

ANNEXE 6 DONNEES TECHNIQUES

- (1) RAPPORT DE L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE
- (2) ETUDE SUR L'INTENTION DES VILLAGEOIS DE PAYER
POUR L'EAU
- (3) PROPOSITION POUR LES ACTIVITES D'ANIMATION ET DE
LA SENSIBILISATION

ANNEXE 6. (1)

RAPPORT DE L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

- TABLE DES MATIERES -

1. Climat	A - 47
2. Relief	A - 47
3. Géologie	A - 48
4. Hydrogéologie	A - 50
5. Prospection géophysique	A - 60
Méthode	
5-1 d'étude	
(1) Prospection électrique	A - 60
(2) Prospection électromagnétique	A - 63
5-2 Résultat d'études	A - 71
6. Aspects hydrogéologiques de la région de l'étude	A - 75
(1) Delta de Tsiribihina	A - 75
(2) Région du bassin du fleuve Mandoroira	A - 83
(3) Bassin du fleuve Tomitsy	A - 85
(4) Zone du bassin du fleuve Morondava	A - 93
(5) Région en aval du fleuve Maharivo	A - 104
(6) Région à l'embouchure du fleuve Maharivo	A - 109
(7) Région de basses terres littorales au nord du fleuve Mangoky	A - 114
(8) Région de la rive droite du fleuve Mangoky	A - 116
(9) Région de roches dures de la sous-préfecture de Manja	A - 122
(10) N°103 Région d'Ankilizato	A - 144
(11) Site No.d	A - 156
(12) N°106 Région de Malaimbandy	A - 164
(13) N°107 Ampanotoka	A - 175
(14) Région du N°114 Ambatolahy et N°115 Ankotrofotsy	A - 179

LISTE DES FIGURES

- Fig.-1 Carte Topographique et Isohyète des Zones du Projet
- Fig.-2 Carte et Coupe Géologiques des Zones du Projet
- Fig.-3 Coupes Géologiques des Forages Existants
- Fig.5-1 Disposition des Electrodes pour la Prospection Verticale selon la Méthode Wenner
- Fig.5-2 Représentation Graphique de la Méthode TEM
- Fig.5-3 Représentation Graphique du Rond de Fumée
- Fig.5-4 Diagramme de l'Analyse par Méthode TEM
- Fig.5-5 Diagramme de l'Analyse des Structures de Résistivité Unidimensionnelle
- Fig.5-6 Schéma d'Analyse selon la Méthode TEM
- Fig.6-1 Carte de Division Hydrogéologique des Zones du Projet
- Fig.6-2 Carte Schématique des Sites : Delta de Tsilibihina
- Fig.6-3 Points de la Prospection Géophysique : Delta de Tsilibihina
- Fig.6-4 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.109
- Fig.6-5 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.112
- Fig.6-6 Carte Schématique des Sites : Bassin de Fleuve Mandoroira
- Fig.6-7 Carte Schématique des Sites : Bassin du Fleuve Tomitsy
- Fig.6-8 Points de la Prospection Géophysique : Bassin du Fleuve Tomitsy
- Fig.6-9 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.82
- Fig.6-10 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.83
- Fig.6-11 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.89
- Fig.6-12 Carte Schématique des Sites : Zone du Bassin du Fleuve Morondava
- Fig.6-13 Points de la Prospection Géophysique : Zone du Bassin du Fleuve Morondava
- Fig.6-14 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.67

- Fig.6-15 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.70
- Fig.6-16 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.94
- Fig.6-17 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.97
- Fig.6-18 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.99
- Fig.6-19 Carte Schématique des Sites : Région en Aval du Fleuve Maharivo
- Fig.6-20 Points de la Prospection Géophysique : Région en Aval du Fleuve Maharivo
- Fig.6-21 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.25
- Fig.6-22 Carte Schématique des Sites : Région à l'Embouchure du Fleuve Maharivo
- Fig.6-23 Points de la Prospection Géophysique : Région à l'Embouchure du Fleuve Maharivo
- Fig.6-24 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.40
- Fig.6-25 Carte Schématique des Sites
: Région de Basses Terres Littorales au Nord du Fleuve Mangoky
- Fig.6-26 Carte Schématique des Sites : Région de la Rive Droitedu Fleuve Mangoky
- Fig.6-27 Points de la Prospection Géophysique
: Région de la Rive Droite du Fleuve Mangoky
- Fig.6-28 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.17
- Fig.6-29 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.117
- Fig.6-30 Carte Schématique des Sites
: Région de Roches Dures de la Sous-Préf. de Manja
- Fig.6-31 Points de la Prospection Géophysique
: Région de Roches Dures de la Sous-Préf. de Manja
- Fig.6-32 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.15
- Fig.6-33 Coupe Géologique de la Prospection Electrique : No.16
- Fig.6-34 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.116
- Fig.6-35 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.120
- Fig.6-36 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.121
- Fig.6-37(a) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique : No.15
- Fig.6-37 (b) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique : No.16

- Fig.6-37 (c) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique : No.120
- Fig.6-37 (d) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique : No.121
- Fig.6-38 Carte Schématique des Sites : No.103 Ankilizato
- Fig.6-39 Points de la Prospection Géophysique : No.103 Ankilizato
- Fig.6-40(1) Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : Ankilizato
- Fig.6-40(2) Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : Ankilizato
- Fig.6-41 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique : No.103
- Fig.6-42 Carte Schématique des Sites : Site No.d
- Fig.6-43 Points de la Prospection Géophysique : Site No.d
- Fig.6-44 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : Site No.d
- Fig.6-45 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique : Site No.d
- Fig.6-46 Carte Schématique des Sites : No.106 Malaimbandy
- Fig.6-47 Points de la Prospection Géophysique : No.106 Malaimbandy
- Fig.6-48 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.106
- Fig.6-49 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique : No.106
- Fig.6-50 Carte Schématique des Sites : No.107 Ampanotoka
- Fig.6-51 Points de la Prospection Géophysique : No.107 Ampanotoka
- Fig.6-52 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.107
- Fig.6-53 Carte Schématique des Sites : No.114 Ambatolahy et No.115 Ankotrofotsy
- Fig.6-54 Points de la Prospection Géophysique : No.114 Ambatolahy et No.115 Ankotrofotsy
- Fig.6-55 Coupe de la Prospection Electrique de l'Etude de Développement
- Fig.6-56 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.115

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 3-1 Couches Géologiques de la Région de l'Etude
- Tableau 4-1 Forages d'Essai Exécutés lors de l'Etude de Développement de 1996
- Tableau 4-2 Caractéristiques Hydrogéologiques Déterminées d'Après les Résultats des Forages d'Essai
- Tableau 4-3 Classification Selon les Caractéristiques des Eaux Souterraines
- Tableau 5-1 Classification des Méthodes de Prospection Electrique
- Tableau 5-2 Résultat d'Etudes prospection Géophysique Electrique
- Tableau 5-3 Résultat d'Etude Prospection Electromagnétique
- Tableau 6-1 Analyse de la Qualité de l'Eau par le laboratoire national (JIRAMA)
- Tableau 6-2 Hydrogéologie de la Région du Bassin du Fleuve Morondava
- Tableau 6-3 Analyse de la Qualité de l'Eau par le laboratoire national (JIRAMA)
- Tableau 6-4 Hydrogéologie de la Région en Aval du Fleuve Maharivo
- Tableau 6-5 Hydrogéologie de la Région de la Rive Droite du Fleuve Mangoky
- Tableau 6-6 Analyse de la Qualité de l'Eau par le laboratoire national (JIRAMA)
- Tableau 6-7 Analyse de la Qualité de l'Eau par le laboratoire national (JIRAMA)

1. Climat

La partie sud-ouest de la République de Madagascar appartient au climat de steppe en bordure extérieure de la zone climatique sèche, avec une saison des pluies allant de novembre à mars et une saison sèche d'avril à octobre. Dans la région littorale ne connaissant que de faibles pluies, les précipitations mensuelles moyennes sont inférieures à 100 mm, mais elles dépassent les 200 mm dans les régions Est et Nord où les pluies sont abondantes, en raison de la collision des cyclones en provenance du Nord pendant la saison des pluies avec les montagnes de Analaberona Micoboka. Les pluies tombent pendant plusieurs jours de suite pendant la saison des pluies, provoquant de fortes inondations des fleuves Tsiribihina, Morondava, Maharivo et Mangoky et interrompant le trafic.

La température annuelle moyenne est de 24°C, avec 22° dans les régions montagneuses de l'Est, des températures maximum comprises entre 25 et 29°C étant enregistrées aux mois d'octobre et de novembre, avec une importante différence entre les températures maximum et minimum selon les régions.

