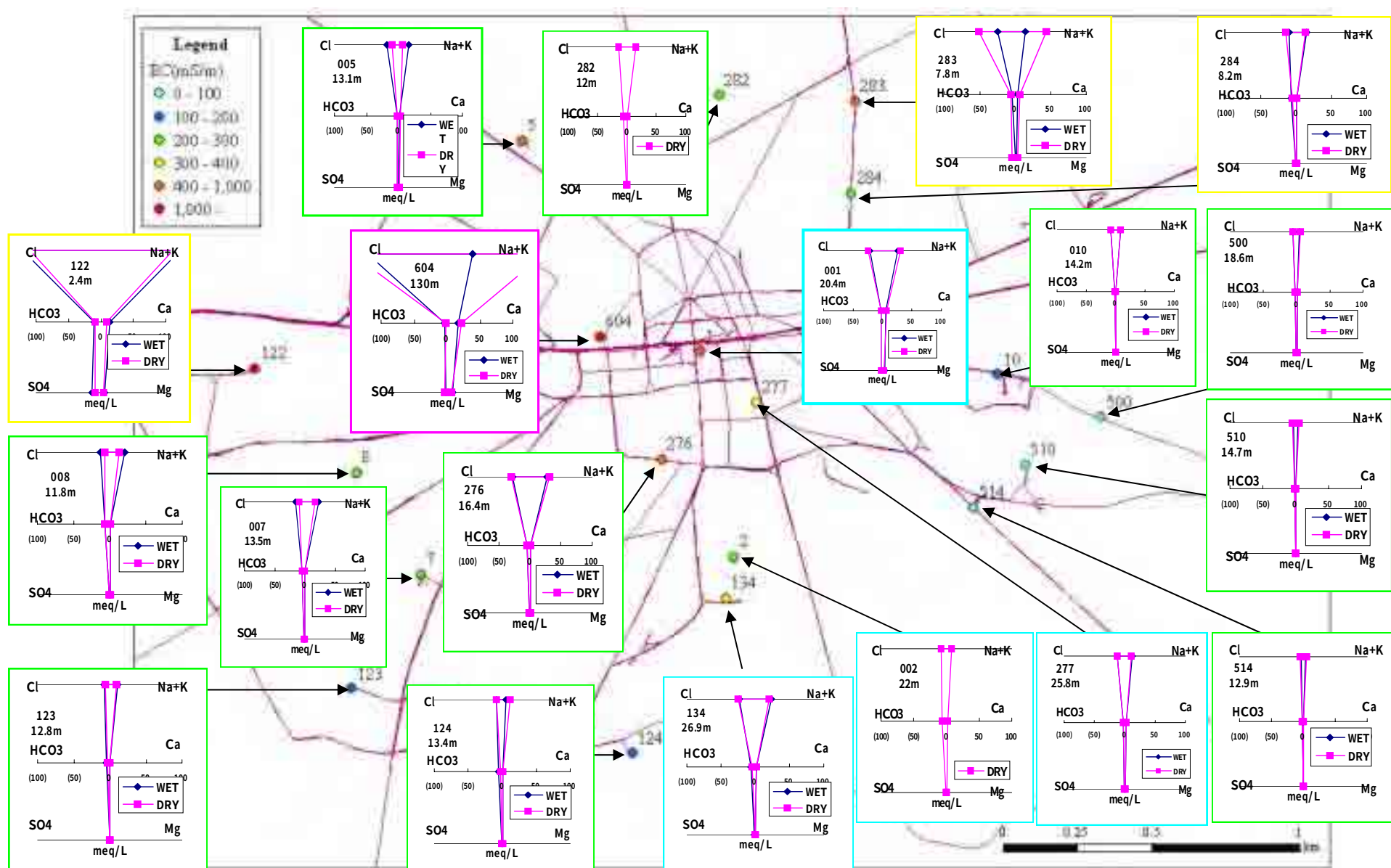


Figure 3.7.3-7(2) Hexadiagrammes des puits à Ambovombe

3.7.4 Qualité de l'eau potable dans la région

Pour avoir une idée générale sur le niveau de la potabilité de l'eau dans la région, la concentration moyenne et maximum des composants majeurs des échantillons ont été calculés et comparés avec les normes Malgache et celle de l'OMS. Les résultats sont présentés dans le Tableau 3.7.4-1.

Tableau 3.7.4-1 Comparaison de la qualité moyenne et maximum de l'eau avec les normes nationales et de l'OMS (composants majeurs, unité : CE : mS/m, autres : mg/L)

		EC	Na	Ca	Mg	Cl	SO4	NH4	Mn	Fe	NO2	NO3	As
Norme Malgache		300,0	-	200,0	50,0	250,0	250,0	0,5	0,05	0,5	0,1	50,0	0,05
Norme OMS		-	200,0			250,0	250,0	1,5	0,10	0,3	3,0	50,0	0,01
Ambovombe	Max.	1572,0	2727,6	636,0	459,3	4295,5	2761,5	0,2	0,24	44,2	9,4	100,3	0,00
	Ave.	397,4	444,3	102,7	79,2	712,8	289,5	0,0	0,05	1,9	1,3	15,7	0,00
Antanimora	Max.	640,0	950,8	196,0	318,3	1391,6	1590,4	0,2	0,71	28,0	6,3	5,1	0,00
	Ave.	196,0	310,7	49,4	71,5	331,3	194,4	0,0	0,08	1,1	0,5	1,3	0,00
Ambondro	Max.	211,0	206,5	61,6	69,0	383,4	145,4	0,1	0,08	0,1	2,4	194,0	0,00
	Ave.	158,3	154,2	36,8	37,5	295,5	97,8	0,0	0,02	0,0	0,6	52,1	0,00
JIRAMA	Max.	541,0	1496,9	209,6	164,0	1956,1	1146,6	0,1	0,46	0,0	2,7	46,1	0,00
	Ave.	368,0	702,2	110,8	120,5	988,7	442,6	0,0	0,14	0,0	1,1	13,5	0,00
littoral	Max.	1487,0	3206,2	800,0	551,6	4948,7	1972,0	0,3	0,11	0,0	3,0	5,3	0,00
	Ave.	779,9	1410,0	293,1	183,3	2370,1	576,1	0,1	0,04	0,0	1,1	2,8	0,00
Eau de Surface	Max.	131,8	441,6	175,2	138,5	947,9	406,4	0,1	1,34	28,0	1,8	6,2	0,00
	Ave.	53,7	67,5	41,5	33,7	102,0	49,6	0,0	0,21	2,8	0,2	0,6	0,00

Note :

* Norme Malgache : Loi No. 2003-941, modifiée le No. 2004-635

* Normes de l'OMS : Directives pour la qualité de l'eau potable (Les valeurs en italiques sont celles des "substances et paramètres de l'eau potable pouvant provoquer des réclamations de la part des consommateurs")

* En gras : données supérieures aux normes Malagasy

Les substances et les paramètres qui se sont révélés supérieurs aux normes dans les puits d'Ambovombe sont la CE, Mg, Cl, SO4, Fe et NO2. Toutefois, en considérant que l'OMS n'a pas établie les normes pour Ca et Mg, que la norme OMS pour NO2 est 30 fois supérieure à celle de Madagascar, et que la norme pour Cl et SO4 correspond au critère de "réclamations de la part des consommateurs", on peut déclarer ici que la CE et NO3 sont les substances les plus critiques à prendre en considération. De ce fait, la seule substance à prendre en considération lors de l'utilisation des eaux souterraines dans cette région est la CE, même si la valeur moyenne à Ambovombe est supérieure à la norme Malagasy. Les eaux dans le littoral sont principalement utilisées pour le bétail à cause de la salinité trop élevée.

Par mesure de sécurité, les eaux de la région d'Antanimora sont potables que celles des autres régions.

3.8 Essais de forage

3.8.1 Plan des essais de forages

(1) Sélection des Sites

Les emplacements sont sélectionnés selon les objectifs suivants:

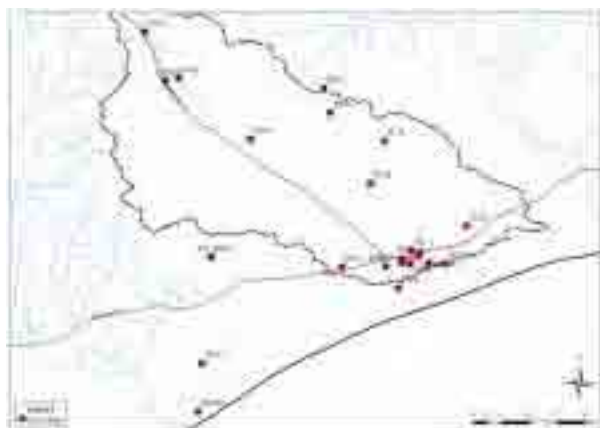
- Confirmation du niveau statique de l'eau et la profondeur de l'aquifère.
- Distribution et détails caractéristiques de la qualité de l'eau (la salinité en particulier) pour être potable.
- Confirmation de la profondeur du socle s'associant à la potentialité de l'aquifère.
- Localisation des villages en considérant les moyens définitifs d'approvisionnement en eau.

Le tableau 3.8.1.1 montre le programme initial des essais de forage dans cette étude. Les essais de forages consistent en puits et forages (Type-I et Type-II) et des forages additionnels.

Tableau 3.8.1-1 Programme Initial des essais de forage

No	Commune	Village	Situation	profondeur (m)
Puits (25m de profondeur)				
P 003	Sihanamaro	Ambalantsaraky	Centre Amont du bassin	25
P 004	Ampanihy	Ambohimalaza	Centre Amont du bassin	25
P 008	Betioky	Ambohimalaza	Centre du bassin	25
P 009	Ambovombe	Marobey	Ambovombe	25
P 010	Ambondro	Analaisoke	Ouest du bassin	25
Sous-Total				125
Forage Type-I (50-100m de profondeur)				
FM 001	Antaritarika	Marofo	Zone côtière	100
PM 005	Ambovombe	Lavaadranda	Dune au sud d'Ambovombe	50
PM 006	Tsimananada	Tsimihevo	Dune au sud d'Ambovombe	50
Sous-Total				200
Forage Type-II (80-200m de profondeur)				
F 001	Antanimora	Fianrenantsoa-Amposy	Secteur Amont du bassin	80
F 006	Antanimora	Bemamba Antsatra	Secteur Amont du bassin	120
F 009	Ambovombe	Lefonjavy	Amont Oriental du bassin	100
F 014	Ambovombe	Ankoba-Mikazy	Centre Oriental du bassin	120
F 015	Ambovombe	Mangarivitra Tananbao	Est d'Ambovombe	150
F 018	Ambanisalika	Ambanisarika	Ouest d'Ambovombe	200
F 019	Ambovombe	Ambazoamirafy	Dune méridionale d'Ambovombe	200
F 022	Antaritarika	Anjira	Dunes côtières au sud Est	120
F 030	Ambovombe	Ekonka	Sud d'Ambovombe	200
F 032	Ambovombe	Behaboobo	Est d'Ambovombe	200
Sous-Total				1.490
Forage additionnels (30-100m de profondeur)				
F 006B	Antanimora	Bemamba Antsatra	Amont du bassin	Evaluation du F006
FP 010	Ambondro	Analaisoke	Amont Oriental du bassin	Evaluation du P010
NBASE1	Ambovombe	AnjatakaIII	Vovo à Ambovombe	Aquifère peu profond
NBASE2	AnjatakaIII	AnjatakaIII	Vovo à Ambovombe	Aquifère peu profond
NBASW1	Mitsangana	Mitsangana	Vovo à Ambovombe	Aquifère peu profond
NBASW1	Ambaro	Ambaro	Vovo à Ambovombe	Aquifère peu profond
NBANW	Beabo	Beabo	Vovo à Ambovombe	Aquifère peu profond

Les points ont été choisis à la fin de la Phase I pour prouver les résultats des études d'inventaires, et les données anciennes et rapport d'étude. Les positions exactes ont été décidées lors de la phase II. La position des essais de forage est présentée ci-dessous



Note: GPS data plot

Figure 3.8.1-1 Carte de localisation des sites



Note: GPS data plot

Figure 3.8.1-2 Carte de localisation de la ville urbaine d'Ambovombe

(2) Méthodologie

1) Forage

Les forages ont été réalisés par la méthode rotary avec boue de forage polymer dans les formations sédimentaire et DTH dans les formations rocheuses.

2) Equipement pour les puits

Les puits de profondeur de 25m et de diamètre de 1,500mm sont équipés par des buses en béton armé de diamètre 1,200 mm X 1 000 mm. La figure 3.8.1-3 montre le schéma typique des forages et puits creusé à la main.

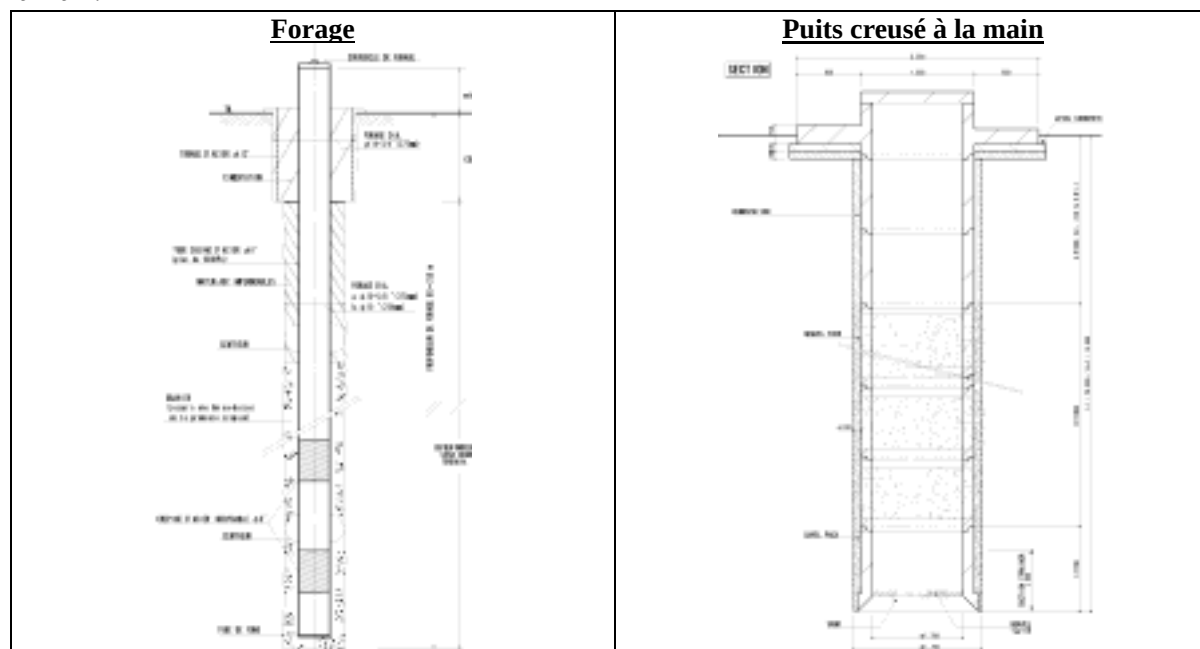


Figure 3.8.1-3 Schéma typique de forage et puits

3) Diagraphies

a) Evaluation de la formation

A la fin du creusement, la diagraphie est entamée. L'équipement utilisé pour la diagraphie a été récemment acheté chez CENTURY, une société américaine. Les paramètres suivants ont été mesurés:

b) Profilage de la qualité de l'eau de l'aquifère

Une fois le forage équipé est vidé de ses boues par air lift, le profilage des éléments suivants sera effectué. Le fabricant de cet outil est le In site Company, le modèle est TROLL9000.

4) Essai de pompage

Tous les puits et forages étaient soumis aux essais de pompage.

Les essais de pompage par pallier permettent d'identifier les caractéristiques de l'aquifère, par exemple, le niveau de rabattement par rapport au rendement.

5) Analyses de la qualité de l'eau

Pendant l'essai, conductivité électrique, température, et pH ont été surveillé sur le site.

A la fin de l'essai de pompage, l'eau a été prélevée pour l'analyse des 17 éléments. L'analyse a été faite par JIRAMA.

3.8.2 Résultats des essais de forage

La figure suivante montre l'exécution des forages. Le programme d'exécution diffère pour chaque site à cause de la stabilité du trou de forage. Les sites les plus difficile sont PM005 et F019 parce que des effondrements ont eu lieu et il a fallu forer à nouveau.

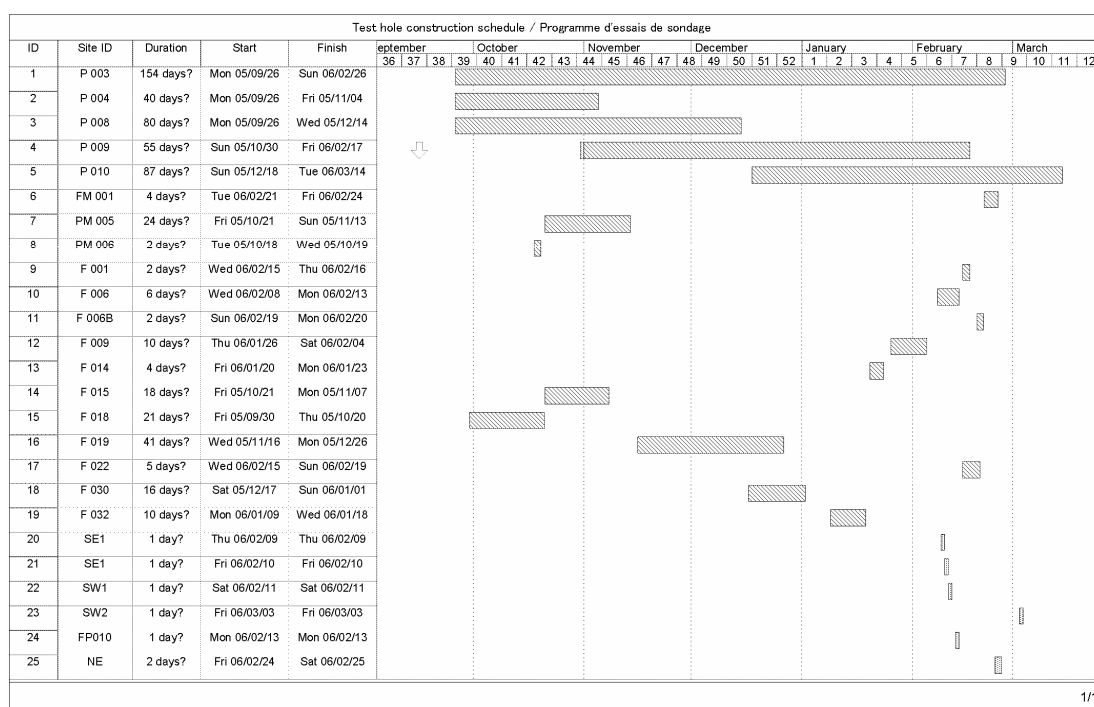


Figure 3.8.2-1 Progrès des essais de forage

Les données de base sont récapitulées dans le tableau ci-dessous. Le rapport détaillé soumis par les foreurs est attaché dans le recueil et le rapport additif.

Tableau 3.8.2-1 Résumés des travaux

ID	Village	Altitude			Travaux de forage		Profondeur de forage (m)	tubage (m)	Développement		
		point	forage	SWL	début	fin			Qf m³/h	µS/cm	NS m
	puits										
P 003	Ambalantsaraky	161	140,75	141,56	26-Sep-05	27-Fev-06	20,3	20,25	NA	NA	NA
P 004	Ampanihy	162	158,3	NA	26-Sep-05	5-Nov-05	3,7	3,7	NA	NA	NA
P 008	Betioky	138,3	113,3	NA	26-Sep-05	15-Dec-05	25	25	NA	NA	NA
P 009	Marobey	130	109,79	110,69	30-Oct-05	17-Fev-06	20,2	20,21	NA	NA	NA
P 010	Anlaisoka	130	109	<109	18-Dec-05	15-Mar-06	21	15	NA	NA	NA
	Forages										
FM 001	Marofo	82,82	-17,18	2,08	21-Fev-06	25-Fev-06	100	96,84	1,8	10.000	80,8
PM 005	Lavaadranda	211	129	< 129	21-Oct-05	14-Nov-05	82	81,65	<0	2.550	< 80
PM 006	Tsimihevo	156,1	104,96	< 104,96	18-Sep-05	20-Oct-05	51,1	50,69	0	NA	< 51
F 001	Fianrenantsoa-Amposy	292,13	212,13	276,13	15-Fev-06	17-Fev-06	80	67,74	9	1.460	16
F 006	Bemamba-Antsatra	228,17	150,17	212,22	8-Fev-06	14-Fev-06	78	75,76	9	730	15,98
F 006B	Bemamba-Antsatra	234,23	171,08	219,93	19-Fev-06	21-Fev-06	63,2	61,82	9	1.140	-
F 009	Lefonjavy	179	97	130,65	26-Jan-06	5-Fev-06	82	78,48	0,06	2.820	56,73
F 014	Ankoba-Mikazy	181	56,82	79,85	20-Jan-06	24-Jan-06	124,2	120,3	2,18	5.040	101,23
F 015	Mangarivotra Tananbao	140,12	-9,88	6,08	21-Oct-05	8-Nov-05	150	150	1,74	4.620	134,1
F 018	Ambanisarika	203,4	3,4	50,45	30-Sep-06	21-Oct-05	200	199,8	0,08	15.240	164
F 019	Ambazozmirafy	220	17	<17	16-Nov-05	27-Dec-05	203	189,5	< 0,1	2.870	179
F 022	Anjira	77,8	-48,2	19,00	15-Fev-06	20-Fev-06	126	114,5	2,01	3.780	60
F 030	Ekonka	180	-25	4,46	17-Dec-05	2-Jan-06	205	188,1	<0,02	2.760	181,4
F 032	Behabobo	229	24	< 24	9-Jan-06	19-Jan-06	205	193,3	<0,02	3.400	191,77
	Forages peu profond										
SE1	Anjatoka III	130	86	< 86	9-Fev-06	10-Fev-06	44	NA	NA	NA	NA
SE1	Anjatoka III	130	106	< 86	10-Fev-06	11-Fev-06	24	24	<0,02	3.060	19,98
SW1	Mitsangana	130	97	107,65	11-Fev-06	12-Fev-06	33	30,3	<0,01	6.650	23,4
SW2	Ambaro	130	106	< 106	3-Mar-06	4-Mar-06	24	20,32	<0,01	2.350	NA
FP010	Analaisoka	130	99	<99	13-Fev-06	14-Fev-06	31	30,16	<0,01	770	NA
NW	Beabo	130	111	<111	24-Fev-06	26-Fev-06	19	15,9	<0,01	1.245	NA

Estimation

Altitude de SWL est calculé en tant que point - SWL des essais de pompage

Le potentiel en eau souterraine est découvert à Antanimora seulement (F001, F006, F006B) et à Ambovombe (F015).

Dans d'autres endroits, la potentialité de l'eau souterraine est faible à cause de la salinité ou le tarissement des puits.

Le potentiel en eau dans la zone précambrienne est confirmé, environ 500 à 600 m³/jour/forage. L'altitude des forages réussis est environ de 250m à 300m au dessus du niveau moyen de la mer, par contre, la ville urbaine d'Ambovombe est à 150m au dessus du niveau moyen de la mer. Cela permet de fournir de l'eau par gravitation à partir d'Antanimora.

Le potentiel en eau souterraine dans la zone sédimentaire est le forage F015 seulement dont le débit est de 18m³/h, et la conductivité est de 320 mS/m. C'est possible de l'utiliser comme source d'eau pour la ville urbaine d'Ambovombe et ses environs, dont le nombre de la population est de 40.000 environ. Cependant, le niveau d'eau statique est à 132m de profondeur d'un aquifère libre, et l'eau est quelque peu salée comme l'indique la conductivité électrique à 320mS/m qui est la limite de la norme de potabilité à Madagascar.

Cependant, le plan d'approvisionnement en eau doit être nécessairement basé sur des ressources en eau dans deux endroits différents, notamment à Antanimora et à Ambovombe.

3.8.3 Evaluation des puits et forage d'essais

(1) Résultat Confirmé

L'étude fournit de nouvelle information du point de vue hydrogéologie du bassin d'Ambovombe. Cette

information permet de réviser la stratégie de développement de l'eau souterraine.

- 1) confirmation d'existence d'une nappe aquifère. Le type de nappes aquifères est (i) une nappe aquifère proche du niveau de la mer (ii) une nappe aquifère perchée à Ambovombe (iii) une nappe aquifère perchée proche d'Ambaliandro (iv) une nappe aquifère dans le socle.
- 2) La confirmation de la salinité élevée dans le sous-sol en vérifiant le changement de la conductivité durant le forage à boue et les expériences faites en dissolvant les déblais dans l'eau.
- 3) La décantation de l'eau salée à la profondeur au niveau de l'eau de la mer proche de l'aval de la cuvette
- 4) La nappe aquifère proche du niveau de la mer qui n'est pas trop salée et perméable existe au bord Est d'Ambovombe.
- 5) La perméabilité de nappe aquifère n'est pas bonne en principe bien que la formation consiste à du dépôt sableux.
- 6) Le sable calcaire est distribué depuis la surface jusqu'au niveau proche du niveau de la mer, par exemple, 200m de profondeur à l'aval de la cuvette et des dunes côtières.
- 7) La confirmation de nappe aquifère très perméable dont la circulation d'eau souterraine est de nature karstique. (La supposition a été soumise en 1955 par J Archambault de Bureau Burgéap) dans les conglomérats et grès de Neocene continental de la partie centrale du bassin et dans la mélasse marine et des grès calcaires du quaternaire de la partie aval. Le forage F015 montre ces caractéristiques.
- 8) La confirmation de la structure mille feuilles (couches minces) " dans les formations peu profond d'Ambovombe décrite par J.H. Rakotondrainibe. Ce fait était représenté par l'existence de formation de rétention d'eau en argile imperméable.
- 9) La nouvelle information sur les limites des nappes aquifères perchées d'Ambovombe au sud est dans le sud-ouest de la ville par le trois essais de forage.

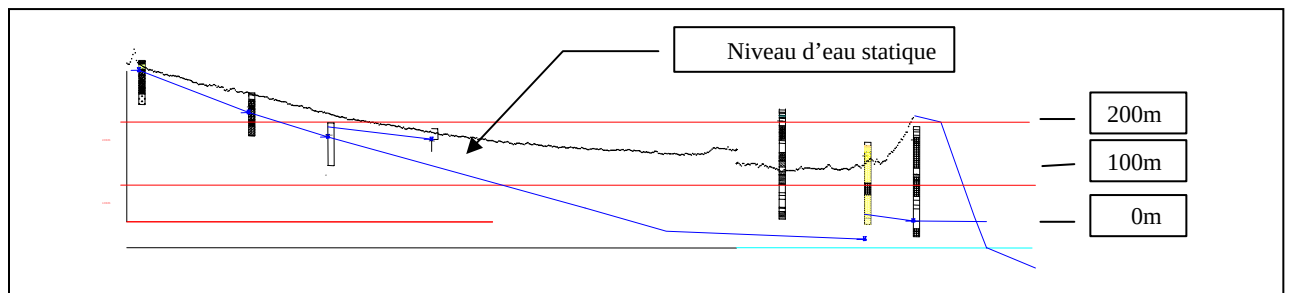


Figure 3.8.3-1 Structure du bassin et Niveau d'eau statique (se référer à Fig.3.8.4-3 Schémas développés)

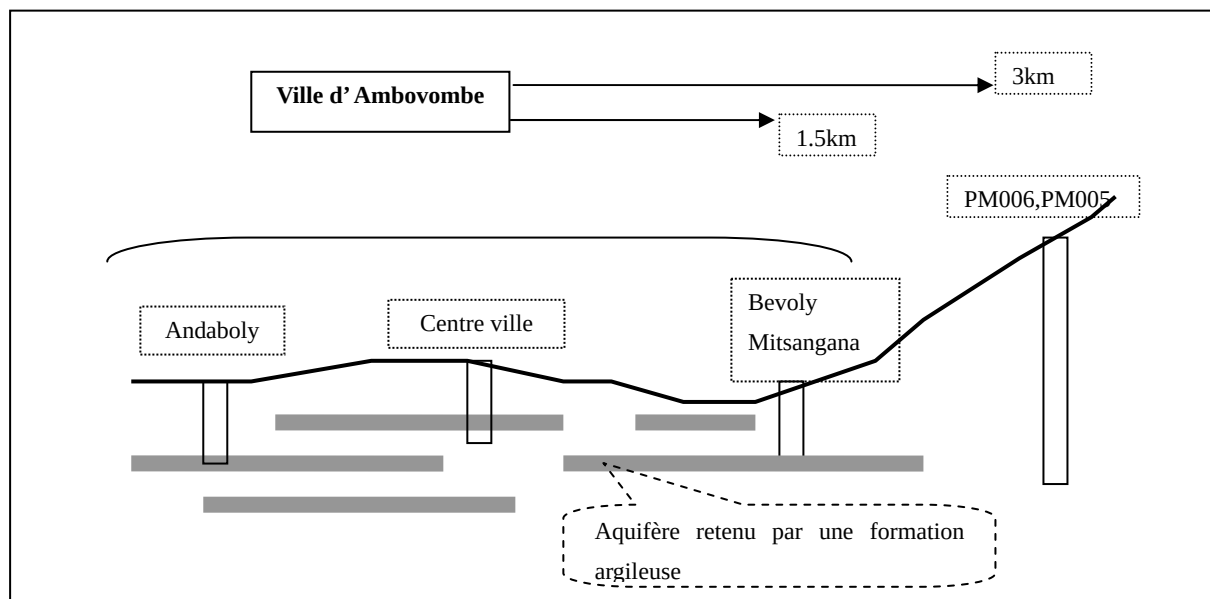


Figure 3.8.3-2 Extension de l'aquifère perché

(2) Zone estimée pour de le développement d'eau souterraine

1) Carte de localisation des eaux souterraines connues.

Se référant aux résultats des forages d'essai et les inventaires de point d'eau, les eaux souterraines dans la zone d'étude peuvent être récapitulées comme suit.