2. Relief

A l'est de la partie sud-ouest de Madagascar se trouve une chaîne de montagnes de plus de 1000 mètres d'altitude, formant l'ossature montagneuse à l'arrière de l'île et se poursuivant du sud au nord. Ces montagnes forment une crête de partage des eaux, les fleuves se divisant à partir de là en direction de l'Est ou de l'Ouest. La partie ouest de cette chaîne de montagnes est constituée de collines formées de couches allant de l'ère Mésozoïque à l'ère tertiaire avec, à l'ouest de ces collines, un plateau à faible inclinaison en direction ouest, formé à l'ère Pléistocène et se divisant en bandes le long de la côte pour devenir progressivement les basses terres littorales.

La zone de collines a un relief marqué et des formes complexes, l'angle de la ligne de crête des collines étant généralement faible. A l'intérieur, s'élèvent de petites montagnes de grès siliceux ou de conglomérats, alors que comme dans le cas du site n°103 à Ankilizato, certains emplacements présentent un sommet aplati en forme de plateau. Dans les basses terres littorales apparaissent plusieurs rangées de dunes séparées possédant chacune une zone marécageuse à l'arrière et reliées dans une baie naissant à partir de leur point de séparation. La limite entre les basses terres littorales

et le plateau n'est pas évidente.

De nombreuses gorges avec cours d'eau prenant leur source dans la zone montagneuse s'écoulent en direction de l'ouest. Les plus grands fleuves sont ceux de Tsiribihina, Morondava, Maharivo et Mangoky qui forment de grands deltas à leur embouchure.

3. Géologie

La région de montagnes de la partie Est est formée principalement de roches métamorphiques du Précambrien, dont le plan de surface s'approfondit brusquement en direction de l'ouest et est recouvert de couches du Paléozoïque, du Mésozoïque et du Cénozoïque ayant de 5.000 à 8.000 m d'épaisseur avec, en outre et séparément, des couches de sédiments de l'Holocène dans la zone de basses terres littorales et des couches de sédiments de delta à l'embouchure des fleuves.

La série du Paléozoïque est constituée de houille et formée du groupe SACOA de la couche continentale avec conglomérats erratiques à la base, le groupe SAKAMENA possédant, outre une couche continentale, une couche lagunale et une couche marine. La série du Jurassique est constituée d'une couche continentale principale appelée groupe ISALO, avec dans sa partie basse à moyenne, une stratification entrecroisée de grès feldspathiques et de conglomérats, et en hauteur, une couche marine. La partie supérieure du Jurassique est une couche marine, considérée comme une couche différente de la même époque du groupe ISALO, principalement composée de calcaire et de grès calcaire, mais incluant également une couche continentale. La série du Crétacé est répartie dans les parties supérieure et inférieure, cette dernière commençant par du calcaire mais n'ayant qu'une faible profondeur. La couche supérieure est une épaisse couche continentale recouverte de calcaire avec alternance de plusieurs couches de basalte. La série du Tertiaire est formée de couches de l'ère Eocène, du Miocène et du Pliocène. La couche de l'ère Eocène est principalement constituée de calcaire, mais également de calcaire marneux, de marne indurée, de grès marneux et de grès dans sa partie moyenne à supérieure, les couches du Miocène au Pliocène étant une couche marine et une couche continentale, dont la répartition est faible dans la région de l'étude. La série du Quaternaire se classifie en ère Pléistocène et Holocène. La couche de l'ère Pléistocène est composée de boue sableuse continentale et de sédiments calcaires marins, celle de l'Holocène étant formée de sable, de limon et d'argile constituant la plaine littorale, d'une couche de sédiments de delta (sable,

conglomérat, argile, limon) à l'embouchure des fleuves ainsi que de sable, de conglomérat et de terre boueuse répartis en bandes dans le lit actuel des fleuves.

Tableau 3-1 Couches géologiques de la région de l'étude

Ere géologique		Couche		
Cénozoïque	Quaternaire	Système Holocène		Sable, gravier, argile
		Système Pléistocène		Sable, gravier, argile
	Tertiaire	Système Miocène		Sédiments calcaires marins Grès et pélite continentaux
		Système Eocène		Calcaire, calcaire marneux, grès, pélite
Mésozoïque	Crétacé	Système Crétacé		Partie supérieure : grès et calcaire continentaux Partie inférieure : calcaire, socle en basalte
	Période Jurassique	Jurassique supérieur		Grès et pélite de continental à marin
		Groupe ISALO		Grès continentaux, grès marins, calcaire
	Période Triasique			Grès feldspathiques Stratification entrecroisée de grès et de conglomérats à partie basse
Paléozoïque	Période Permienne	Groupe SAKAMENA		Faciès continental à couche marine
	Période Carbonifère	Groupe SAKOA		Calcaire, grès calcaire, conglomérat erratique
Précambrien		Système Précambrienne		Roches métamorphiques dures (granite, gneiss)

4. Hydrogéologie

Il existe, dans la partie Sud-ouest de la République de Madagascar, 15 forages d'essai qui ont été excavés lors de l'étude de développement en 1996.

Tableau 4-1 Forages d'essai exécutés lors de l'étude de développement de 1996

N° du forage (village)	Type de relief	Géologie	Remarques	Eaux souterraines
1	Delta ou plaine littorale	argile et limon de l'Holocène	WD=30m SWL=7,16m, s=5,32m, Q=197m ³ /j EC=2.000 µ S/cm	
25	Plateau	argile, gravier mélangés de limons et graviers du Cénozoïque	WD=63,0m, SWL=5,57m, PWL=9,98m, s=4,41m, Q=806m ³ /j, EC=364 µ S/cm, bon	
46-I	Delta ou plaine littorale	couches alternées d'argile, de limon et de graviers de l'Holocène	WD=72,5m SWL=4,50m, Q=692m ³ /j, EC=18.890 µ S/cm, eau proche de l'eau de mer	
46-II	"	"	Second forage, 46-I ayant donné de l'eau salée WD=37,2m, SWL=4,12m, PWL=4,48m, s=0,36m, Q=755m ³ /j, EC=6,840 µ S/cm, la teneur en sel est encore élevée.	
47	Plateau	couches alternées d'argile, de limon et de graviers de l'Holocène	WD=72,0m, SWL=2,45m, PWL=5,21m, s=2,76m, Q=1.105m ³ /j, EC=751 µ S/cm; bon	
64	"	"	WD=74,0m, SWL=+1,8m (jaillissement spontané), PWL=1,53m, s=3,33m, Q=580m ³ /j, EC=846 µ S/cm; bon	
67	"	"	WD=70,9m, SWL=3,70m, PWL=4,81m, s=1,11m, Q=1.030m ³ /j, EC=214 µ S/cm; bon	
93	"	"	WD=75,0m, SWL=6,12m, PWL=12,23m, s=6,11m, Q=721m ³ /j, EC=650 µ S/cm; bon	
97	"	couche de sable du Pléistocène	WD=41,75m, SWL=7,802m, PWL=8,64m, s=0,838m, Q=1.339m ³ /j, EC=250 µ S/cm; bon	
103	Collines	couches alternées de grès, de grès, pélite, calcaire du Crétacé	WD=170m, SWL=22,08m	
104	"	couches alternées de grès et de marne indurée du Jurassique	WD=44,0m, SWL=9,80m, PWL=13,9m, s=4,10m, Q=460m ³ /j, EC=324 µ S/cm; bon	
106	"	grès et pélite de la couche inférieure du groupe ISALO	WD=222,0m, SWL=31,10m, faible quantité d'eau	
109-I	Plaine alluviale	Holocène jusqu'à 25 m Tertiaire après 26 m de profondeur	WD=71,67m, SWL=17,18m, EC=5.230 µ S/cm élevée, donc inutilisé	
109-II	"	limon, graviers de l'Holocène	Seconde excavation du 109-I. WD=20,82m, SWL=13,175m, PWL=14,49m, s=1.315m, Q=99,75m ³ /j, EC=2.385, légère amélioration	
114	Collines	grès et pélite de la couche inférieure du groupe ISALO	WD=93,0m, SWL=13,41m, PWL=24,27m, s=10.86m, Q=504m ³ /j, EC=343 µ S/cm; bon	

(WD = profondeur du forage, SWL = profondeur d'eau statique, PWL = niveau d'eau dynamique, s = capacité spécifique, EC= conductivité électrique) : eau de surface : eau de fissure

Comme l'indique le tableau ci-dessus, les caractéristiques des eaux souterraines, les quantités de prise d'eau et la qualité des eaux diffèrent considérablement selon les couches excavées.