- ① Aquifère aux environs de Bemamba.
- ② Aquifère aux environs d'Antanimora.
- ③ Aquifère aux environs d'Imongy.
- ④ Couche aquifère dans les sédiments le long du fleuve de Manambovo.
- ⑤ Aquifère perché aux environs d'Ambondro.
- ⑥ Aquifère perché de forte salinité à Ambovombe.
- ⑦ Aquifère perché de faible salinité à Ambovombe.
- ⑧ Aquifère profond de faible salinité à Ambovombe de conductivité électrique 3,000 μ S/cm
- ⑨ Aquifère perché de forte salinité aux environs d'Ambaliandro.
- ⑩ Une couche aquifère dont le niveau d'eau statique dépend du gradient de pression de la mer. La salinité est élevée à 10.000 μ S/cm (couche aquifère dans les sédiments dans la plupart du bassin, pas indiquée sur la carte ci-dessous)

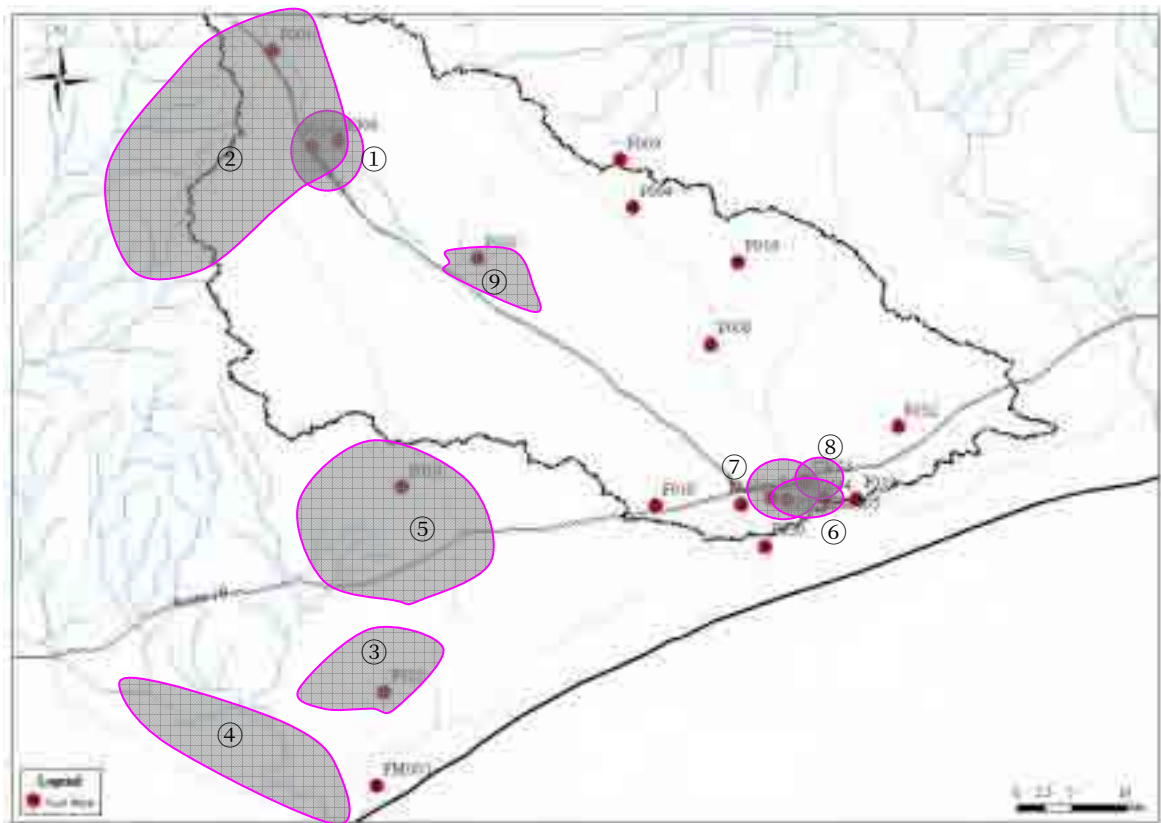


Figure 3.8.3-3 Carte de localisation des eaux souterraine connues

3.9 Etude de la qualité de l'eau par profilage

Pour comprendre la distribution de la qualité de l'eau dans la zone d'étude, c'est essentiel d'évaluer le potentiel de ressources en eau de la zone cible. Dans cette étude, la distribution verticale et la variation de la fluctuation dans des séries chronologiques de la qualité de l'eau souterraine a été observée. Ce chapitre décrit les résultats de ces études

3.9.1 Profilage Vertical de la qualité de l'eau

(1) Objectif

L'objectif de l'étude par profilage de la qualité de l'eau est d'observer la distribution verticale de qualité de l'eau souterraine la zone d'étude. L'étude a été effectuée le mi mars, 2006 en utilisant la sonde de profilage d'eau potable (MP TROLL 9000).

A travers l'étude, la conductivité électrique, la température a été mesurée aux puits sélectionnés avec la pression de l'eau qui a été utilisée pour estimer la profondeur mesurée par la sonde.

(2) Points Etudiés

La figure 3.9.1-1 montre la carte d'emplacement des points étudiés dans zone d'étude. Comme montré dans la figure, 12 points sont sélectionnés pour cette étude. En dehors des 12 points, 11 points sont sélectionnés parmi les puits et essais de forage qui ont été exécutés à travers cette étude. Et 1 point est sélectionné parmi les puits existants dans la zone d'étude pour obtenir des informations sur les zones sans puits d'essais. La figure 3.9.1-1 résume la liste de points étudiés.



Figure 3.9.1-1 Carte de localisation des points étudiés

Table 3.9.1-1 Liste des points étudiés

No.	Well No.	Commune	Depth (m)	GWL (m)	notes
1	P009	Ambovombe	21	19,5	Puits d'essai
2	F001	Antanimora	80	16,9	Essai de forage
3	F006b	Antanimora	63	14,4	Essai de forage
4	F009	Ambovombe	82	48,3	Essai de forage
5	F014	Ambovombe	124	101,2	Essai de forage
6	F015	Ambovombe	153	134	Essai de forage
7	F018	Ambanisarika	202	152,9	Essai de forage
8	F022	Antaritarika	126	58,8	Essai de forage
9	F030	Ambovombe	205	181,4	Essai de forage
10	FM001	Antaritarika	100	80,7	Essai de forage
11	SW-1	Ambovombe	33	23,3	Essai de forage
12	AES No.2	Ambovombe	22	20,3	Puits existant

(3) Résultats du Profilage

La figure 3.9.1-2 montre les résultats de la conductivité électrique mesurée pour les 12 points sélectionnés. Dans la figure 3.9.1-2, il existe deux types de profil de conductivité électrique aux points mesurés. Le premier type (P009, F001, F006b, F009 et F014) indique un profil de conductivité électrique stable du

sommet au fond du niveau mesuré. D'autre part, le deuxième type (F015, F018, F022 F030, FM001, SW-1 et AES No.2) indique une montée graduelle de la conductivité électrique conformément à la profondeur mesurée. La conductivité électrique mesurée aux points situés dans la zone d'Antanimora (F001, F006b) indique une valeur inférieure, moins de 200 mS/m. Et la conductivité électrique mesurée aux points situés au centre du bassin d'Ambovombe (F009 et F014) indique une valeur élevée, de 500 à 1.000 mS/m. Et la valeur de la conductivité électrique mesurée aux points dans la zone côtière (FM001, F018 et F022) est la plus élevée, plus de 1.000 mS/m. Cependant la conductivité électrique mesurée au forage F015 et F030 indique une valeur plutôt faible même s'ils sont localisés près la zone côtière. Toute la conductivité électrique mesurée aux puits peu profonds (P009, SW-1 et AES No.2) indique une valeur inférieure, autour de 200mS/m jusqu'à une valeur plutôt plus haute, autour de 600 mS/m

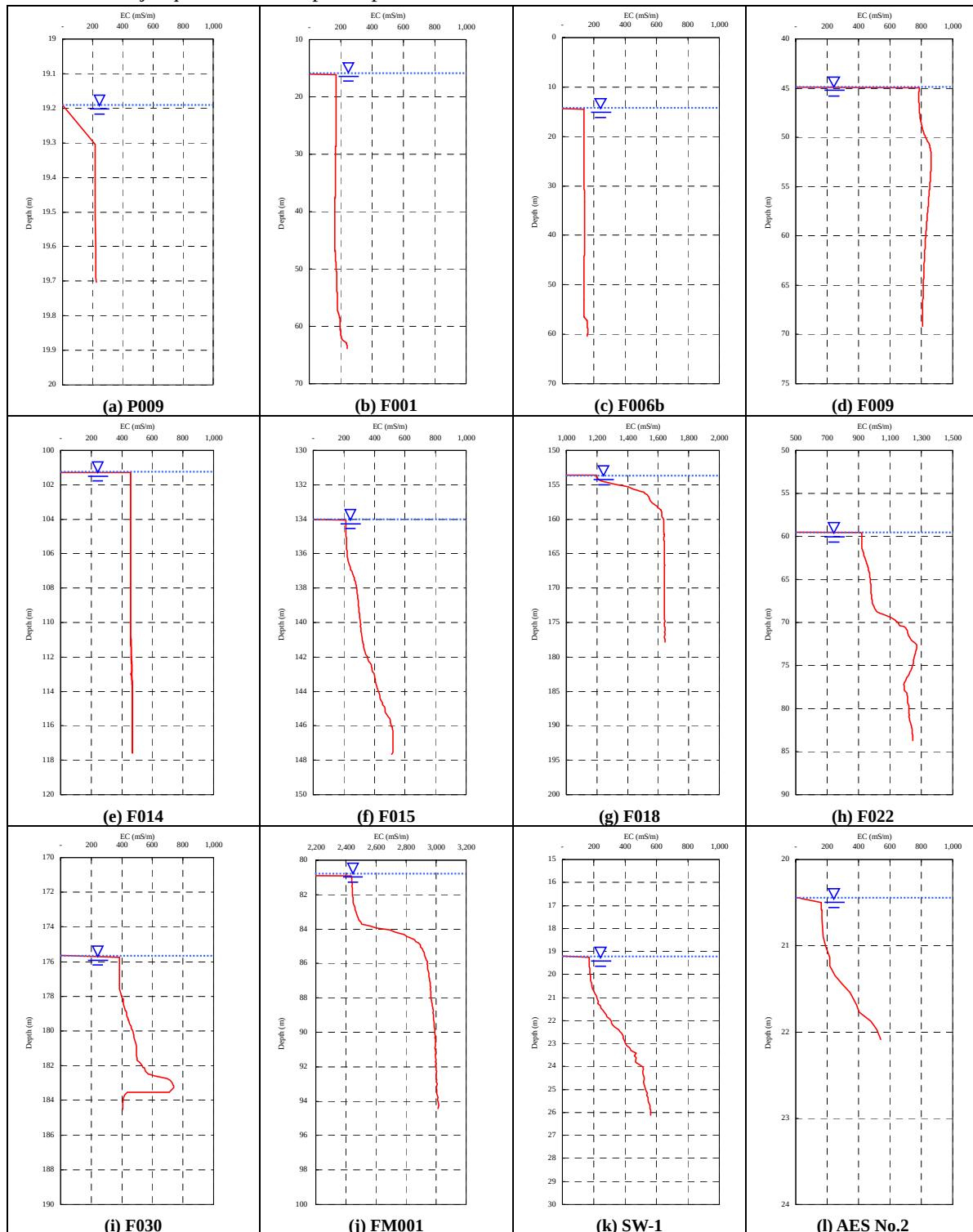


Figure 3.9.1-2 Résultats du profilage vertical

(4) Discussion

La figure 3.9.1-3 montre la carte d'emplacement des points étudiés dans la zone côtière (F015, F030, FM001 et F022).

La figure 3.9.1-4 montre la comparaison des données de la conductivité électriques mesurées entre le forage FM001 et F022 et entre le forage F015 et F030.

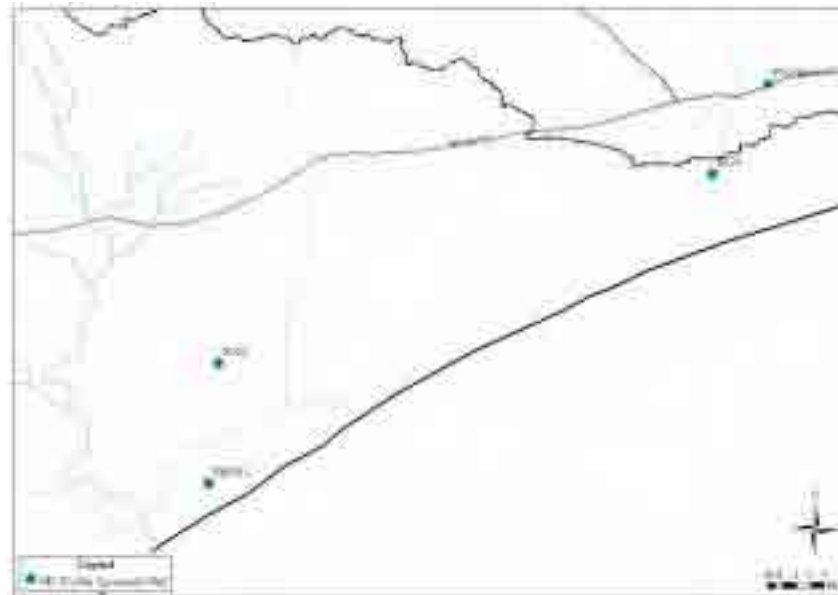


Figure 3.9.1-3 Carte de localisation des puits observés dans les zones côtières

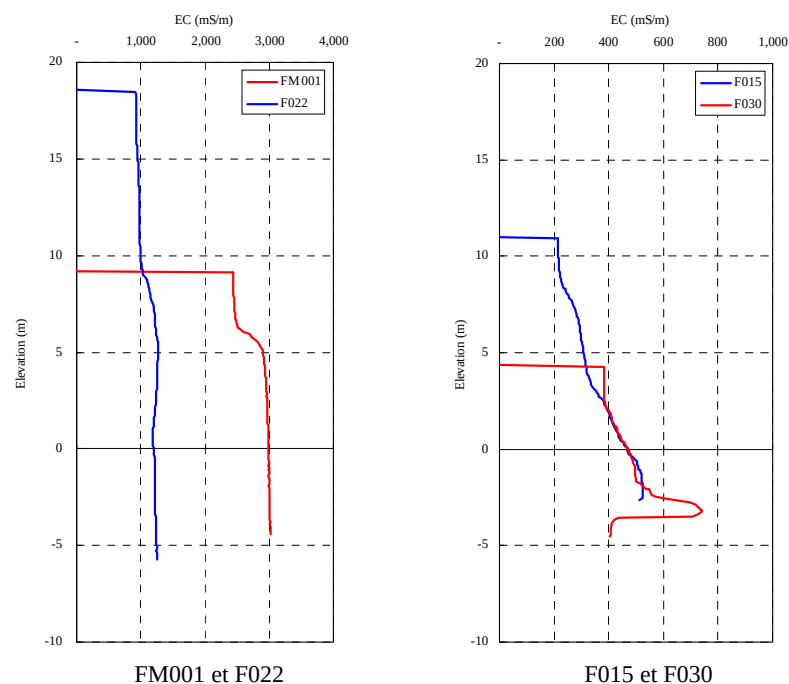


Figure 3.9.1-4 Comparaison des données des conductivités électriques mesurées

La figure 3.9.1-4, montre la comparaison entre FM001 et F022, il n'y a aucune continuité de qualité de l'eau entre ces puits et la conductivité électrique mesurée de FM001 est trois fois plus haute que les données de F022. Ce résultat indique la situation d'intrusion marine à l'emplacement du forage FM001.

La figure 3.9.1-4, montre la comparaison entre F015 et F030, il y a une continuité de la qualité de l'eau entre ces deux puits et il existe une couche de conductivité électrique inférieure à une altitude de 5 à 10m au sommet du forage F015.

Ce résultat indique que la conductivité électrique est presque de la même valeur au forage F015 jusqu'au forage F030 dans la partie plus profonde. Puis une couche de conductivité électrique inférieure se localise au-dessus de la partie plus profonde autour du forage F015. Cette couche de conductivité électrique inférieure peut être créée par l'infiltration directe d'eau douce à partir de la surface.

3.9.2 Séries chronologiques du suivi de la qualité de l'eau.

(1) Objectif

L'objectif de l'étude par série chronologique de la qualité de l'eau est d'observer variation saisonnière. Le suivi a été mené du mi mars, 2006 en utilisant le même matériel utilisé lors de l'étude de profilage verticale (MP TROLL 9000).

A travers l'étude, la conductivité électrique, la température a été mesurée avec la pression de l'eau qui a été utilisée pour estimer le niveau de l'eau.

(2) Points de suivi

Le tableau 3.9.2-1 montre la liste des points de suivi dans la zone d'étude. Comme à le tableau, 3 points sont sélectionnés pour cette étude. En dehors de 3 points, 2 points sont sélectionnés parmi les puits d'essais qui ont été exécutés lors de cette étude. Et 1 point est sélectionné parmi les puits existants dans la zone d'étude pour avoir de l'information sur les zones sans puits d'essais.

Table 3.9.2-1 Liste des points de suivi

No.	Puits No.	Commune	Profondeur (m)	NS (m)	notes
1	P009	Ambovombe	21	19,5	Puits d'essai
2	F015	Ambovombe	153	134	Forage d'essai
3	AES No.2	Ambovombe	22	20,3	Puits existant

(3) Résultats du profilage

Figure 3.9.2-1 montres les résultats du suivi de la qualité de l'eau des 3 points sélectionnés

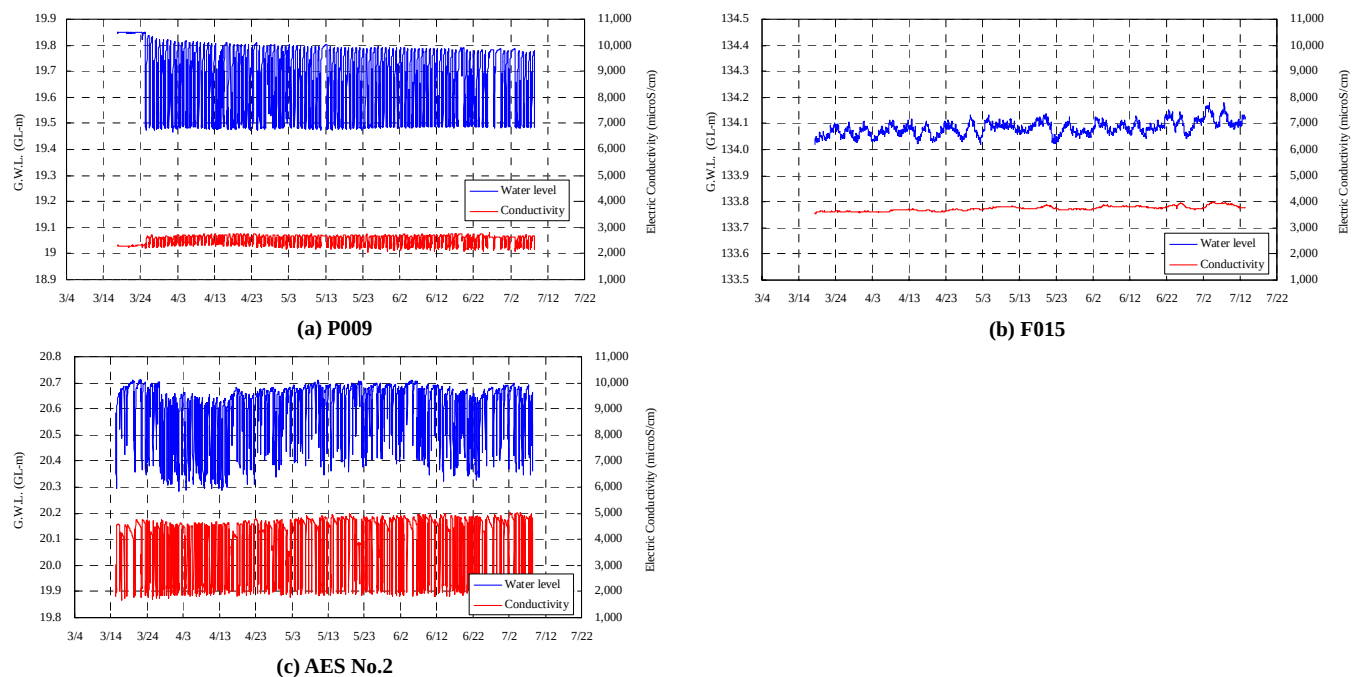


Figure 3.9.2-1 Résultats du suivi

Au puits P009 et AES No.2, la pompe est installée et il y a puisage d'eau journallement. Par conséquent il y a un changement remarquable du niveau de l'eau. En revanche, il n'y a aucune extraction d'eau au forage F015.

Il y a des rapports apparents entre la variation de niveau de l'eau et la conductivité électrique au puits P009 et AES No.2. Cependant il n'y a aucun rapport apparent entre niveau de l'eau et la conductivité électrique au forage F015.

(4) Discussion

La figure 3.9.2-2 montre les données développées, de 22 à 25 juin 2006, à partir des données de suivi des 3 points sélectionnés avec les résultats du profilage vertical.

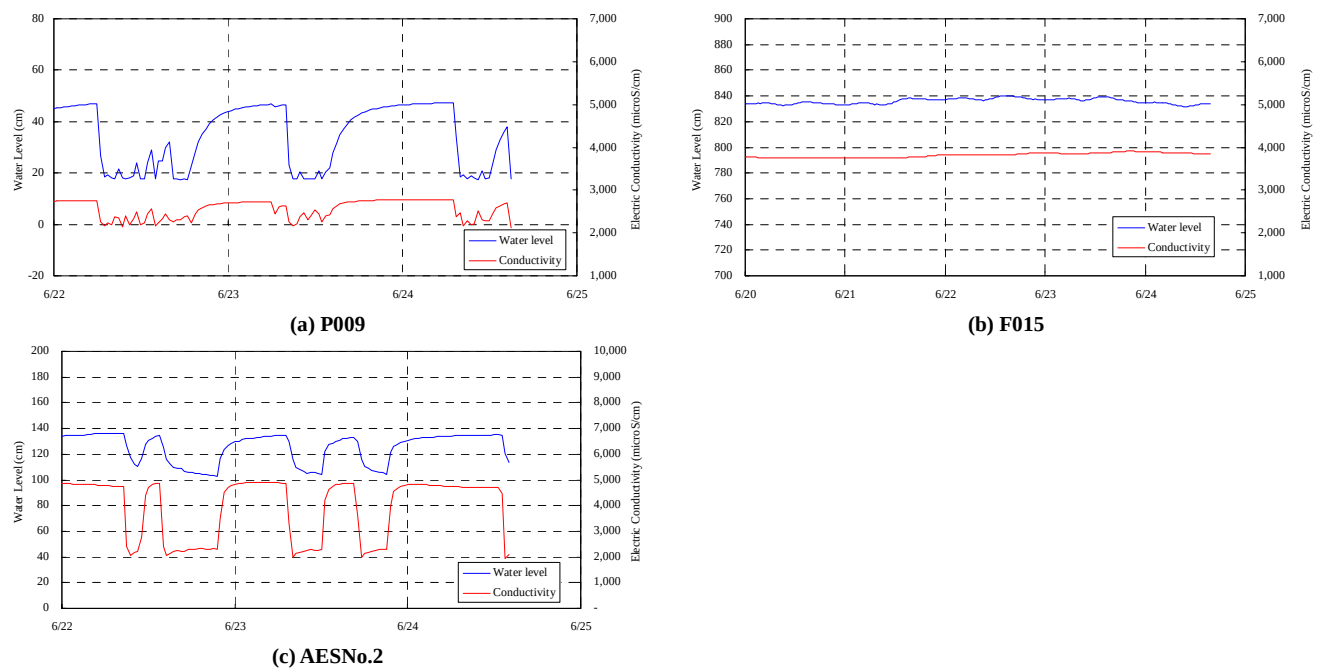


Figure 3.9.2-2 Résultats élargis du suivi

La figure 3.9.2-2, montre que le rapport entre niveau d'eau et la conductivité électrique est claire au puits P009 et AES No.2. Il existe une synchronisation de la variation entre niveau de l'eau et la conductivité électrique et que la valeur de la conductivité électrique descend quand le niveau de l'eau descend.

Ces données indiquent qu'il existe un afflux venant de la couche de conductivité électrique inférieure à la couche plus profonde durant le pompage.

CHAPITRE 4 Etudes et Analyses de la condition socio-économique

4.1 Aperçu de l'étude

Afin de comprendre les diverses situations de l'utilisation de l'eau dans le bassin de drainage d'Ambovombe et leur contexte socio-économique, une étude de ligne de base et une étude de la condition socio-économique ont été menées le mi-avril et à mi-mai 2005 par l'équipe d'étude JICA et une équipe de l'ONG sous-traitante locale. L'étude de ligne de base avait pour cible les personnes responsables des organisations de l'administration soit : 15 communes, 329 fokontanys et 1.349 villages situés dans la zone d'étude. L'étude de la condition socio-économique avait pour cible les membres de 359 ménages vivant dans 70 villages sélectionnés par l'équipe d'étude.

4.2 Analyse socio-économique de la zone d'étude

4.2.1 Situation économique

Deux différents niveaux tels que l'économie des ménages et l'économie des communes ont été étudiés et analysés afin de comprendre la situation économique actuelle de la zone d'étude.

(1) Economie des ménages

Les principales sources de subsistance de la zone d'étude sont la culture du manioc, du maïs, de la patate douce et du niébé (une sorte de haricot).

Tableau 4.2.1-1

Sources importantes de subsistance

No.	Source	Nombre de villages
1	Manioc	1,037
2	Maïs	992
3	Patate douce	991
4	Niébé (sorte de haricot)	732
5	Elevage	476
6	Dolique	437
7	Agriculture	277
8	Volailles	168
9	Lentilles	96
10	Arachides	86

Note: Réponses multiples.
'Elevage' inclut zébus, caprins et ovins.

Source: Etude de base (étude de village), équipe d'étude JICA, 2005

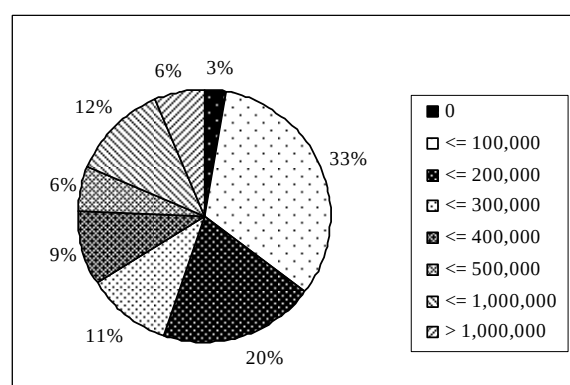


Figure 4.2.1- 1 Revenu annuel des ménages

Unité =Ariary, n=359

Le revenu des ménages dans la zone d'étude est un des plus bas niveaux de Madagascar. Le revenu moyen annuel des 359 ménages étudiés est de 549.348 Ar (l'équivalent environ de 30.519 Yen) , et la médiane et le mode des données sont 199.400 Ar et 200.000 Ar respectivement. Cela révèle qu'un ménage dans la zone d'étude gagne environ 200.000 Ar (11.111 Yen) comme revenu annuel. Si l'on calcule simplement, ce nombre correspond au 8ème de 900 USD, c'est à dire une parité de pouvoir d'achat estimative à la mi-2005 dans le « Livre des données mondiales 2006 (CIA) » .

D'un autre côté, un ménage dépense 17,5% de ses revenus pour l'eau en moyenne, suivi par la nourriture (non disponible en production personnelle, 12,2%), les soins médicaux (8,3%) et les coûts de transport (4,6%).

(2) Condition économique des communes

La commune a son propre budget de fonctionnement, tandis que le fokontany, l'organe administratif le moins élevé n'en dispose pas. Les revenus annuels de la commune consistent en ses fonds propres qui sont généralement générés par les impôts et subventions du gouvernement. Parmi les 11 communes dont les données étaient ouvertes, le plus haut revenu annuel en 2004 était de 74.679.155 Ar (4.148.842YEN) à d'Ambovombe Androy (bien que cette commune ne reçoive pas de subventions) et le plus bas était de 11.756.800 Ar (653.156YEN) à Beanantara.

Presque tout le montant des fonds propres et subventions est utilisé pour les dépenses ordinaires. Les subventions du gouvernement sont déboursées pour le paiement du salaire des fonctionnaires et pour le coût de la maintenance des installations communales, tandis que les subventions supplémentaires sont utilisées pour des besoins spécifiques. Aucun budget n'a été alloué pour gérer ou développer le système d'approvisionnement en eau pour la population locale dans toutes les communes. En plus, il semble avoir peu de capacité financière pour procéder elles-mêmes aux services d'approvisionnement en eau.

4.2.2 Activités des groupes et coopération

Les résidents de la zone d'étude connaissent les activités génératrices de revenu par groupe et pour l'amélioration des conditions de vie. Les groupes de résidents ont été constatés dans environ 30% des 329 fokontanys étudiés, mais presque 60% d'entre eux ont été identifiés dans les 3 dernières années (2003 à 2005), ce qui indique qu'ils n'ont qu'une courte période d'expérience.

Plus de la moitié du groupe a la génération de revenus à travers des activités de subsistance comme l'agriculture, la pêche ou l'élevage : Pour accomplir leurs fonctions, plus de 40% d'entre eux sont tributaires de la cotisation (contribution des membres) et moins de 10% d'entre eux sont tributaires de la vente de la production. Certains groupes reçoivent une donation du gouvernement ou des ONG qui interviennent sur le plan du développement local.

4.3 Situation actuelle de l'utilisation de l'eau dans la zone d'étude

4.3.1 Sources d'eau actuelles

(1) Sources d'eau potable

Dans environ 42% des villages étudiés les habitants boivent l'eau des puits et des vovos, et l'eau de rivière dans environ 23% des villages étudiés. Les habitants d'environ un sixième des villages étudiés boivent l'eau des impluviums pendant la saison sèche. Les marécages, mares et bassins sont des sources d'eau indispensables particulièrement pendant la saison des pluies. De plus dans quelques zones, les habitants achètent de l'eau auprès des vendeurs d'eau pendant la saison sèche. Figure 4.3.1- 1 montre la répartition des sources d'eau dans tous les villages étudiés.

(2) Répartition des installations d'eau

Les principales sources d'eau varient d'une commune à l'autre. Dans les communes des limites est et ouest de la zone d'étude, Beanantara et Antaritarika, l'eau de rivière est utilisée comme source principale d'eau, bien que les puits soient importants dans les autres communes. Dans les villages de la zone côtière (communes de Maroalomainty, Tsimananada, Ambazoa, Erada) et le long de la Route Nationale 10 (Ambovombe Androy, Ambanisarika, Ambonaivo), les impluvia sont une autre source d'eau importante. Les habitants achètent également l'eau auprès des vendeurs d'eau dans la zone côtière, particulièrement pendant la saison sèche. Pour les villages de Maroalomainty, c'est le bassin qui est le plus important avant l'impluvium (bien que les deux soient seulement utilisés pendant la saison des pluies). Dans les parties centrale et nord-ouest de la zone d'étude (communes d'Ambohimalaza, Analamary, Sihanamaro, Antanimora), on utilise les sources d'eau de surface comme les mares et les marécages. Certaines d'entre elles sont même utilisées pendant la saison sèche. Beaucoup plus d'habitants tirent l'eau des forages dans la commune d'Antanimora que dans les 14 autres communes.

La Figure 4.3.1-2 montre la répartition des sources principales d'eau de la zone d'étude basée sur les enquêtes de villages.

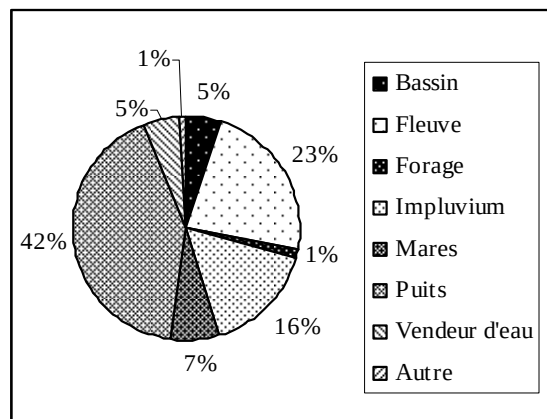


Figure 4.3.1- 1 Sources d'eau potable

Note: réponses multiples N=1028

Source: Etude de base (étude de village), équipe d'étude JICA 2005

4.3.2 Volume de consommation d'eau

Le résultat de l'étude des ménages indique qu'un ménage puise et consomme 114 litres d'eau en moyenne chaque jour pendant la saison sèche et 108 litres en moyenne pendant la saison des pluies. Plus précisément, la médiane de la consommation journalière est de 60 litres pendant la saison sèche et de 75 litres pendant la saison des pluies, alors que le mode de tous les ménages est de 60 litres pendant les deux saisons.

Si on considère la taille de la famille, la consommation moyenne d'eau par tête est de 20 litres pendant la saison sèche et de 21 litres pendant la saison des pluies. Si on applique de nouveau la médiane, une personne consomme 11 litres pendant la saison sèche et 14 litres pendant la saison des pluies, et le mode est de 15 litres pendant les deux saisons. Même si ces nombres résultent de sondages extraits d'un échantillon de ménages dans 70 villages, il faudrait considérer que l'unité actuelle de consommation d'eau se situe entre 11 et 14 litres par jour et par tête dans la zone d'étude. Le nombre de ménages classés par volume de consommation d'eau journalier dans les deux saisons.