Tableau 4-2 Caractéristiques hydrogéologiques déterminées d'après les résultats des forages d'essai

Couche géologique	Description
Holocène (y compris les couches de sédiments des deltas)	Eau souterraine de l'aquifère dans sable grossier et graviers. Risque de salinité en raison de la pénétration de l'eau de mer à proximité du littoral. Le niveau statique est de 4 à 7 m et il est souhaitable de prendre l'eau à une profondeur de moins de 30 m. Les quantités d'eau sont faibles lorsque l'aquifère est réparti de façon lenticulaire. Profondeur de forage probablement d'environ 50 mètres.
Pléistocène	Eau souterraine de l'aquifère dans sable grossier et graviers. Le niveau statique est de moins de 10 m. Des jaillissements spontanés ont parfois lieu lorsqu'il y a un chapeau d'argile et de limon. Pénétration de l'eau de mer dans les endroits en contact avec l'aquifère de l'Holocène et du Pléistocène, et risque de salinité. Profondeur de forage comprise entre 50 et 100 mètres.
Tertiaire, Crétacé	L'aquifère est constitué d'eau de fissures s'écoulant dans les craquelures et les caves de marne indurée, de calcaire et de grès. Les forages sont secs lorsqu'il n'y a pas de fissures ni de caves. Possibilité de présence d'eau fossile en profondeur. Forte possibilité de salinité par pénétration de l'eau de mer par l'intermédiaire de la couche de sédiments du delta pour le forage n°109. Eau de fissure s'écoulant le long des craquelures du calcaire, de la marne indurée, du grès. Forages secs lorsqu'il n'y a pas de fissures. Niveau statique compris entre environ 10 et 30 m. Profondeur d'excavation de 100 m.

D'après les forages de l'étude de développement précédente et les résultats de l'étude sur place, les eaux souterraines présentes dans la région concernée peuvent être classifiées de la manière suivante.

Tableau 4-3 Classification selon les caractéristiques des eaux souterraines

Classe	Classification selon les caractéristiques des eaux souterraines
Type I	Eaux souterraines présentes dans les basses terres littorales (y compris les eaux souterraines des deltas)
Type II	Eaux souterraines présentes à l'intérieur de la série du Pléistocène formant les plateaux.
Type III	Eaux de fissures présentes dans les couches du Tertiaire, du Crétacé, du Jurassique et des périodes précédentes formant les collines.

(1) Type I

Dans les basses terres littorales, les dunes et la zone marécageuse à l'arrière, les eaux souterraines sont, d'une part, à faible profondeur et formant des aquifères dans des couches avec prédominance de sable de l'Holocène et, d'autre part, situées en profondeur dans des aquifères du Pléistocène s'enfonçant à un niveau inférieur. Ces eaux sont en majeure partie salées en raison de la pénétration de l'eau de mer mais, lorsqu'il existe une couche épaisse d'argile sous la série de l'Holocène, celle-ci forme un chapeau qui empêche l'eau de mer de s'infiltrer. Le forage n°47 d'Ambararata en est un bon exemple qui, par rapport au puits existant et avec EC = 1.377 μ s/cm, a présenté, lors de l'excavation de l'étude de développement précédente (profondeur de 72 m), une épaisse couche d'argile à une profondeur de

23 à 32 m et, avec des crépines installées, l'une entre 32,5 et 36,45 m et l'autre entre 40,4 et 72 m, a procuré 1.105 m³/jour d'eau de bonne qualité ayant EC = 751 μ s/cm.

Par ailleurs, au n°1 d'Androanopasy situé dans les dunes, le puits d'une profondeur de 2,3 m présente une eau de qualité passable avec EC = 830 μ s/cm, en raison probablement du fait qu'elle se présente en flaques d'eau de forme lenticulaire au-dessus de l'eau saline. S'il n'y a aucun problème à puiser cette eau avec des seaux, la prise par pompage entraînera probablement une chute du niveau des eaux et leur salination. Le forage n°47 de l'étude de développement précédente est situé à la bordure sud du village, avec d = 72 m et EC = 751 μ s/cm.

(2) Type II

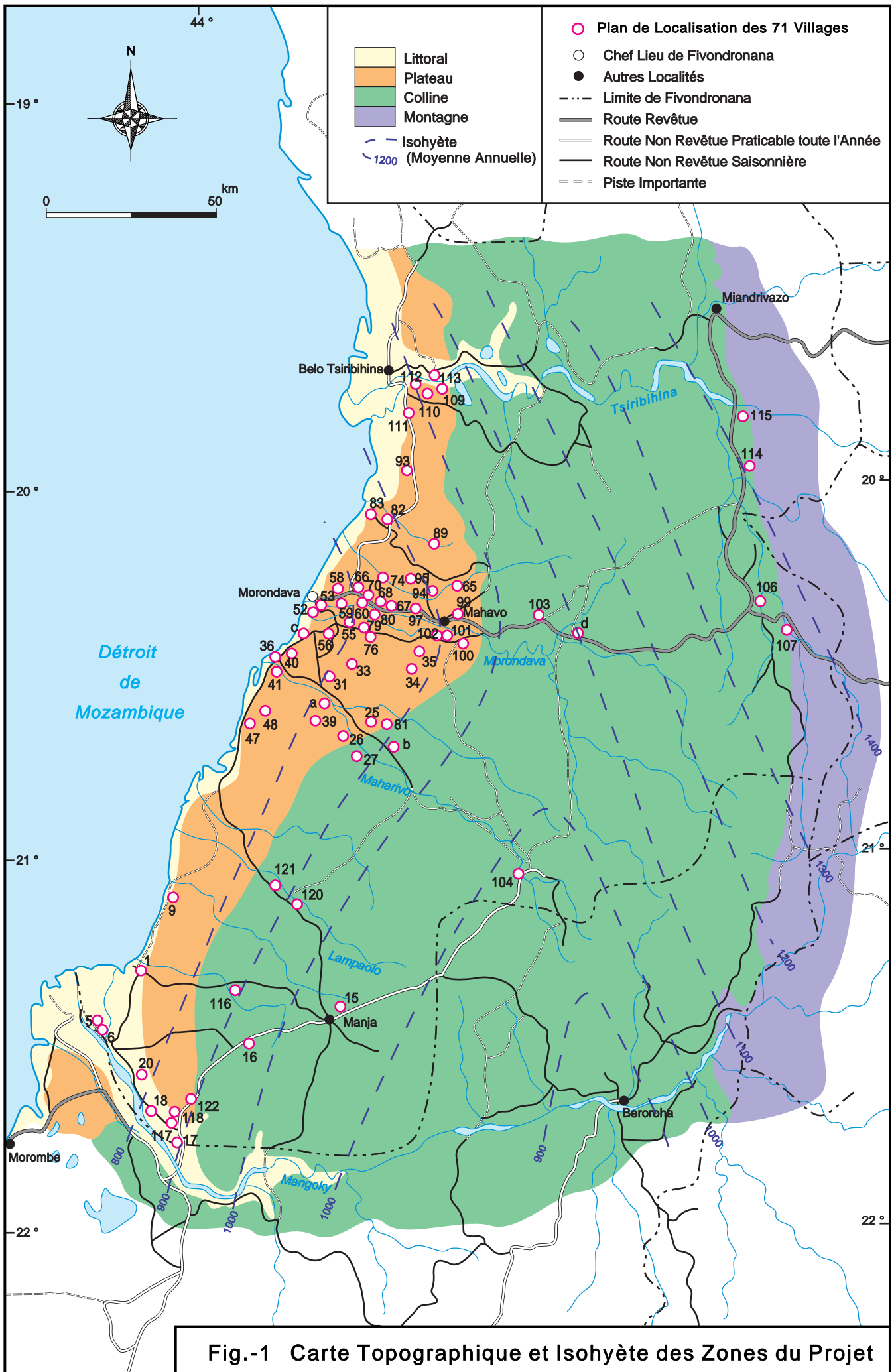
Dans le plateau, les aquifères sont situés dans des couches de sable et de graviers du Pléistocène. Les eaux souterraines de ce type peuvent être divisées de manière plus détaillée de la façon suivante.

Une couche de sable et de graviers se poursuivant à une profondeur de 70 et 80 m à partir de la surface du sol, les eaux souterraines peu profondes et profondes s'interpénètrent et peuvent difficilement être différenciées. De bons exemples en sont fournis avec les forages n°64, 67, 92 et 97 de l'étude de développement précédente.

Une couche d'argile d'une épaisseur de 20 à 30 m se trouve entre 10 et 15 m au-dessous de la surface du sol, et il est possible de séparer clairement les eaux souterraines en couche peu profonde formant une nappe phréatique, et les eaux souterraines profondes qui sont des eaux artésiennes. Etant donné que, dans de nombreux cas, les eaux souterraines peu profondes se présentent sous forme de nappes phréatiques perchées sur le plateau, elles diminuent pendant la saison sèche en raison de l'évapotranspiration dans les zones de forêts qui ne sont plus arrosées, et leur qualité se détériore. Toutefois, pour ce qui est des eaux souterraines profondes, leur qualité ne diminue pas car elles sont protégées de l'évapotranspiration par un chapeau d'argile. Le forage n°25 de l'étude de développement précédente en est un bon exemple et il est possible que ce chapeau d'argile se continue jusqu'aux forages n°36, 40 et 41. Le forage n°47 est également un exemple à citer.

(3) Type III

Il s'agit des eaux de fissures situées dans les couches du Tertiaire, du Jurassique et des périodes précédentes formant la région de collines. Les eaux de fissures sont des eaux souterraines s'écoulant le long des failles et des craquelures formées par les forces extérieures des différentes époques géologiques, la pélite et le calcaire altérés et transformés facilement en argile obstruant les fissures et empêchant l'écoulement des eaux souterraines. Toutefois, même altérés, les grès et les conglomérats se transforment en sable et en graviers et forment un passage pour les eaux souterraines. D'après ce qui précède, s'il semble extrêmement difficile d'exploiter des eaux souterraines profondes (n°106) dans la zone de pélite, on peut considérer cette exploitation comme relativement aisée pour les forages n°114 et 115 dans les zones à prédominance de grès et de conglomérats. Dans la zone de calcaire (zone de calcaire des alentours de Manja), lorsque l'on trouve, outre des fissures importantes, des caves formées à l'intérieur du calcaire, ces fissures et ces caves forment un bon passage pour les eaux souterraines. Les puits à jaillissement spontané sur la rive gauche de la rivière Mangoky et sur la rive droite du barrage de Tabara en sont un bon exemple. Toutefois, il sera probablement difficile de procéder à la détection des fissures et des caves dans la partie souterraine profonde et il sera nécessaire de procéder à une étude hydrogéologique détaillée, incluant une prospection géophysique (prospection électrique efficace?).



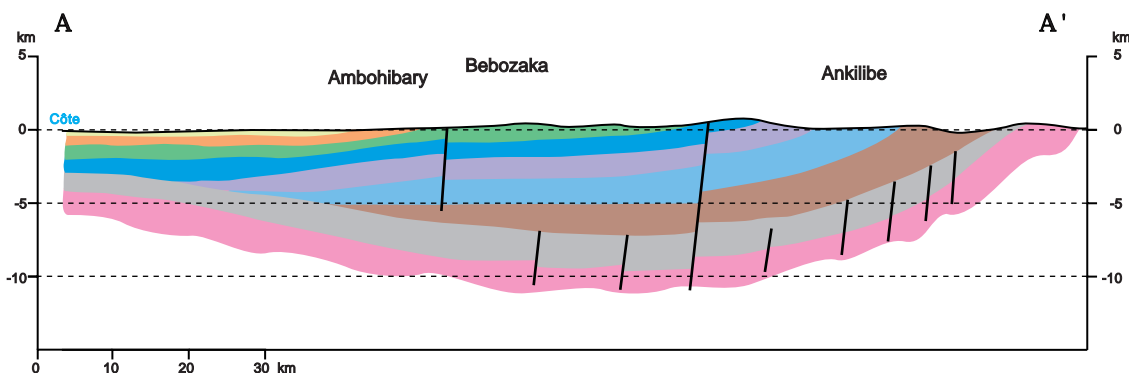
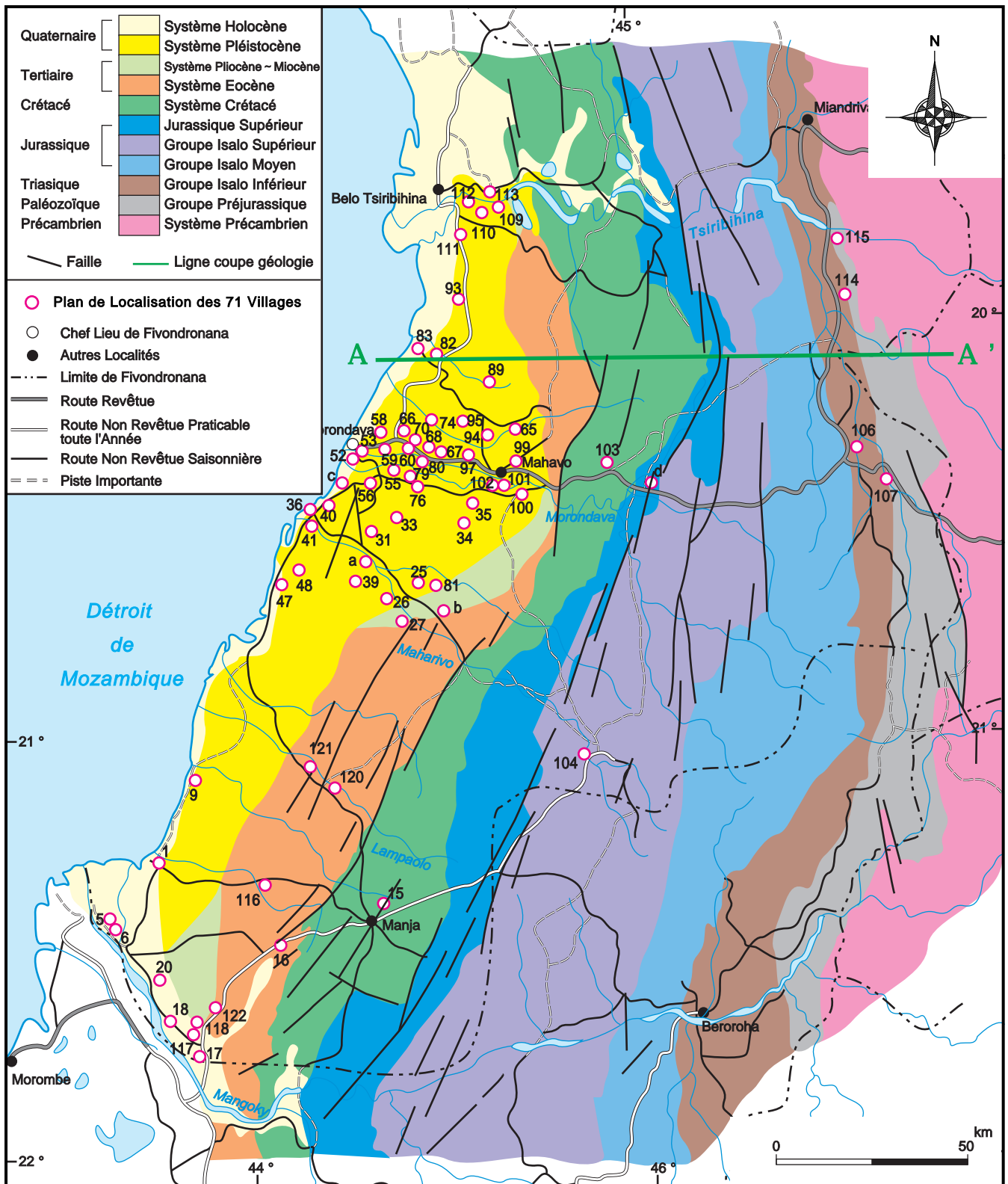