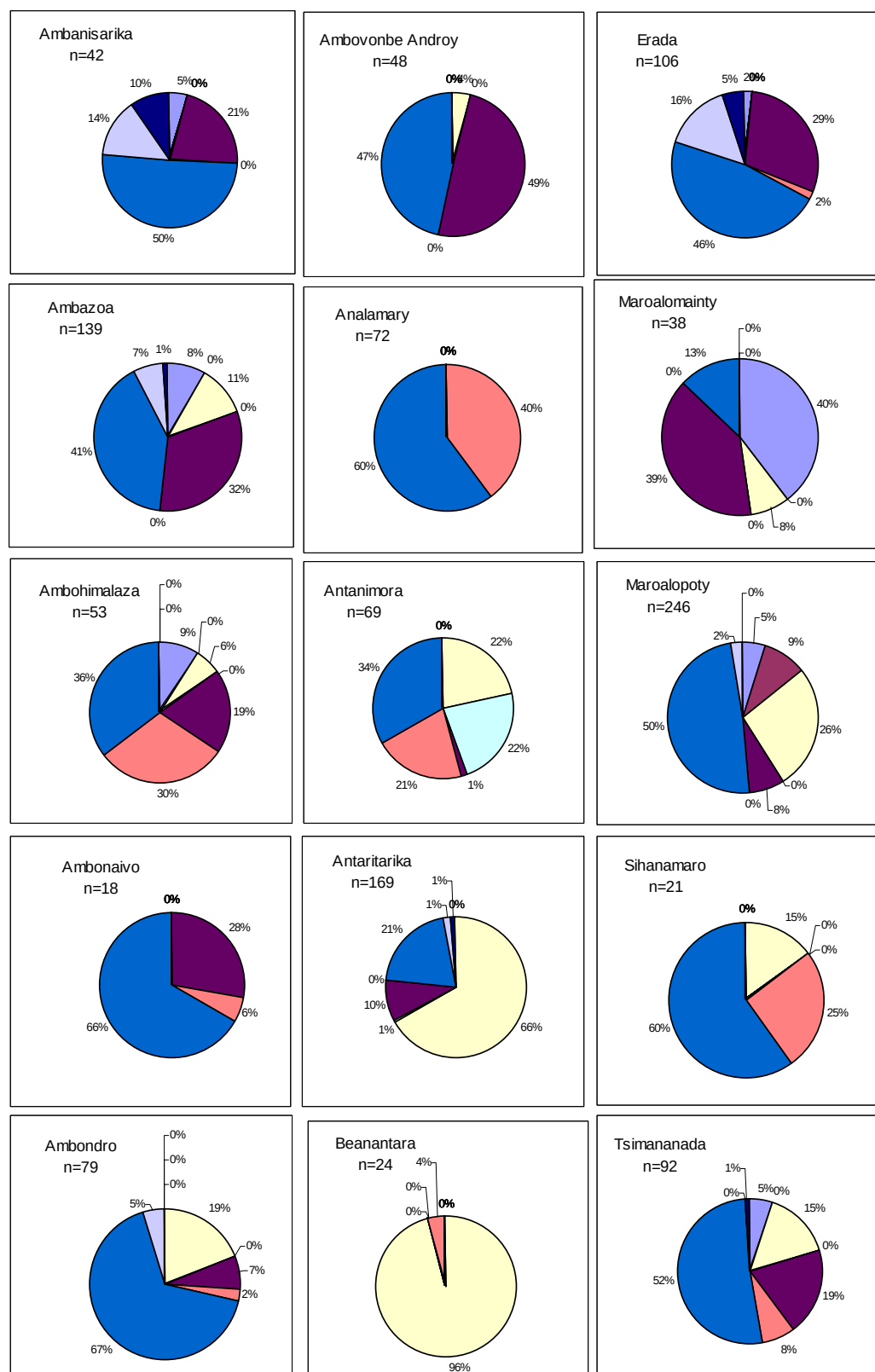


Figure 4.3.1- 2 Répartition des installations d'eau par commune

Note:réponses multiples

Source: Etude de la situation socio-économique (étude de village), équipe d'étude JICA 2005

Note : Les nombres sous le titre de chaque tableau sont les nombres de tous les villages enquêtés et le pourcentage montre le répartition de chaque source d'eau utilisée (réponses pluriels)

Légende	
Bassin	
Camion citerne	
Fleuve	
Forage	
Impluvium	
Mare/marécage	
Puits	
Vendeur d'eau	
Autre	

Tableau 4.3.2- 1 Consommation d'eau journalière par ménage

Unité: litre

Données	Par ménage		Par tête	
	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies
Max	3.800	1.350	422	375
Min	0	0	0	0
Moyenne	114	108	20	21
Médiane	60	75	11	14
Mode	60	60	15	15

Source: Etude de la situation socio-économique (étude des ménages), équipe d'étude JICA 2005

4.3.3 Tarif de l'eau

(1) Paiement et budget pour l'eau

Le résultat de l'enquête des ménages indique que 203 des 356 ménages interrogés (57 %) ne payent pas l'eau. Ils puisent l'eau des rivières gratuitement,, les mares et marécages, même si ces sources sont loin de leurs habitations. Cela influe sur les données statistiques du prix de l'eau; la médiane et le mode sont à zéro Ar même si le frais mensuel moyen sur l'eau est de 7.996 Ar.

De même que pour le budget mensuel pour l'eau, 176 ménages (49 %) ont répondu ne pas pouvoir payer un Ar pour l'eau. Les figures de la moyenne et du mode sont presque les mêmes que le paiement actuel : 7.959 Ar pour la moyenne et 0 Ar pour le mode. La seule différence est que la médiane est de 120 Ar. La répartition du frais de l'eau payé par les ménages interrogés ainsi que le budget pour l'eau avec des données statistiques sont indiqués au .

Tableau 4.3.3- 1 Paiement et budget pour le frais mensuel de l'eau

Ariary	Paiement		Budget		Données Statistiques	Paiement	Budget
	Nombre de ménages	%	Nombre de ménages	%			
20.000<	26	7,30%	34	9,50%	Max	180.000 Ar	250.000 Ar
10.000< <=20.000	42	11,80%	31	8,60%	Min	0 Ar	0 Ar
5000< <=10.000	28	7,90%	33	9,20%	Moyenne	7.996 Ar	7.959 Ar
2.500< <=5.000	22	6,20%	47	13,10%	Médiane	0 Ar	120 Ar
0< <=2.500	35	9,80%	38	10,60%	Mode	0 Ar	0 Ar
0	203	57,00%	176	49,00%			
Total	356	100,00%	359	100,00%			

Source: Etude de la situation socio-économique (étude des ménages), équipe d'étude JICA 2005

Les données montrent que l'intention de payer dépend fortement de l'actuel taux. C'est un point important pour l'activité de sensibilisation et d'éducation des gens et à la gestion des sources d'eau.

(2) Revenus et tarif de l'eau

Au début, on a supposé qu'il existait une forte corrélation entre le revenu, le taux actuel de l'eau et le budget pour l'eau au niveau des ménages. Cependant on ne trouve pas de corrélation entre le revenu et le frais de l'eau ainsi qu'entre le revenu et le budget. On ne trouve qu'une réelle corrélation entre le paiement et le budget: le coefficient de corrélation entre eux est de 0,282. Ce résultat signifie que le revenu n'est pas un facteur très important pour le paiement et le budget, mais on peut dire que le budget pour l'eau dépend du tarif actuel de l'eau, c'est-à-dire de la source d'eau actuelle (structure ou source naturelle). S'il n'existe pas d'autre possibilité, les personnes pauvres sont obligées d'acheter de l'eau chère même s'ils réduisent leurs dépenses pour d'autres besoins. S'il n'y a ni installations d'eau ni vendeurs d'eau, les personnes sont

obligées d'aller chercher de l'eau gratuitement à la rivière ou aux mares éloignées, même si cela prend beaucoup de temps.

4.3.4 Classification des sources d'eau par difficulté

Sources d'eau que les habitants de la zone d'étude utilisent quotidiennement ont été classifiés par prix d'eau, distance et qualité pour comprendre leur difficulté et la commodité de la condition à approvisionner.

(1) Prix unitaire

Prix d'eau qu'un ménage paie varie sur une grande étendue. Comme le Figure 4.3.4- 1 le montre, parmi 1.204 sources d'eau utilisées par les habitants vivants dans 815 villages, 37 % sont gratuites, alors que le prix unitaire d'eau de plus de 30% de sources est 100 Ar ou plus le seau de 13 litres.

Pour les habitants des communes d'Ambanisarika, Ambondro, Analamary, et Tsimananada, le prix unitaire pour plus de la moitié de sources est plus de 100 Ar par seau de 13 litres. Ils sont obligés d'acheter de l'eau de vendeurs ou au camion citerne de l'AES. D'un autre côté, en communes d'Antanimora, Antaritrika, Beanantara et Sihanamaro où habitants puisent plus de l'eau gratuite que payante, plus de la moitié des sources sont gratuites.

(2) Distance

Ce n'est pas très souvent que les habitants puisent de l'eau près de leurs maisons. Presque la moitié des sources d'eau qu'ils utilisent sont à 3 heures de marche ou en charrette ou même plus.

Comme Figure 4.3.4-2 montre qu'à peu près 29% des sources d'eau existantes, qu'elles soient fleuve ou puits, se trouvent loin de lieu d'habitation et il faut une journée pour y aller puiser de l'eau et de revenir, bien qu'à peu près 18 % des sources d'eau se trouvent à moins d'1 km du lieu de résidence. En ce qui concerne la distance entre lieu de résidence et source d'eau, 8 communes parmi les 15 ont plus de difficulté pour obtenir de l'eau par rapport aux autres 7 communes. Particulièrement, Analamary et Beanantara n'ont aucunes sources d'eau que se trouvent à 1 km depuis les lieux de résidence.

(3) Qualité d'eau

Les mots « qualité d'eau » employés ici ne signifient pas la qualité scientifiquement définie mais signifient le goût que sentent les habitants : cela ne signifient pas seulement l'eau boueuse mais aussi l'eau saumâtre. La population considère l'eau de 78% de sources où elle puise comme «bonne» alors qu'elle considère l'eau de 22% de sources comme «mauvaise» (Référez Figure 4.3.4-3). En comparaison

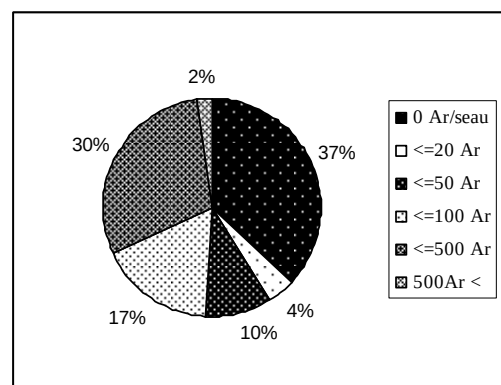


Figure 4.3.4- 1 Prix unitaire de sources d'eau utilisées dans la zone d'étude N=1204
Source: Equipe de l'étude JICA 2006

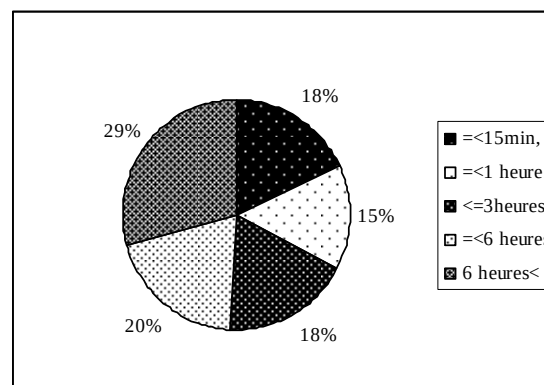


Figure 4.3.4- 2 Répartition de distance des source d'eau N=1193
Source: Equipe de l'étude JICA 2006

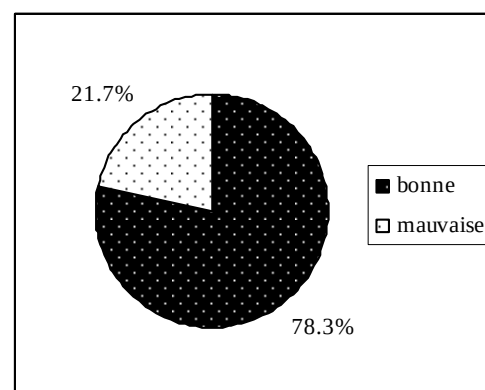


Figure 4.3.4- 3Qualité d'eau puisée dans la zone d'étude N=1193
Source: Equipe de l'étude JICA 2006

avec autres sources d'eau, l'eau de puits est considérée comme plus mauvaise que les autres y compris les marécages.

Si on considère la commune où vivent les gens enquêtés toutes les communes sauf Ambazoa et Tsimananada ont apprécié l'eau qu'elle boit.

(4) Classification de communes par difficulté d'obtenir de l'eau

1185 sources d'eau utilisées par les habitants de la zone d'étude dont la donnée a été collectée ont été classifiées suivant le prix et la distance pour comprendre la répartition géographique convenant et la difficulté d'usage de l'eau.

Le prix unitaire a été divisé en quatre classes : gratuit (0 Ar), 30 Ar ou moins, 50 Ar ou moins et plus de 50 Ar. La somme de 30 Ar par seau de 13 litres a été appliqué parce que c'est la somme moyenne que les habitants de 14 villages où les essais de forages ont eu lieu ont répondu abordable. Et 50 Ar par seau a été employé ici parce c'est la moitié du prix unitaire que l'AES applique actuellement pour son service. La distance a été divisé en trois classes : 15 minutes et moins, 1 heure et moins et plus d'une heure. 15 minutes est approximativement équivalentes à un kilomètre, qui suggère la condition où la source d'eau se trouve dans un village ou dans le même Fokotany. Une heure est un temps considéré comme le temps maximum pour puiser de l'eau en tant que le travail d'une journée.

Basée sur cette classification, la source d'eau le plus pratique est « 30 Ar ou moins et 15 minutes ou moins », et la plus difficile est « plus de 50 Ar et plus d'une heure ».

Comme le tableau 4.3.4-1 le montre, il existe 89 sources d'eau, soit 7,5% de toute les sources classifiées, qui sont considérées comme les plus convenables, et il existe 488 sources d'eau, soit 41% de toute les sources classifiées, qui sont considérées comme les plus difficiles. Si le facteur qualité est y ajouté, le nombre de sources les plus pratiques diminue à 80 et celui de sources les plus difficiles aussi diminue à 356.

Le pourcentage de la catégorie la plus difficile est plus de 50% dans les communes qui se trouvent sur la dune côtière et les dunes à l'intérieurs; Maroalomainty, Maroalopoty spécialement à Maroalomainty et à Maroalopoty, où aucune source d'eau n'est classifiée comme convenable. Le pourcentage des catégories convenables est relativement élevé dans les communes d'Erada et d'Ambanisarika: la condition d'approvisionnement en eau d'Ambanisarika est divisée en condition pratique et condition difficile. Le pourcentage de praticabilité est aussi élevé dans les communes d'Antanimora et d'Ambovombe Androy.

Il est nécessaire de mentionner que des habitants d'un village puisent souvent de l'eau de différentes sources selon la saison, la condition financière ainsi que d'autres raisons. Pourtant cela indique qu'il n'existe aucune source stable et assurée dans la zone d'étude.

Tableau 4.3.4- 1 Classification de sources d'eau par distance et prix unitaire

Distance	Prix unitaire				Total
	0 Ar	<=30 Ar	<=50 Ar	50 Ar<	
<=15min (bonne qualité)	46 (37)	43 (43)	52 (51)	67 (65)	208 (198)
<=1heure	100	5	33	35	173
1heure< (bonne qualité)	286 (210)	4 (3)	26 (22)	488 (356)	804 (591)
Total	432	52	111	590	1.185

Source: Equipe de l'étude JICA 2006

Note : La boîte à haut-gauche est la condition la plus commode et la boîte en bas et gauche est la condition le plus difficile.

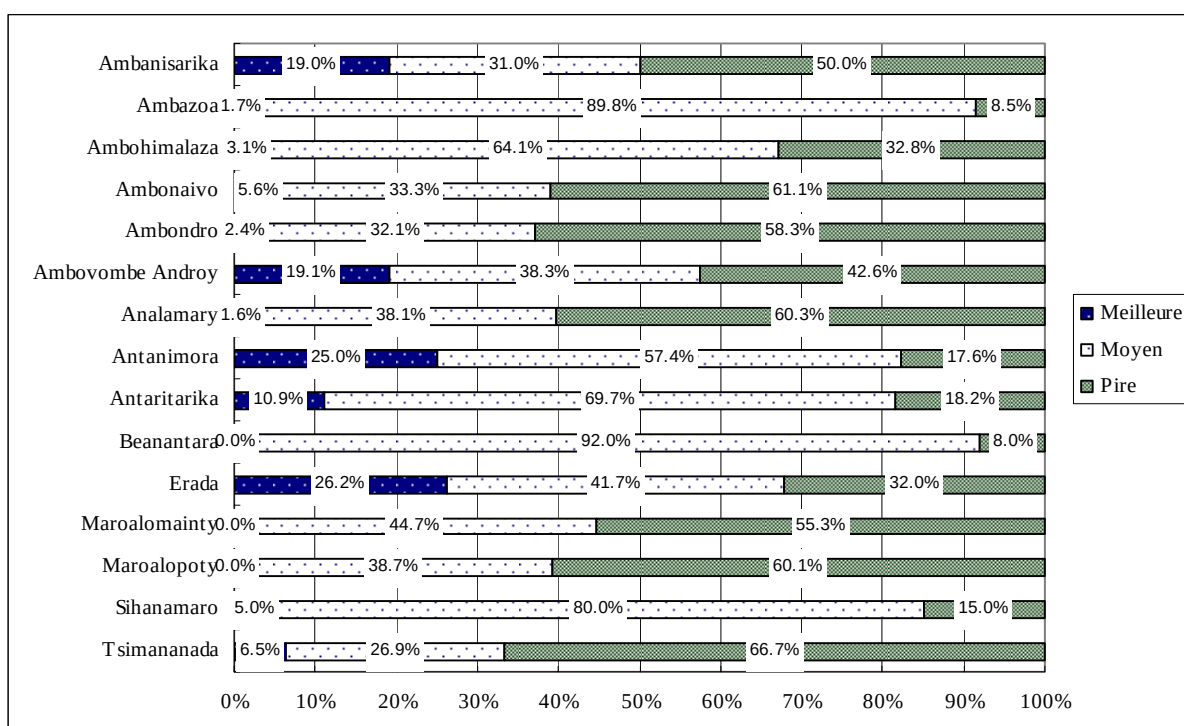


Figure 4.3.4-4 Classification des sources par commune

N=1185 Source: Equipe de l'étude JICA 2006

4.3.5 Les problématiques hommes-femmes dans la zone de l'étude

Selon le code civil de Madagascar, homme et femmes ont le droit et l'obligation de même niveau. Cependant, les habitants continuent à suivre la coutume traditionnelle qui donne la priorité à hommes à un certain degré ; cette tendance est plus forte à Antandroy qu'à autres groupes ethniques de Madagascar. Lors de succession, l'on admet à femmes le droit de succession à 1.026 villages de tous les 1.349 villages enquêtés ; mais c'est fils de défunt qui ont la priorité de succession avant les femmes et filles (notamment filles mariées) de défunt. A réunions de villageois, femmes généralement s'asseyent au fond de salle de réunion et ont peu d'occasion de parler leurs opinions, tandis qu'elles participent à décision concernant des affaires domestiques au niveau de ménage.

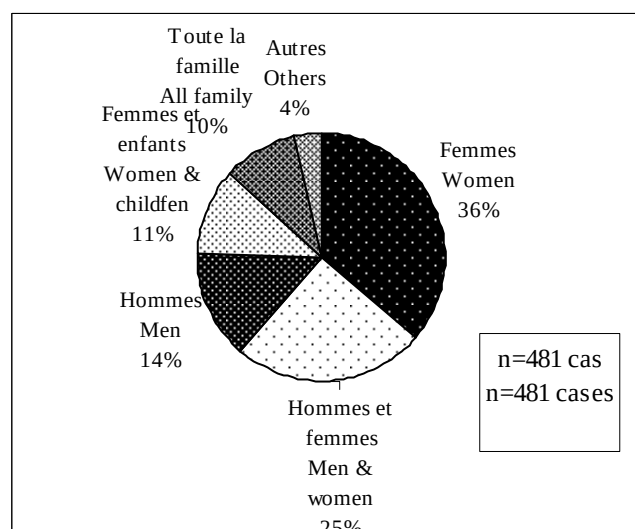


Figure 4.3.5-1 Personne s'occupant de puisage de l'eau

Source: Enquête de la condition socio-économique

Equipe de l'étude JICA, 2006

A propos de puisage d'eau, femmes sont premières actrices, mais hommes s'en chargent aussi. Résultat de l'enquête de ménage montre que l'homme est chargé de puisage dans peu près la moitié de 481 cas de puisage fait par 285 ménages enquêtés et l'homme est en seulement chargé dans 14 % cas, alors que la femme est chargée dans plus de 80 %. Dans peu près un quart des cas, enfant est chargé aussi (cf . figure 4.3.5-1).

Moyens de transport de l'eau jusqu'à maison sont différents entre hommes et femmes ; hommes utilisent

charrette plus fréquemment que femmes. Plus de trois quarts de femmes vivant dans les ménages enquêtés vont à points d'eau à pied, alors que presque les deux tiers d'hommes y vont en charrette. Si hommes et femmes vont à puiser l'eau ensemble, presque moitié de couples utilisent charrette. Cela indique que hommes vont à points d'eau plus loin qu'où vont femmes, comme rivières ou puits d'Ambovombé ou Albondro. Cependant, cela n'indique pas que femmes puisent de l'eau près de leurs maisons (cf. Figure 4.3.5-2).

Si on considère ces faits, il est supposé que les plans proposés par cette étude exerceront tous les deux influences, positive et négative, sur la problématique de l'égalité homme-femme.

Tous les plans proposés ont l'intention de faire réduire le temps de puisage d'eau. Comme mentionné ci-dessus, beaucoup d'hommes vont à places éloignées pour trouver l'eau en charrette. S'ils la trouvent près de leurs maisons (0,6 à 0,89 km de maison comme le cas de Bemamba Antsatra=F006), il sera travail de femme de puiser et transporter l'eau. En bref, il est supposé que plus femmes qu'à présent seront chargées de puisage d'eau s'il y a des points d'eau plus proches qu'au présent.

L'autre côté, si femmes trouvent des points d'eau plus proches qu'à présent, cela les apportera l'occasion de former des groupes féminins pour gérer l'eau et, si la quantité de l'eau admet, pour commencer l'activité génératrice de revenu en utilisant l'eau. Récemment, il est observé que les femmes parlent plus souvent et plus fortement qu'avant dans les villages où des groupes féminins ont été établis et ces-derniers sont animés par le soutien des ONG ou bailleurs de fonds. C'est pourquoi les effets semblables seront expérés, si les installations et CPE sont établis comme les plans proposent. A Bemamba Antsatra, un des cinq sites du projet pilote, une femme a pris l'initiative de commencer la culture de légumes autour la nouvelle borne fontaine just après la construction, qui est suit par les autres villageois. On peut dire que cela est un exemple de bon effet du projet pilote.

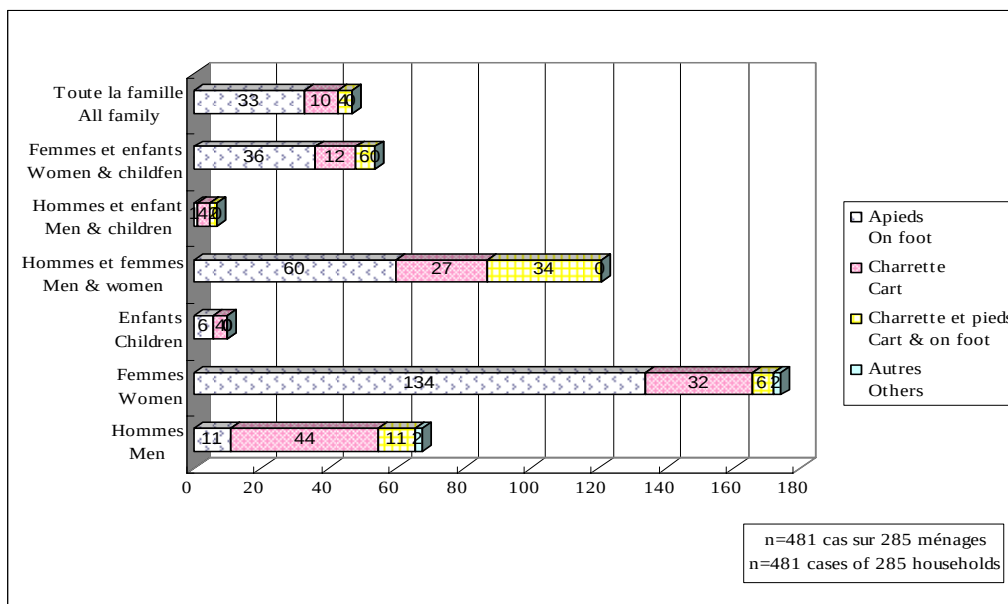


Figure 4.3.5-2 Personne s'occupant de puisage de l'eau et moyens de transport de l'eau

Source: Enquête de la condition socio-économique, Equipe de l'étude JICA, 2006

4.4 Méthode actuelle d'assurance de l'eau

4.4.1 Utilisation de la pluie

(1) Objectif de base de l'étude

- Le degré de dégradation de la qualité de l'eau dans les systèmes de collecte d'eaux de pluie et son effet sur les utilisateurs
- L'utilisation d'additifs chimiques pour stériliser l'eau
- Utilisation des gains
- Nombre requis d'impluviums par Fokotany
- Durée de vie des petits conteneurs d'eau
- Réparation des réservoirs en béton
- Durée d'utilisation
- Etat du système de collecte d'eau privé

(2) Résultats, observations

1) Dégradation de la qualité de l'eau

L'eau dans le système de collecte des eaux de pluie est prévue pour être utilisée dans les 2 mois suivant l'arrêt de l'approvisionnement. Les villageois ne pensent pas que l'eau conserve sa qualité dans le système de collecte des eaux de pluie.

2) Additifs chimiques

SurEau est ordinairement vendu comme additif chimique à Madagascar. On en trouve dans les pharmacies et même dans les petites boutiques dans la zone d'étude. Cependant les utilisateurs sont limités à la ville d'Ambovombe. Les habitants des villages n'utilisent pas le produit, bien qu'ils le connaissent.

3) Utilisation des profits

L'eau est payante et le montant des ventes est conservé, mais les villageois ne répondent pas clairement sur le montant d'argent collecté.

4) Nombre requis d'impluviums par Fokotany

Les impluvia existants ne sont pas situés dans chaque Fokotany, mais tous les 3 Fokotany environ. D'après l'estimation de la Commune, deux impluviums satisfont la consommation.

5) Longévité des petits conteneurs d'eau de 160 L – 200 L

La longévité des conteneurs d'eau de type baril n'est pas courte, parce qu'elle ne peut pas être identifiée. En HDPE, ils ont à l'origine été utilisés comme conteneur pour l'huile moteur ou le glycol. Ils viennent de Dubaï, d'Afrique du Sud etc. D'occasion, ils sont vendus à 50.000 Ar dans la zone d'étude.

6) Capacité de réparation des réservoirs

Les villageois ont plusieurs expériences quant à la réparation des réservoirs en utilisant les ressources de la Commune. La méthode employée est le colmatage des fissures avec du ciment. Mais beaucoup de réservoirs qui ont une fois eu des fissures, ont à nouveau eu des fuites au cours des années suivantes.

7) Durée d'utilisation

L'eau dans les impluvia commence à être utilisée dès que les autres sources sont à sec, et est consommée en 1 ou 2 mois. Le réservoir est pratiquement rempli si un cyclone passe. Si le réservoir est rempli, une limitation d'utilisation est appliquée, et l'eau est consommée jusqu'à la moitié du réservoir en général.

8) Etat du système de collecte d'eau privé

Les maisons pourvues d'un toit en tôle, adapté à la collecte de l'eau, ne sont pas nombreuses au niveau des villages. Beaucoup de ces maisons ne sont pas équipées d'un système de collecte d'eau.

(3) Autres questions

1) Béton

Les réservoirs sont complètement à sec un certain mois chaque année. Cette situation provoque facilement la dégradation du béton et réduit sa longévité, même si le bétonnage a été parfait. Pour cette raison, les impluvia construits par la JICA ont aussi des fuites sur certains sites.

Une autre raison est la germination d'herbe qui perce les fissures du béton et endommage complètement le réservoir.

2) Autre conception d'impluvium

L'Objectif Sud a reconnu la nécessité de réparations fréquentes dans les 5 ans. Pour cela, ils ont prévu de réparer avec les ressources des villages et ont formé les villageois dans leur programme. Les profits de la vente d'eau sont prévus pour la réparation seulement et son utilisation est interdite pour un autre emploi.

La raison de la courte longévité prévue est comme suit. Il n'y a pas d'armature dans la paroi latérale du réservoir, qui est construit en blocs de grès calcaire. Une fois qu'une tension est appliquée une fissure se forme, des fissures s'étendent facilement. Objectif Sud a testé un modèle de réservoir circulaire pour améliorer la durabilité au lieu du modèle rectangulaire..

4.4.2 Vendeurs d'eau

(1) Objectif de l'étude

- Systématisation des vendeurs d'eau à charrette à zébu
- Zone de couverture des charrettes à zébu
- Stabilisation du tarif de l'eau
- Système de permis pour la réglementation

(2) Résultats, observations sur le thème

1) Systématisation des vendeurs d'eau à charrette à zébu

Il n'est pas facile de systématiser les charrettes à zébu pour fournir de l'eau efficacement.

- Le zébu ne peut pas travailler tous les jours parce que le transport de l'eau demande beaucoup d'énergie. Il doit prendre un ou deux jours de repos. Le propriétaire justifie son état.
- Les gens ne veulent pas faire travailler leur zébu le plus durement possible, parce que le travail excessif le tuerait.
- L'état des routes est dur pour les zébus. Le sable, les pentes raides, beaucoup de montées et descentes.

2) Le potentiel d'établissement d'un système de transport de l'eau sans intervention si assez pour son propre approvisionnement.

- Actuellement, la quantité d'eau fournie à Ambovombe n'est pas suffisante. Les gens doivent attendre le rétablissement de l'eau et se rendre à plusieurs sources d'eau. Pour ces personnes, leur avantage est d'augmenter la quantité d'eau et de stabiliser le prix.
- La distance à parcourir par une charrette est limitée par la capacité du zébu. Il est rare qu'ils aillent chercher de l'eau à plus de 20 km. Les gens veulent aussi réduire la distance jusqu'aux sources d'eau en considérant le zébu. Les gens qui habitent dans une zone à 20 km d'Ambovombe, par exemple, la zone limite dans endroit où il y a d'autres sources en eau, n'en profitera pas même si une nouvelle source d'eau est développée à Ambovombe.
- Les vendeurs d'eau sont très actifs quand le tarif de l'eau grimpe à plus de 300 Ar/seau. Le tarif semble varier selon l'activité. Mais comme la diminution du tarif de l'eau est un des objectifs dans la zone

d'étude, nos intérêts et ceux des vendeurs d'eau divergent.

3) Stabilisation du tarif à un niveau bas

- La stabilisation du tarif doit être atteinte en fournissant suffisamment d'eau. C'est un avantage pour les personnes qui viennent à Ambovombe pour obtenir de l'eau elles-mêmes. Si le tarif au village est stabilisé à un niveau bas, les vendeurs d'eau n'auront pas d'intérêt à aller au village.

4) Introduction du permis

- Il y a un système de permis dans la ville d' Ambovombe pour obtenir un revenu pour la commune, parce que la vente d'eau est active puisqu'elle constitue un travail permanent. D'autres communes n'ont pas de système de licence, parce qu'ils craignent que les vendeurs d'eau augmentent le tarif.
- Une personne relativement riche dans un village ira acheter autant d'eau qu'il veut à Ambovombe, puis vendra le surplus de leur consommation à une personne qui n'a pas le moyen de transport. Parfois, ils prennent leur conteneur pour puiser de l'eau gratuitement. Le système actuel dans les villages n'est pas basé sur le commerce, mais sur l'aide aux pauvres. Le système de permis ne convient donc pas aux villages.
- La commune n'a pas de ressources, par exemple budget et personnel.

(3) Autres informations de soutien

1) Mise en place des vendeurs d'eau

- La majorité des vendeurs d'eau appartiennent à leur propre village, sauf près des sources d'eau. Ils vendent le surplus de leur consommation aux autres. Par exemple, ils consomment un demi baril et vendent l'autre moitié.
- Les vendeurs d'eau de l'extérieur du village sont actifs quand le tarif de l'eau augmente, en particulier 500 Ar/seau après septembre.
- La distance est le motif de sélection des sources d'eau où aller, mais la relation traditionnelle dans la zone affecte aussi cette sélection, par exemple le groupe administratif.