Fig.-2 Carte et Coupe Géologiques des Zones du Projet

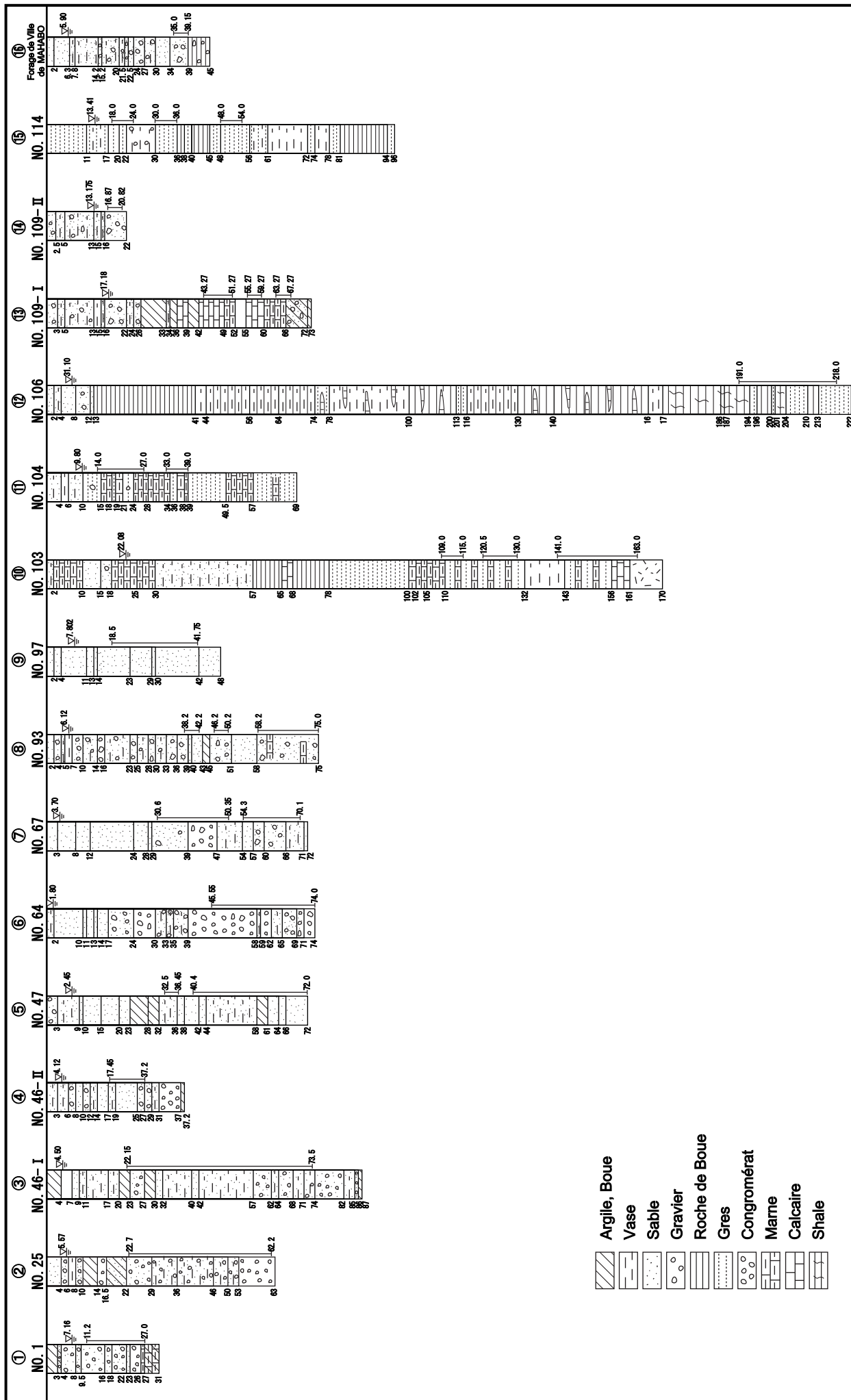


Fig.-3 Coupes Géologiques des Forages Existants

5. Prospection géophysique

Lors de la présente étude, la prospection électrique (sondage vertical) et la prospection électromagnétique (sondage vertical) ont été conjointement utilisées. Les travaux effectués ont été les suivants.

Type de prospection géophysique	Nombre de villages	Nombre de mesures (points)	Profondeur totale de prospection
Prospection électrique	23	80	8.770m
Prospection électromagnétique	7	53	3.350m

5-1 Méthode d'étude

(1) Prospection électrique

A propos de la prospection électrique

Les méthodes de prospection électrique actuellement utilisées dans le monde sont présentées dans le tableau ci-dessous. D'après le nombre d'études effectuées, la méthode de prospection géophysique utilisée pour la prospection des eaux souterraines est, dans 90% des cas environ, la méthode de prospection électrique, la méthode de résistivité - faisant partie des méthodes de potentiel artificiel - étant principalement employée à l'heure actuelle.

Tableau 5-1 Classification des méthodes de prospection électrique

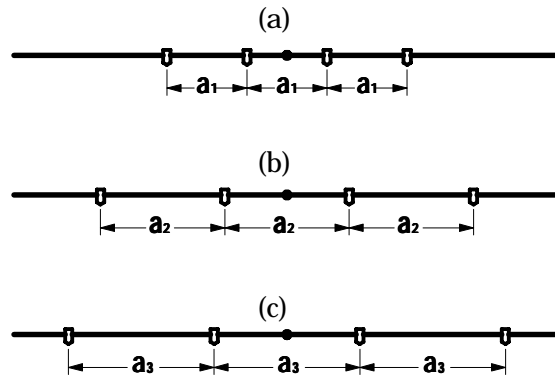
Méthode de prospection électrique	Utilisation du phénomène de polarisation	Méthode de potentiel autonome Méthode de polarisation induite	
	Utilisation de la répartition de résistivité	Méthode de courant de terre	
Méthode de potentiel artificiel		Méthode de résistivité Méthode de ligne équipotentielle Méthode de taux de chute de potentiel	
Méthode électromagnétique		Méthode électromagnétique conductive Méthode électromagnétique inductive	
		Utilisation du phénomène de polarisation Utilisation de la répartition de résistivité	Diagraphie électrique

Une brève description de la méthode de prospection par résistivité est donnée ci-après.

En 1916, F. Wenner (Etats-Unis) met à la terre deux électrodes de courant ainsi que deux électrodes de potentiel placées entre elles. Il découvre alors une méthode permettant de mesurer la résistivité du sol, sans être influencé par la résistance de mise à la terre des électrodes. Il est donc nécessaire, afin de mesurer la résistivité du sol, de mettre à la terre deux électrodes de courant et deux électrodes de potentiel. Plusieurs méthodes de mesure selon la disposition de ces électrodes sont découvertes par la suite, la méthode Wenner et la méthode Schumberger étant les méthodes les plus représentatives et la méthode Wenner la plus couramment employée. Il faut toutefois clairement mentionner ici qu'il n'existe pas actuellement, en dehors des forages, de technique permettant d'extraire directement les eaux souterraines du sous-sol. Même la méthode de résistivité, considérée comme la plus efficace pour les prospections des sols, ne permet que de supposer la teneur hydrogéologique des nappes d'eaux souterraines et ne donne des résultats qu'associée aux informations hydrogéologique obtenues à partir des études géologiques sur place et des puits environnants.

Ce qu'on appelle la méthode Wenner, comme le montre la figure (a) ci-après, consiste à disposer à l'opposé, sur une ligne de mesure et par rapport au point central zéro, des électrodes de courant et des électrodes de potentiel à des intervalles équidistants. Le déplacement de la série d'électrodes - comme le montrent les figures (b) et (c) - par rapport au point central zéro, agrandit dans l'ordre les intervalles entre les électrodes afin de satisfaire les relations indiquées ci-dessus, et permet de mesurer la résistivité apparente dans le sens vertical par rapport au point central.

Figure 5-1 Disposition des électrodes pour la prospection verticale selon la méthode Wenner



Dans la disposition des électrodes selon Wenner,

$$\text{Profondeur de Prospection } (a) = \overline{C1P1} = \overline{P1P2} = \overline{P2C2}$$

$$\text{Résistivité apparente } (\rho) = 2\pi a \cdot \frac{V}{I}$$

Spécifications de l'étude

Appareil utilisé	Terrameter SAS300	
Intervalle de mesure	100 à 200 m	
Intervalle entre électrodes	1 à 4 m	1 m d'intervalle
	~ 32 m	2 m d'intervalle
	~ 100 m	4 m d'intervalle
	~ 200 m	10 m d'intervalle
	~ 300 m	20 m d'intervalle

Direction de la ligne de mesure En principe vers le haut et vers le bas

Mise à la terre des électrodes Les électrodes doivent être introduites à plus de 30 cm, la mise à la terre ayant été améliorée en versant de l'eau entre les électrodes et le sol.

A propos des mesures

Lors de l'étude de développement précédente, une prospection électrique avait été effectuée avec des mesures en 142 points, mais les courbes -a ont présenté des déviations considérables et un tiers environ n'a pu être analysé. Ceci étant probablement dû à une mauvaise mise à la terre, des efforts ont été déployés

cette fois-ci et les électrodes ont été enfoncées à plus de 30 cm, la mise à la terre a été améliorée en versant de l'eau à la surface de contact entre les électrodes et le sol, un booster a été utilisé pour l'amplification, et un courant électrique de plus de 100 mA a été employé.