2) Style de consommation d'eau

- La quantité d'eau est limitée par les dépenses spécifiques. Les villageois achètent 2 seaux d'eau par foyer et par jour en général, mais diminuent le nombre de seaux à un quand le tarif augmente
- Le style de consommation diffère entre la ville d'Ambovombe et les villages. La périphérie de la ville d'Ambovombe est classée comme zone de consommation de style villageois. Même les propriétaires de vovo ne prennent pas de bain et ne lavent pas leurs vêtements comme les villageois.
- Les villageois n'utilisent pas tant d'eau pour la lessive et le bain. Bien que la fréquence varie par commune et par personne, ils lavent leurs vêtements tous les 3 ou 4 mois environ. Les sources d'eau proches de la côte sont acceptables pour le bain, mais pas pour la lessive pour certaines personnes, parce que l'eau salée dégrade et endommage les vêtements.
- Il arrive que les vendeurs d'eau viennent vendre de l'eau seulement le jour du marché. Ils préfèrent une situation où ils peuvent vendre efficacement. Cela indique une demande en eau plus faible et ordinaire dans les villages.
- Les gens ne donnent pas l'eau qu'ils ont achetée aux zébus. Ils vont chercher des cactus ou les emmènent à une source d'eau gratuite. Les besoins des animaux doivent être exclus de la définition de la quantité d'eau consommée dans le plan d'approvisionnement en eau.

CHAPITRE 5 INSTITUTION ET ORGANISATION EXISTANTE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU

5.1 Organisation de l'AES et JIRAMA dans la Région du Sud

Le siège de l'AES se trouve dans la capitale, Antananarivo, avec le PDG et les dix-huit (18) responsables centraux. En même temps, l'AES a un bureau régional à Ambovombe, centre de la Région Sud d'approvisionnement en eau de l'AES, et un directeur technique dirige le bureau d'exploitation/maintenance avec 120 employés en 2005 et 114 en 2006. L'AES a aussi un bureau local dans la ville de Beloha, et un bureau de liaison dans la ville de Tsihombe dans la zone d'approvisionnement en eau du système de canalisation Beloha Tsihombe, mis en place au moment du projet d'approvisionnement en eau avec l'assistance du gouvernement Japonais en 1995-1997. Par ailleurs, un responsable est affecté à chaque base d'approvisionnement en eau pour vendre de l'eau du réservoir le long de la canalisation. Cette situation critique perdure jusqu'en 2006. Toutefois, l'eau potable n'atteint pas suffisamment les villages à cause de la carence en effectif des camions desservant l'eau et de la cherté des coûts d'un seau d'eau de 13 litres à 100 Ar (5.6Yen). Il est estimé que le prix d'eau fixé par l'AES est de 16,5 fois plus cher que le tarif établi par la JIRAMA, à savoir 6.600Ar/m³ (370Yen/m³) pour l'AES contre 400Ar/m³ (22Yen/m³) pour la JIRAMA en 2005

Basé sur les études des consultants de la banque mondiale et de l'AES lui-même, la proposition d'amélioration de l'AES a été discutée maintes fois avec MEM ainsi que les agences concernées à partir de septembre 2005. L'important colloque organisé par MEM pour la viabilité de l'approvisionnement en eau potable dans le sud a été tenu le 24 et 25 mars, 2006 à Ambovombe ville pour discuter les solutions multiples. Il est possible d'améliorer les situations actuelles d'AES, techniquement et financièrement, mais il est impossible sans investissement et/ou amélioration et innovation techniques de la gestion du système existant dû au revenu principal de la vente d'eau de l'AES. C'est seulement 36.000 m³/an et/ou environ 100 m³/jour en 2005.

5.1.1 Situation de l'AES

(1) Situation de l'AES

L'AES agit en tant qu'agence principale pour le projet d'approvisionnement en eau avec le Japon et d'autres bailleurs dans la région du sud de Madagascar pendant plus de 25 ans. Les équipements principaux d'approvisionnement en eau appartiennent à l'AES comme suit :

- 1) Les camions citernes de distribution d'eau à Ambovombe
- 2) Le Pipeline de 140km de Beloha jusqu'à la ville de Tsihombe
- 3) Approvisionnement en eau souterraine avec un système de pompage solaire dans les cinq centres d'AEP et dans les communes et approvisionnement en eau souterraine avec des pompes manuelles financées par la Banque Mondiale et l'UNICEF

Les équipements d'approvisionnement en eau appartenant à AES fonctionnent à vitesse réduite dus au nombre limité des camions citernes et l'augmentation du prix du carburant. Deux camions citernes sont opérationnels à Ambovombe et un à Beloha. Les installations de traitement d'eaux souterraines d'Amboasary fonctionnent lentement et un autre a une production de 38m³/jour dans la ville d'Ambovombe. Par conséquent, les deux camions citernes fournissent de l'eau dans la ville d'Ambovombe.

Le pipeline de Beloha travaille à peine à partir de février 2006 dû au coût élevé du carburant. La majeure partie du personnel d'AES est en suspension dans cette zone.

(2) Organisation de l'AES

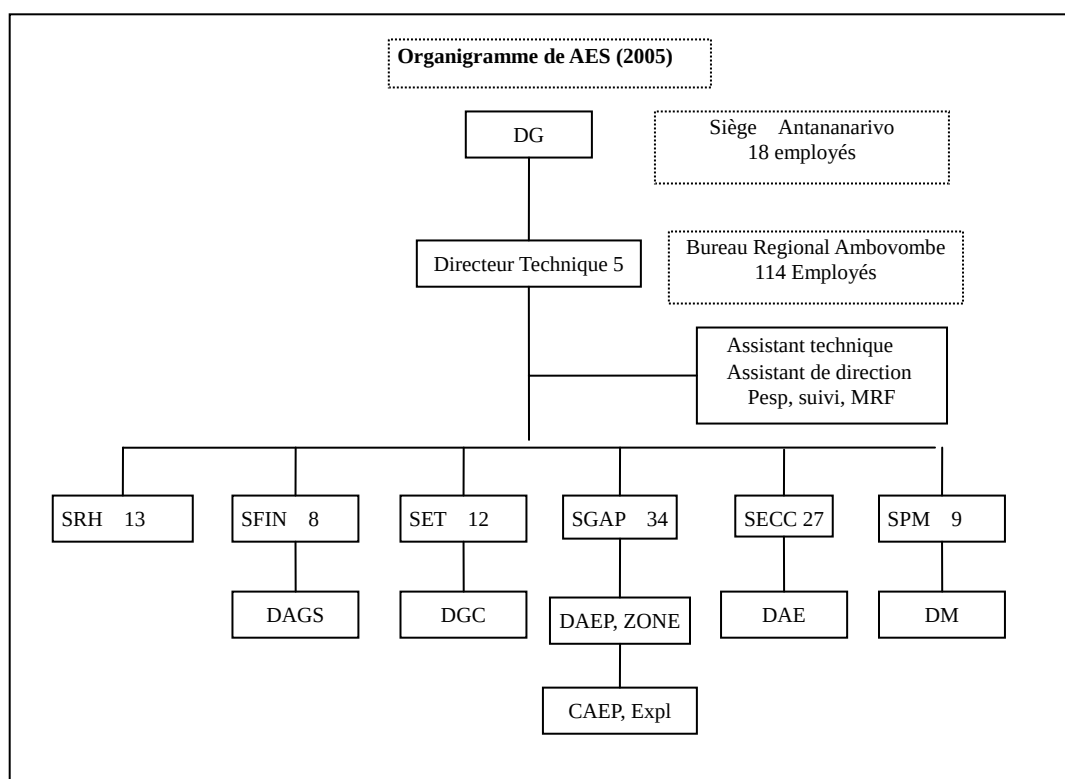


Figure 5.1.1 -1 Organigramme de l'AES (2005)

(3) Aspect financier de l'AES

Les dépenses les plus courantes de l'AES comprennent le coût d'exploitation des camions citernes du système d'Ambovombe et du coût d'exploitation des canalisations Tsihombe et Beloha, comme le montrent les Tableaux 5.1.1-1 et 5.1.1-2. Les dépenses totales ont été d'environ 251.329.333 Ar (14million Yen) en 2004. D'autre part, le revenu des frais d'eau est de 106.682.323 Ar (6million Yen), ainsi le déficit courant était de 144.647.009 Ar (8million Yen) en 2004.

L'AES dépend d'une subvention environ 320 millions d'Ar (18million Yen) du budget national, ce qui correspond à environ 63% de ses dépenses courantes en 2000 et 2001. Le Tableau 5.1.3-1 montre les dépenses courantes totales récentes de l'AES. Le déficit courant est encore élevé, de 24,1%, mais s'est un peu amélioré avec l'annulation de subvention. Le Tableau 5.1.1-2. indique que la gestion de l'approvisionnement en eau de type centre AEP est équilibrée.

Tableau 5.1.1 -1 Situation financière de l'AES de 1999 à 2005 (en Ariary)

Année	Prix de l'eau	Coût d'opération	Bilan (1999-2004)	Subvention de l'Etat
1999	107.601.955	372.327.788	236.535.100	(63,5%) Subvention
2000	190.421.539	495.501.068	312.719.400	(63,1%) Subvention
2001	184.558.000	496.677.400	312.119.400	(62,8%) Subvention
2004	106.682.323	251.329.333	-144.647.010	- (57,6%)
2005	57.212.675	58.626.171	-1.413.495	- (24,1%)

Data: AES, rapport d'activité annuel, Février 2006

Tableau 5.1.1 -2 Décomposition de la situation financière de l'AES en 2004,2005 (en Ariary)

system	Year	Initial balance	Coût d'opération	Prix de l'eau	Bilan	
Ambovombe System	2004		122.522.200	39.325.070	-83.197.130	(Ar)
			48,75%	36,86%	57,52%	
	2005	5.976.128	272.051.595	277.874.582	153.141	(Ar)
5AEP Centres	2004		39.365.889	39.906.952	541.064	(Ar)
			15,66%	37,41%	-0,37%	
	2005	445.789	445.789	891.578	1.783.156	(Ar)
Pipeline System	2004		89.441.244	27.450.301	-61.990.943	(Ar)
			35,59%	25,73%	42,86%	
	2005	1.194.598	13.565.993	14.364.696	395.895	(Ar)
Total	2004		251.329.333	106.682.323	-144.647.010	(Ar)
			100%	100%	100%	
	2005	7.616.515	286.063.377	293.130.856	2.332.192	(Ar)

Les dépenses courantes de l'AES sont le coût d'exploitation des camions citernes à Ambovombe et à Tsihombe et le système de canalisation. Le bilan actuel se trouve dans le tableau Table 5.1.1-3:

Tableau 5.1.1 -3 Prix de revient unitaire de production d'Ambovombe et le système de canalisation en 2005

Articles	Quantité d'approvisionnement En eau (m ³ /year)	Dépenses (Ar)	Revenu (Ars)	Prix de revient unitaire en Approvisionnement (Ar/ seau)	Remarques
	A	B	C	B/A	
Total AES	36.116 (98,9m³/jour)	293.130.856	286.063.377	105	Subvention incluse (environ 1/2 des dépenses totales)
Décomposition	Quantité d'approvisionnement En eau	Dépenses de Production	Prix de l'eau	Prix de revient unitaire de Production	le montant alloué au personnel est exclu
Système d'Ambovombe	7.266 (19,9m ³ /jour)	34.974.200	-	63	Inclure 6.612m ³ /an : Deliver par les camions citernes
Tsihombe-Beloha System de canalisation	2.465(6,8m ³ /jour)	37.116.021	14.061.738	196	
Sous Total	9.731(26,7m ³ /jour)	72.090.221	-	96	
* Au-dessus de deux systèmes au centre d'approvisionnement				*(100)	
Les 5 AEP/AES	26.385(72,3m ³ /jour)	63.300.592	54.489.605	32	

5.1.2 Situation de la JIRAMA d'Amboasary et d'Ambovombe

La JIRAMA gère indépendamment l'approvisionnement en eau potable et en électricité à la villes régionales d'Amboasary La JIRAMA à Amboasary gère bien l'approvisionnement en eau potable en pompant l'eau souterraine située au long de la rivière Mandrare. Par contre, l'approvisionnement en électricité est actuellement déficitaire à cause du coût du carburant. La JIRAMA s'occupe simultanément des frais d'électricité et d'eau qui est traités par ordinateur au siège d'Antananarivo. Le paiement des factures d'eau et d'électricité est exigé le mois suivant sur la base des derniers indices des compteurs. En cas de non paiement, un délai d'avertissement de 8 jours est accordé. Si aucun paiement n'est effectué dans les 8 jours, l'approvisionnement sera suspendu dans la semaine.

(1) Situation a Amboasary

L'eau souterraine sert de source pour l'approvisionnement en eau. Le forage a une profondeur de 14,5 m et

la qualité de l'eau est bonne. Le tarif d'eau a deux niveaux 195 Ar (11Yen) pour les premiers 10 m³/mois et 440 Ar/mois (25Yen/mois) pour plus de 10m³. La JIRAMA a installé dix-huit (18) bornes fontaines, mais neuf (9) ont été abandonnées à cause des raccordements de particuliers. D'autre part, les neuf (9) restantes ont été transférées à des vendeurs d'eau privés qui vendent l'eau à 20 Ar (1.1Yen) les 10 litres.

Tableau 5.1.2 -1 Condition financière de la JIRAMA à Amboasary (2004)

Année		Revenu (Ar)	Dépenses (Ar)	Bilan (Ar)
2004	Eau	16.130.400	16.000.000	130.400
	Électricité	79.075.600	126.897.200	-47.821.600

Tableau 5.1.2 -2 Aperçu de la JIRAMA à Amboasary en 2005

JIRAMA à Amboasary (approvisionnement en eau et électricité)	
1. Approvisionnement en eau: adduction privée 193	
2. Volume d'eau fourni: Production: 83.897 m ³ /an (230 m ³ /jour)	
• Eau facturée: 57.732 m ³ /an (68,8%)	
• Eau non facturée: 13%	
3. Qualité de l'eau: CE: 104 mS/m, pH: 7.99, turbidité: 0,54, Cl: 156 mg/l	
4. Tarif de l'eau (moyenne: 309 Ar/ m ³)	
0-10 m ³ /mois : 195 Ar (11Yen) (constant)	
10+ m ³ /mois : 441 Ar (25Yen) (constant)	
5. Électricité	
0-20 kWh/mois 115 Ar (6.4Yen) (constant)	
20+ kWh/mois 395 Ar (22Yen) (constant)	

La JIRAMA compte seulement 12 employés à Amboasary. L'organigramme de la JIRAMA à Amboasary (2005) est comme suit.

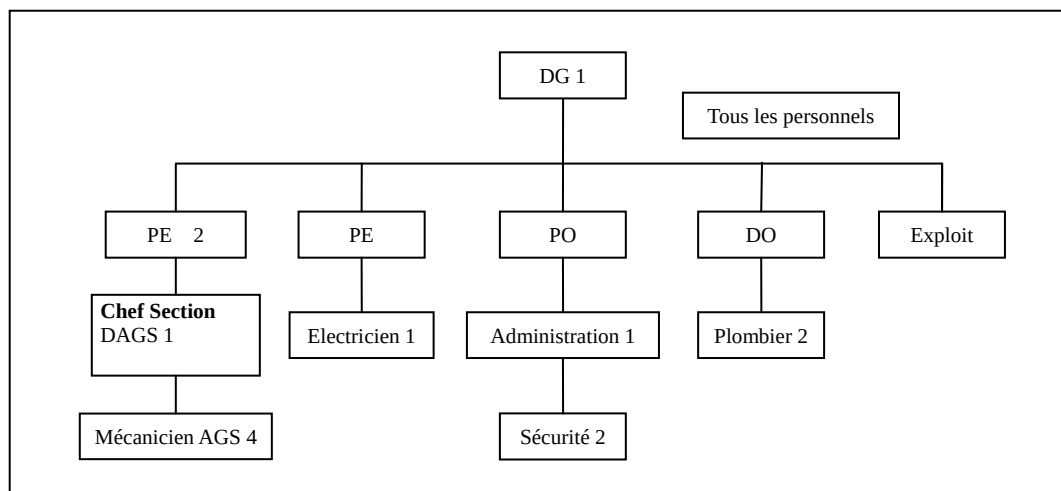


Figure 5.1.2 -1 Organigramme de la JIRAMA à Amboasary (2005)

(2) Situation à Ambovombe

La JIRAMA a été établie à Ambovombe récemment en 1999. Elle s'occupe uniquement de l'approvisionnement en électricité de la ville. A cause du coût du carburant et de l'installation d'un nouveau générateur, sa balance de gestion n'est pas encore stable comme indiqué ci-dessous.