(2) Prospection électromagnétique

Généralités sur la méthode électromagnétique

Lorsque des ondes électromagnétiques variant selon le temps pénètrent dans la terre, une réponse électromagnétique correspondant à la répartition de résistivité du sous-sol est obtenue. La méthode électromagnétique est une méthode de prospection géophysique permettant de détecter les anomalies de résistivité et de former des hypothèses sur les structures du sous-sol, en mesurant cette réponse électromagnétique.

Les méthodes VLF-MT et VLF-EM sont généralement utilisées pour la prospection électromagnétique horizontale et les méthodes MT et TEM pour la prospection électromagnétique verticale, la présente étude ayant appliqué la méthode TEM.

Description de la méthode TEM

La méthode TEM est l'abréviation de "Transient Electro-Magnetic" (méthode électromagnétique transitoire), également appelée méthode électromagnétique de temporisation.

Lorsqu'un courant direct est transmis à une source de signal artificiel, telle que des boucles de transmission placées à la surface du sol ou des électrodes de courant mises à la terre, un champ magnétique primaire est formé. Lorsque le courant envoyé est brusquement interrompu, un courant induit s'écoule afin de maintenir ce champ magnétique primaire jusqu'à présent formé. Ce courant pénètre progressivement en profondeur dans la terre. La méthode TEM consiste à obtenir des informations sur les conducteurs à l'intérieur du sol, en analysant les variations de temps du champ magnétique secondaire formé par ce courant induit. La figure 1 est une représentation graphique de cette méthode TEM.

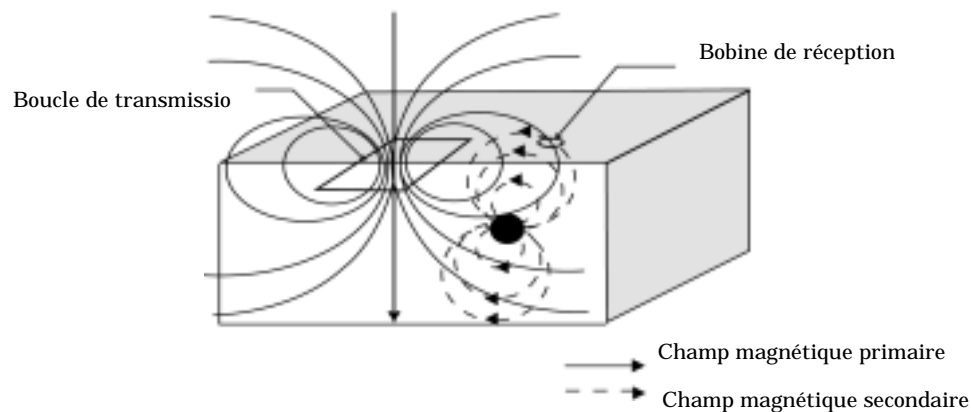


Figure 5-2 Représentation graphique de la méthode TEM

Profondeur de prospection

Dans le cas d'un terrain stratifié, un courant induit se produit immédiatement après l'interruption du courant de la boucle de transmission. Ce courant induit, comme le montre la figure 5-6, a la forme d'un rond de fumée qui, avec le temps, se déplace de la boucle de transmission et s'agrandit en profondeur à l'intérieur du sol. La vitesse de déplacement et le pourcentage de déclin de ce rond de fumée sont influencés par la résistivité du sol, avec une vitesse de plus en plus lente et un pourcentage de déclin de plus en plus faible au fur et à mesure de la baisse de résistivité, et une vitesse de plus en plus accélérée et un pourcentage de déclin de plus en plus important au fur et à mesure de l'augmentation de la résistivité. Les valeurs approximatives de la profondeur des ronds de fumée dans les sols homogènes sont calculées selon l'équation suivante:

$$d = 0.4 \left(2 t / \mu \right)^{1/2}$$

d : profondeur (m)

ρ : résistivité ($\Omega \cdot m$)

μ : perméabilité magnétique ($4 \pi \times 10^{-7}$)

t : temps (sec)

D'après cette équation, avec une résistivité du sol de 10 ohms par exemple, un rond de fumée se déplaçant, après interruption du courant, de 1m sec et arrivant à une profondeur de 160 m, il est possible de prospecter jusqu'à une profondeur de 160 m environ en mesurant le champ magnétique secondaire jusqu'à 1 m sec.

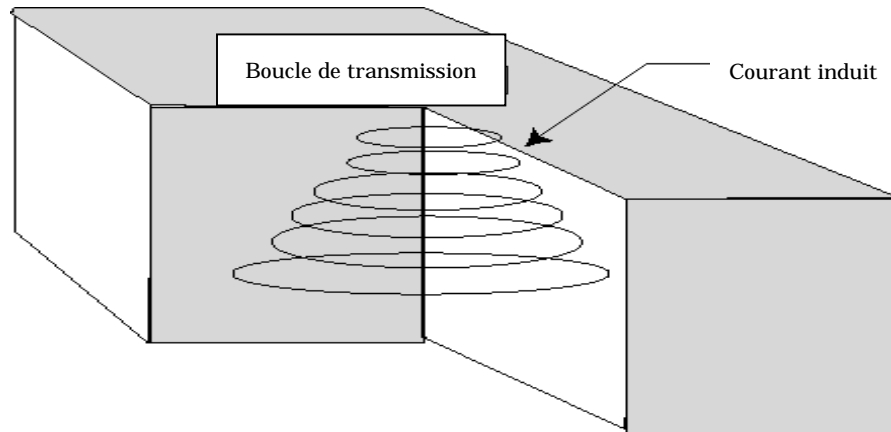


Figure 5-3 Représentation graphique du rond de fumée

Méthodes de mesure

A. Disposition des points de mesure et des boucles

Il existe, selon les objectifs, de nombreuses configurations différentes pour la disposition des boucles de transmission et des points de mesure dans la méthode TEM et c'est la disposition à l'intérieur de la boucle de type à déplacement qui a été appliquée dans le cadre de la présente étude, avec une boucle de transmission de 10 m x 10 m de dimension, une boucle de réception de 5 m x 5 m étant placée au centre de la boucle de transmission. Des points de mesure ont été disposés sur une ligne de mesure et des mesures ont été effectuées en 59 points au total.

B. Méthode de mesure

Pour chacun des points de mesure, un courant électrique d'impulsion ayant une puissance de 3A et avec une fréquence répétée de 32 Hz a été introduit dans la boucle de transmission et, après interruption du courant, le champ magnétique secondaire compris entre 0,001 et 3,024 m sec a été mesuré plus de trois fois. Plus de 256 empilements ont été effectués pour une seule mesure. Les signaux reçus ont été transformés en AD et conservés automatiquement dans la RAM (mémoire vive) de l'appareil de réception, de pair avec le jour et le numéro de la mesure. Les données sauvegardées ont

été transmises, à la fin des mesures de la journée, à un ordinateur par l'intermédiaire d'une interface RS-253C et ont traitées et analysées par la suite. Les spécifications en relation avec les mesures sont les suivantes.

- (a) Courant et tension d'envoi : 32 Hz, 3A, 150V
- (b) Composition de la mesure : direction Z
du champ magnétique secondaire
- (c) Durée d'échantillonnage : 31 canaux jusqu'à 0,001 et 3,024 msec
- (d) Nombre de mesures : 3 mesures ou plus/point
- (e) Nombre d'empilements : plus de 256
- (f) Boucle de transmission : 12 m x 12 m, 2 enroulements
- (g) Boucle de réception : 5 m x 5 m

C. Dispositif de mesure

Les spécifications du système de prospection GDP-16 de la société ZONGE utilisé lors de l'étude sont les suivantes.