Tableau 5.1.2-3 Etat financier de la JIRAMA à Ambovombe (en Ariary)

Année		Revenus (Ar)	Dépenses (Ar)	Balance (Ar)	Remarques
2004 (moyenne mensuelle)	Electricité	6.600.000	10.000.000	-4.000.000	
2005 (mars)	Electricité	7.037.000	16.991.000	-	groupe électrogène acheté

L'approvisionnement en électricité par un générateur est déficitaire pour la JIRAMA. Pourtant elle fonctionne 24 heures sur 24. Grâce à l'électricité l'AES a commencé le pompage d'eau souterraine jusqu'à 38 m³/jour. C'est une bonne gestion de l'AES.

5.2 Commune, Fokontany, et CPE

(1) Systèmes d'approvisionnement en eau existants

Le Tableau 5.2-1 représente les systèmes actuels d'approvisionnement en eau par commune en saison de pluie et saison sèche.

En saison des pluies, le mode de collecte d'eau le plus courant est l'« impluvium » public, qui est largement utilisé par la population locale de toutes les communes à l'exception de la commune de Sihanamaro. Les réservoirs d'eau privés équipés de gouttière, les réservoirs d'eau publics et les puits peu profonds sont également utilisables sous certaines conditions. Les citernes d'eau de l'AES distribuent l'eau au niveau de trois communes. Beaucoup de gens dépendent des points d'eau naturels tels que les mares, les 'rano vato' (eau de roche), les flaques, les rivières, etc.

En saison sèche, toutes les 15 communes de la zone d'étude dépendent en grande partie du système d'approvisionnement en citernes de l'AES. Toutefois, la population locale, particulièrement celle des villages éloignés d'Ambovombe centre, sont obligés de trouver d'autres moyens de collecte d'eau suffisante, dû au fait que la quantité d'eau approvisionnée par les citernes est absolument insuffisante pour satisfaire leur demande. Malgré eux, ils achètent de l'eau à prix élevé et transportée loin de leurs habitations. Certains d'entre eux parcourent de longues distances pour ne collecter que de l'eau saline ou de l'eau boueuse des rivières ou des puits. Seule une commune, Sihanamaro, a une méthode totalement différente dans l'utilisation de leurs impluvia : la population locale n'utilise pas l'eau stockée dans les impluvia durant la saison pluvieuse et la conserve pour la saison sèche.

Le manque d'eau constitue un problème critique à travers l'ensemble de la zone d'étude. La population des hameaux en zone périphérique est particulièrement confrontée à une situation plus grave que celle en centre-ville d'Ambovombe ou Ambondro. Les conditions en saison sèche s'avèrent si misérables, surtout qu'ils sont forcés à payer pas moins de 500 à 1000Ar (28-56Yen) pour un seau d'eau ou à parcourir à pieds de longues distances pour accéder à des points d'eau situés loin de leur maison.

(2) Exploitation et maintenance de l'approvisionnement en eau

L'exploitation et la maintenance actuelles des infrastructures d'approvisionnement en eau par les autorités de la commune ou du fokontany sont décrites ci-après :

(a) Impluvium public

14 communes sur 15 ont leurs propres impluvia, lesquels sont largement utilisés par le public durant la saison des pluies. Le Tableau 5.2-2 présente les trois moyens de gestion d'exploitation et de maintenance d'impluvium (à l'exception de la Commune d'Antanimora).

Tableau 5.2-1 Systèmes actuels d'approvisionnement en eau potable dans la Zone d'étude (1/2)

Saison des pluies

() : Prix d'un se

Commune	Citerne à eau	Char à bœufs	Impluvium (Public)	Impluvium (Privé)	Réservoir public	Réservoir avec gouttière (Public)	Réservoir avec gouttière (Privé)	Puit profond	Puit peu profond	Etang	Rano Vato (eau de roche)	Rivière
Ambanisarika	-	-	10 (100Ar)	-	-	-	(200 - 400Ar)	-	-	○	-	-
Ambazoa	-	-	5 (50Ar)	-	-	-	○	-	-	-	○	-
Ambohimalaza	-	-	8 (50Ar)	○	-	○	○	-	-	Artificiel Sarimonto*Nom de l'étang	-	-
Ambonaivo	-	-	15 (50Ar)	-	En cours de construction	-	(250Ar)	-	-	Pour animaux	○	-
Ambondro	-	-	2 sur 7 sont disponibles (50Ar)	-	Panneau solaire (50Ar)	-	○	-	○	○	-	-
Ambovombe	Centre ville, versée dans des citernes (100Ar)	Issus de puits environnants (100Ar)	23 sur 28 sont disponibles, Périphérie (50Ar)	-	Citerne (100Ar) Panneau solaire (20Ar)	(100Ar)	(100Ar)	○	○	○	○	-
Analamary	-	-	3 (50Ar)	-	-	-	(200 - 300Ar)	-	-	○	-	-
Antanimora	-	-	-	-	-	-	-	(Borne fontaine AES : 40Ar) (Pompe UNICEF: 1400Ar/me nage/an)	-	-	-	-
Antaritarika	(100Ar)	-	9 (300Ar)	-	-	○ (Gratuit)	○	-	-	-	○	-
Beanantara	-	-	2 sur 3 sont disponibles (20Ar)	-	-	-	○	-	-	-	○	La Mandrare en cas de nécessité
Erada	-	-	6 (100Ar)	○	-	-	○	-	-	-	-	-
Maroalomainty	(100Ar)	-	10 (50 - 100Ar)	-	-	-	(200 - 500Ar)	-	-	-	-	-
Maroalopoty	(100Ar)	-	8 (50Ar)	-	-	-	(200Ar)	-	-	Artificiel	-	-
Sihanamaro	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-
Tsimananada	-	-	3 (50Ar)	-	-	-	(200Ar)	-	-	Naturel Artificiel- (50Ar)	-	-

Tableau 5.2-1 Systèmes actuels d'approvisionnement en eau dans la Zone d'étude (2/2)

Saison sèche

() : Prix d'un se

Commune	Citerne à eau	Char à bœufs	Impluvium (Public)	Impluvium (Privé)	Réservoir public	Réservoir avec gouttière (Public)	Réservoir avec gouttière (Privé)	Puit profond	Puit peu profond	Etang	Rano Vato (eau de roche)	Rivière
Ambanisarika	(100Ar) Insuffisant	(D'Ambovombe - 500Ar) (D'Ambondro - 500Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ambazoa	(100Ar) Insuffisant	-	-	-	-	-	-	-	Eau saline près de mer	-	-	La Manambovo (600Ar)
Ambohimalaza	(100Ar) Insuffisant	D'Ambovombe, Ambondro (600Ar)	1 sur 10 sont remplis par AES (100Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ambonaivo	(100Ar, lorsque le carburant manque 200 - 500Ar) Insuffisant	Certains propriétaires de chars sont vendeurs. (500 - 500Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ambondro	15 Fokontany sur 23	(600 - 800Ar)	-	-	Panneau solaire (50Ar) Insuffisant	-	(150 - 200Ar)	-	600-800Ar (privé)	-	-	-
Ambovombe	Centre ville, versée dans des citernes (100Ar)	(3000Ar/tonneau - Centre ville) (6000Ar/tonneau - Périphérie)	Rarement achetés par AES (100Ar)	-	Wagon (100Ar) Panneau solaire (20Ar)	(300Ar)	Centre ville (150Ar) Périphérie (300Ar)	○	○	-	-	-
Analamary	(100Ar) Insuffisant	(D'Ambovombe 5 - 500Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antanimora	-	-	-	-	-	-	-	(Borne fontaine AES: 40Ar) (Pompe UNICEF: 1400Ar/me nage/an)	-	-	-	-
Antaritarika	(100Ar)	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	La Manambovo (500Ar)
Beanantara	(100Ar) Insuffisant	De Mandrare (600Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	The Mandrare
Erada	(100Ar) Insuffisant	(300Ar)	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
Maroalomainty	(100Ar) Insuffisant	(500Ar)	-	-	-	-	-	-	Eau saline près de la mer	-	-	-
Maroalopoty	(100Ar) Insuffisant	(300Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sihanamaro	En cas d'insuffisance (50 sur 150Ar éparpillé comme bénéfice communal)	D'Ambondro (800Ar)	5 (20 - 50Ar, Fin de la saison sèche, 200Ar)	-	-	-	-	-	○	-	-	La Manambovo (pas pour la vérité)
Tsimananada	(100Ar) Insuffisant	D'Ambovombe (300Ar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 5.2-2 Divers systèmes de gestion d'exploitation et de maintenance d'impluvium

No.	Commune	Comité (Commune)	Comité (Fokontany)	CPE
1	Ambanisarika	X	-	-
2	Ambazoa	X	-	-
3	Ambohimalaza	-	X	-
4	Ambonaivo	-	-	X
5	Ambondro	-	-	X
6	Ambovombe-Androy	-	X	-
7	Analamary	-	X	-
8	Antanimora *Forage équipé	-	-	X
9	Antaritarika	-	-	-
10	Beanantara	-	X	-
11	Erada	X	-	-
12	Maroalomainty	X	X	X
13	Maroalopoty	-	-	X
14	Sihanamaro	-	X	-
15	Tsimananada	-	X	-
	Total	4	7	5

En général, les impluvia publics au sein d'une commune sont gérés par un des trois modèles du tableau ci-dessus. Seul le système de gestion à Maroalomainty est différent d'un impluvium à un autre.

L'eau d'impluvium est généralement gratuite. Le prix d'un seau d'eau (1,3l), est de 50 à 100Ar en saison des pluies, et de 100 à 200Ar en saison sèche. Le prix de l'eau varie d'une commune à une autre.

Vu que la construction de ces impluvia s'est effectuée depuis longtemps, certains impluvia présentent des fissures sur les surfaces en béton, ce qui empêche un stockage d'eau efficace. En matière d'hygiène, le fait que des excréments d'animaux sont parfois éparpillés dans les impluvia pose un problème. Dans la plupart des cas, les autorités locales ne sont pas assez compétentes à résoudre par eux-mêmes de tels problèmes, malgré qu'un projet appelé « Objectif Sud » financé par l'Union Européenne et la Coopération Française soit en cours réalisation dans la zone d'étude. Un certain nombre d'impluvia a été réhabilité ou nouvellement construit en tant que composante du projet.

(b) Réservoir d'eau public

Il existe un CPE (Comité de Point d'Eau) couvrant 1.500 ménages dans le centre de la commune d'Ambondro assurant la distribution d'eau pompée par système solaire. Le comité est composé d'un président, d'un vice-président, d'un trésorier, d'une secrétaire, d'un commissaire aux comptes, de quatre conseillers, de deux gardiens et des vendeurs d'eau. Seuls les gardiens les vendeurs d'eau sont rémunérés pour leurs tâches journaliers.

Le prix d'un seau d'eau est de 10 Ar en 2.000. Depuis lors, le prix a progressivement augmenté. Il est 50 Ar depuis avril 2005.

Toutes les installations incluant les panneaux solaires fonctionnent bien jusqu'ici. Selon le président du comité, le prix actuel de l'eau est assez suffisant pour assurer l'exploitation et la maintenance journalières, cependant il demeure insuffisant pour prendre en charge les réparations et l'achat des pièces de rechanges.

En saison des pluies, le puit contient une quantité abondante d'eau. En saison sèche, toutefois, il est assez difficile de pomper suffisamment d'eau à cause de la diminution de la quantité d'eau. Par conséquent, la population est obligée d'acheter de l'eau issue de puits privés de petite profondeur à un prix exorbitant (600 – 800Ar).

(c) Puit profond équipé de pompe manuelle

Il est utile d'avoir des informations sur le système d'exploitation et de maintenance des puits profonds équipés de pompe manuelle à Antanimora, commune adjacente à la zone d'étude.

A Antanimora, 150 puits profonds ont été creusés et équipés d'une pompe manuelle de marque « *India Mark II* », financés par UNICEF vers la moitié des années 90.

Au début, une ONG française était responsable du suivi du projet. Par la suite, en mai 2.000, l'association d'exploitation/maintenance des bénéficiaires locaux a été créée, AAEPA (Association d'Alimentation en Eau Potable d'Antandroy), pour poursuivre les travaux. L'organigramme de l'association est présenté dans la Figure 5.2.1.

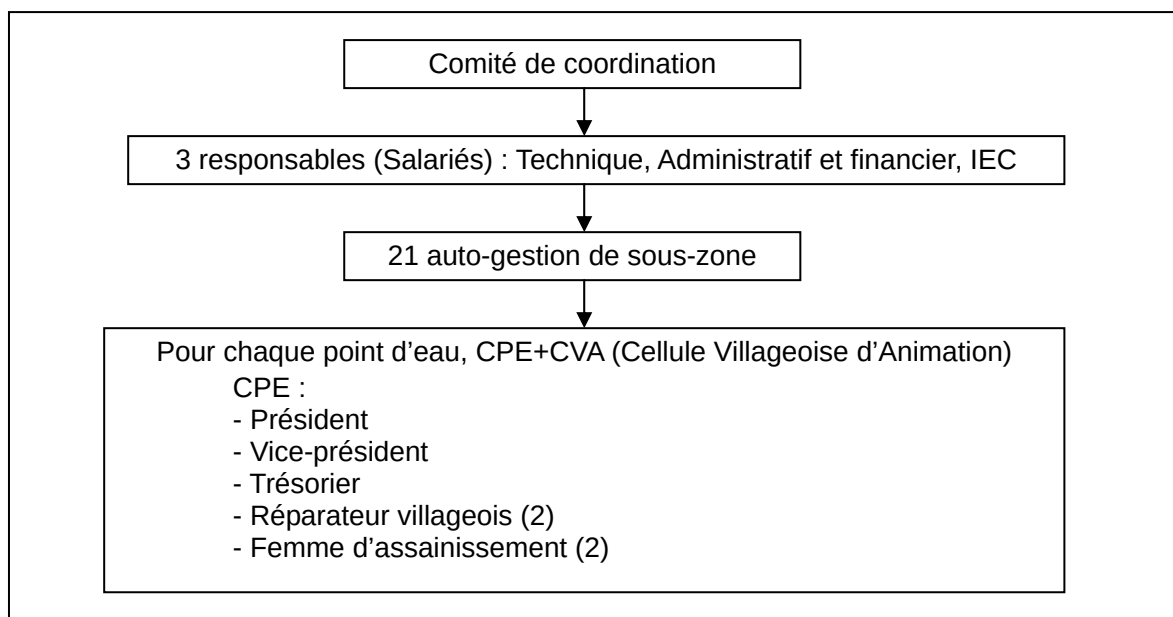


Figure 5.2-1 Organigramme de l'AAEPA

Le Comité de coordination occupe la plus haute position. Ce comité consiste en un président, un vice-président, un trésorier et un conseiller, et supervise l'association toute entière. Le niveau hiérarchique qui suit est composé d'un groupe de trois personnes responsables des aspects financiers, administratifs et techniques, telles que les réparations et les travaux administratifs journaliers. Le comité d'exploitation et de maintenance est ensuite composé de représentants issus de 21 sous-zones. En dessous de chaque sous-zone, chaque point d'eau a son propre CPE (Comité de Point d'Eau) et un CVA (Comité Villageois d'Animation) qui sont chargés de l'exploitation et de la maintenance journalières de la zone couverte. Un CPE est constitué d'un président, d'un vice-président, d'un trésorier, de deux gardiens et de deux assainisseurs.

Selon l'avis d'un des trois personnels chargés des aspects financiers, administratifs et techniques, le plus grand problème auquel le groupe d'exploitation et de maintenance doit faire face est le manque de fonds. La seule source de revenu de l'association demeure le paiement fait par les bénéficiaires. Etant donné que le paiement annuel perçu d'un ménage est seulement de 1.400Ar, le revenu annuel de l'AAEPA ne dépasse pas les 5 million d'Ar.