Appareil	NT-20	
de transmission	Puissance de sortie maximum	4A, 180 V
	Fréquence répétée	32 Hz
Appareil	GDP-16/3 canaux	
de réception	CMOS 16 bits, avec 2 microprocesseurs intégrés	
	Précision de différence du potentiel de réception	0,03 μ v
	Tension d'entrée maximum	10 V
	Impédance d'entrée	DC-10 Mohms
	Plage dynamique	180 db, précision 16 bits
	RAM (mémoire vive)	512 KB
	Mémoire de sauvegarde des données	896 KB

Méthode de traitement et d'analyse des données

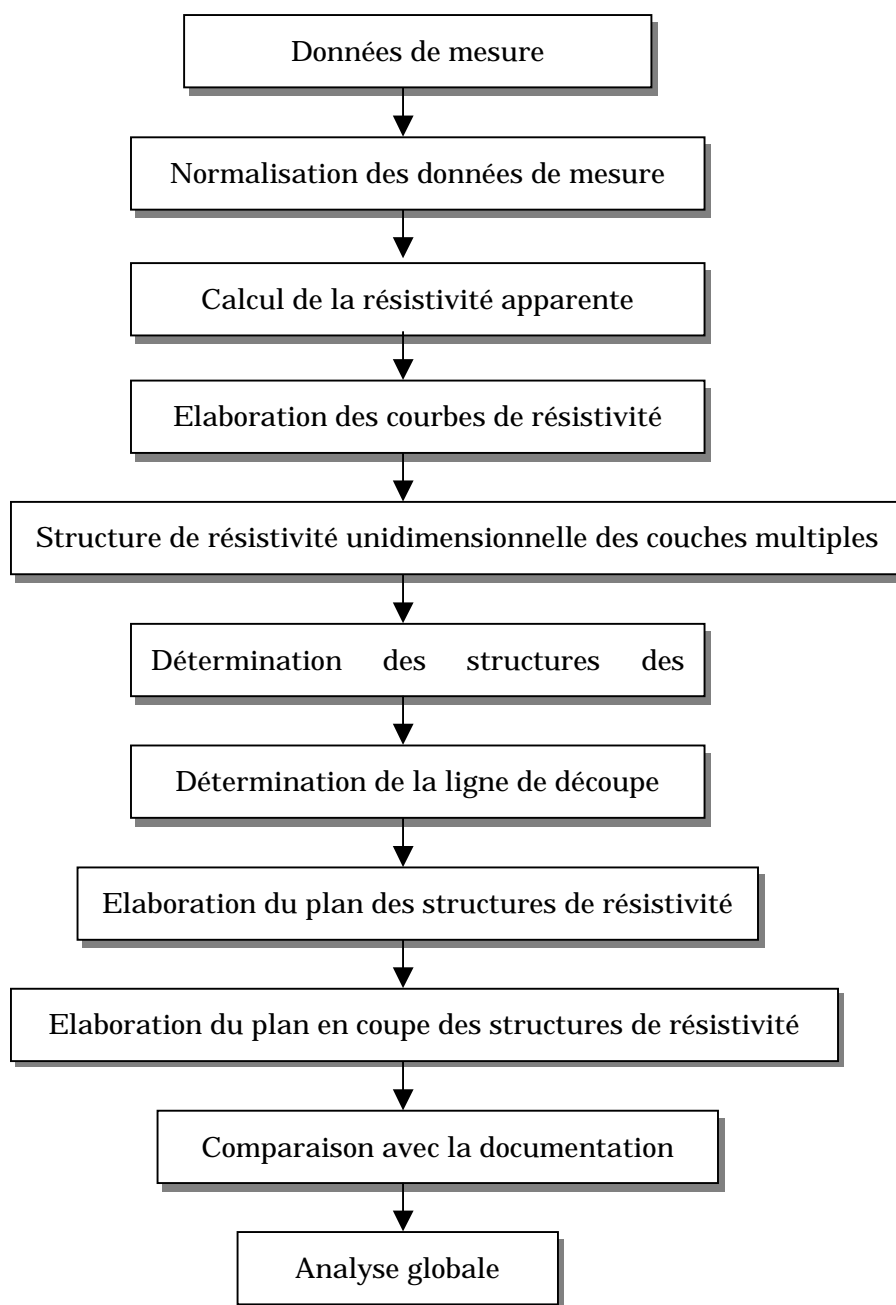


Figure 5-4 Diagramme de l'analyse par méthode TEM

A. Calcul de la résistivité apparente

La résistivité apparente a été calculée pour chaque canal selon l'intensité de composition verticale du champ magnétique secondaire. L'équation suivante a été appliquée pour ce calcul de résistivité.

$$a(t) = \mu / 4 \pi t \cdot (2 \mu AI / 5tBz)^{2/3}$$

a(t) : résistivité apparente (.M)

t : temps (sec)

μ : pourcentage de perméabilité magnétique (4×10^{-7})

A : superficie de la boucle (m^2)

I : Valeur du courant (A)

Bz : Intensité de modulation du champ magnétique secondaire (volt.)

B. analyse des structures de résistivité unidimensionnelle

Le déroulement de l'analyse des structures de résistivité unidimensionnelle par rapport aux structures horizontales est présenté dans la figure ci-dessous.

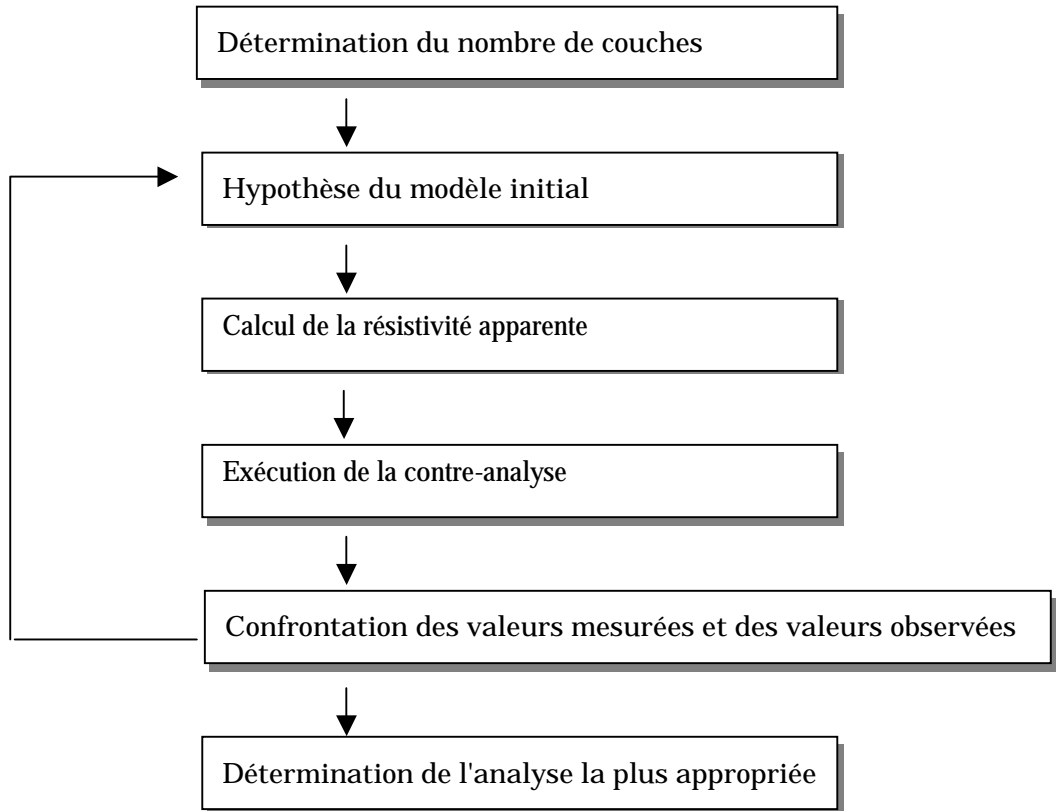


Figure 5-5 Diagramme de l'analyse des structures de résistivité unidimensionnelle

La procédure des travaux d'analyse est la suivante.

- (a) Décider le nombre de couches considérées comme les plus appropriées à partir des courbes de résistivité apparente.
- (b) Attribuer une valeur de résistivité et une épaisseur approximative en tant que valeur initiale pour chaque couche. L'épaisseur de la couche la plus profonde est considérée comme infinie.
- (c) Calculer la résistivité apparente de chaque canal par rapport aux structures de résistivité unidimensionnelle de la valeur initiale et comparer avec la valeur mesurée. Rectifier le modèle initial jusqu'à ce qu'il corresponde aux tendances.
- (d) Elaborer provisoirement un modèle initial et le rectifier automatiquement avec un programme de contre-analyse. Répéter les calculs jusqu'à ce que les valeurs calculées et les valeurs mesurées correspondent, et rechercher l'analyse la plus appropriée.
- (e) Au cas où les courbes de résistivité apparente obtenues selon l'analyse la plus appropriée et les courbes de résistivité apparente mesurée présentent des différences considérables, rectifier le modèle initial et procéder aux contre-analyses de manière répétée.

Des schémas présentant les relations entre la résistivité apparente et la durée ainsi que les relations entre la résistivité modélisée et la profondeur sont ainsi obtenus. D'autre part, il est possible d'élaborer un plan en coupe bidimensionnel sur la base de la détermination des différentes couches présentées sur le modèle unidimensionnel.

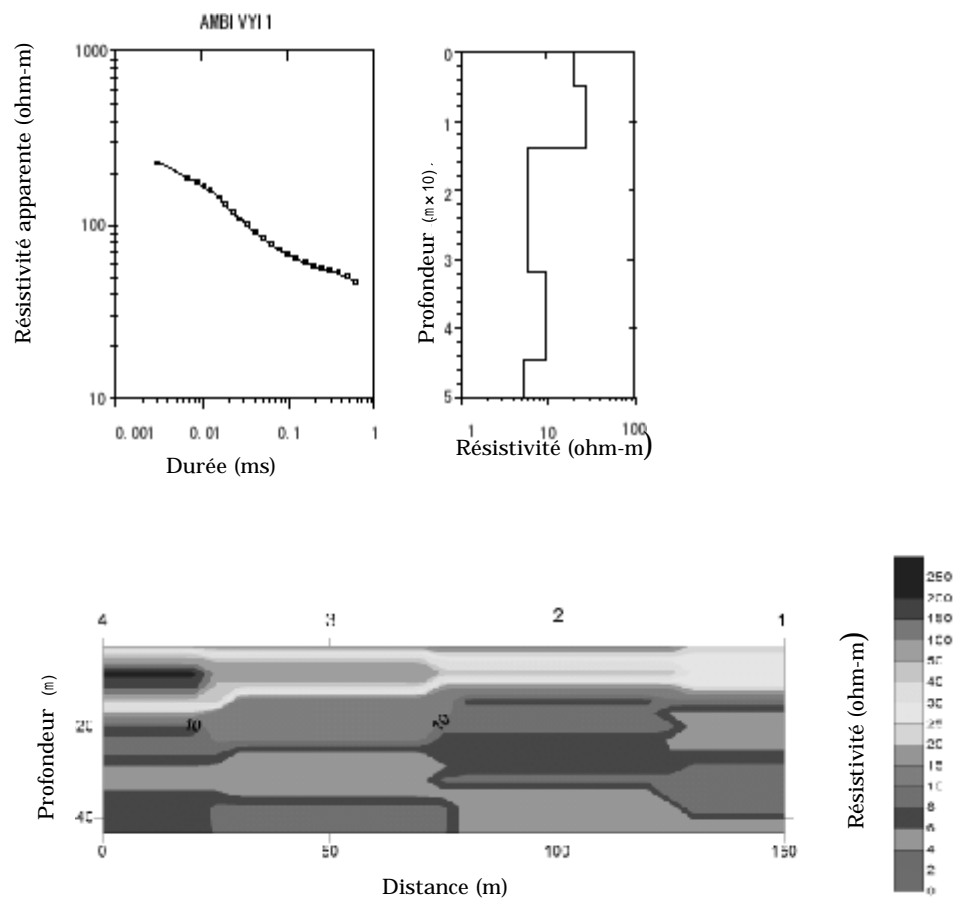


Figure 5-6 Schéma d'analyse selon la méthode TEM

5-2 Résultat d'études (1) Prospection Electrique

Sondages et profondeur de l'aquifère supposée

Tableau 5-2 Résultat d'études Prospection Electrique

Sites		Sondage	Profondeur de Prospection (m)	Géologie	Profondeur de l'aquifère Supposée (m)	Groupement
NO.	Nom de Village					
15	Miary	15-1	100	Grès de crétacé, roche de boue, calcaire	4~16, 44~68	
		15-2	100	idem	3~14, 56~68	
		15-3	100	idem	4~14, 56~84	
17	Ambivy II	17-1	100	Sable de holocène, calcaire de eocène	0.6~14, 40~100<	III
		17-2	100	idem	0.9~16, 44~100<	
		17-3	100	idem	1~14, 52~100<	
		17-4	100	idem	0.9~10, 52~100<	
25	Befasy	25-1	100	Sable, gravier, argile de pléistocène	2~12, 30~100<	II
		25-2	100	idem	2~8, 20~40, 48~100<	
		25-3	100	idem	6~10, 28~50, 56~100<	
40	Monomentinay	40-1	100	Sable, gravier, argile de holocène	4~14, 40~100<	I, II
		40-2	100	idem	3~14, 48~100<	
		40-3	100	idem	0.9~8, 48~100<	
		40-4	100	idem	0.85~8, 44~100<	
67	Analaiva	67-1	100	Sable, gravier, argile de pléistocène	0.9~16, 24~100<	II
		67-2	100	idem	0.84~100<	
		67-3	100	idem	2~60, 68~100<	
		67-4	100	idem	3~64, 70~100<	
70	Ampandora	70-1	100	Sable, gravier, argile de pléistocène	6~80, 88~100<	II
		70-2	100	idem	4~100<	
		70-3	100	idem	14~100<	
82	Marofandiliha	82-1	100	Sable, gravier, argile de pléistocène	18~48, 56~100<	II
		82-2	100	idem	10~60, 72~84	
		82-3	100	idem	6~88	
		82-4	100	idem	0.9~8, 44~88	
83	Ampataka	83-1	100	Sable, argile de pléistocène	15~40	II
		83-2	100	idem	12~44	
		83-3	100	idem	4~44	
89	Ankaraobato	89-1	100	Sable, gravier, argile de pléistocène	3~88	II
		89-2	100	idem	6~22, 26~84	
		89-3	100	idem	10~30, 28~84	
94	Ankilivalo	94-1	100	Sable, gravier, argile de pléistocène	3~20, 36~60	II
		94-2	100	idem	8~24, 52~64	
		94-3	100	idem	4~26, 32~60	
97	Bezezika	97-1	100	Sable, gravier, argile de pléistocène	12~100<	II
		97-2	100	idem	12~92	
		97-3	100	idem	6~100<	
99	Ankilimida	99-1	140	Sable, gravier, argile de pléistocène et calcaire de eocène	0.82~16, 24~30, 56~64, 76~	II
		99-2	140	idem	0.9~16, 80~140<	
		99-3	140	idem	0.9~8, 80~140<	
		99-4	140	idem	0.92~8, 80~140<	
103	Ankilizato	103-1	100	Grès, roche de boue de Crétacé	2~12	III
		103-2	100	idem	2~12	
		103-3	100	idem	4~15?	
		103-4	100	idem	4~24	
		103-5	100	idem	2~22	
		103-6	100	idem	2~24	
		103-7	260	Gres, roche du boue, basalte de crétacé	120~140, 140~260<	
		103-8	260	idem	72~220	

Sites		Sondage	Profondeur de Prospection (m)	Géologie	Profondeur de l'aquifère Supposée (m)	Groupement
NO.	Nom de Village					
106	Malaimbandy	106-1	200	Roche du boue, Gres de jurassique		III
		106-2	240	idem		
107	Ampanotoka	107-1	100	Gres, conglomérat, roche du boue de jurassique	1.5~50, 68~100<	III
		107-2	100	idem	1.1~60	
		107-3	100	idem	1.0~64	
109	Tsianaloka	109-1	100	Sable, gravier, argile de holocène et pléistocène, calcaire de eocène	8~24, 24~100<	
		109-2	100	idem	2~10, 30~48, 56~68, 76~100<	
112	Tsimafana	112-1	150	Sable, gravier, argile de holocène et pléistocène, calcaire de eocène	0.92~28, 96~150<	I, II, III
		112-2	150	idem	0.9~14, 120~150<	
		112-3	150	idem	1~14, 120~150<	
115	Ankotrofotsy	115-1	100	Terrasse de gravier de pléistocène, gres et conglomérat de jurassique	2~100<	I, III
		115-2	100	idem	1~100<	
		115-3	100	idem	0.9~100<	
116	Tsianihy	116-1	100	Roche du boue, gres, calcaire de eocène	14~44, 60~100<	III
		116-2	100	idem	6~28, 52~100<	
		116-3	100	idem	3~48, 56~100<	
		116-4	100	idem	3~40, 60~100	
117	Ankiliabo	117-1	100	Sable, gravier, argile de holocène, roche du boue, calcaire de eocène	0.86~18, 18~74, 84~100<	I, III
		117-2	100	idem	0.9~22, 22~80	
		117-3	100	idem	0.9~6, 24~32, 48~60	
		117-4	100	idem	0.9~6, 24~32	
120	Soaserana	120-1	100	Sable, gravier, argile de holocène, calcaire de eocène	2~8, 26~44	I, III
		120-2	100	idem	2.5~6, 26~40	
		120-3	100	idem	0.92~26, 26~40	
		120-4	100	idem	1~22, 22~40	
121	Antevamena-Sarodrano	121-1	100	Gres, calcaire de eocène	60~100<	III
d	Ampandrabe	d-2	100	Calcaire de jurassique	6~64	III
		d-3	100	idem	6~56	
		d-4	100	idem	6~56	
		d-4	100	idem	7~56	

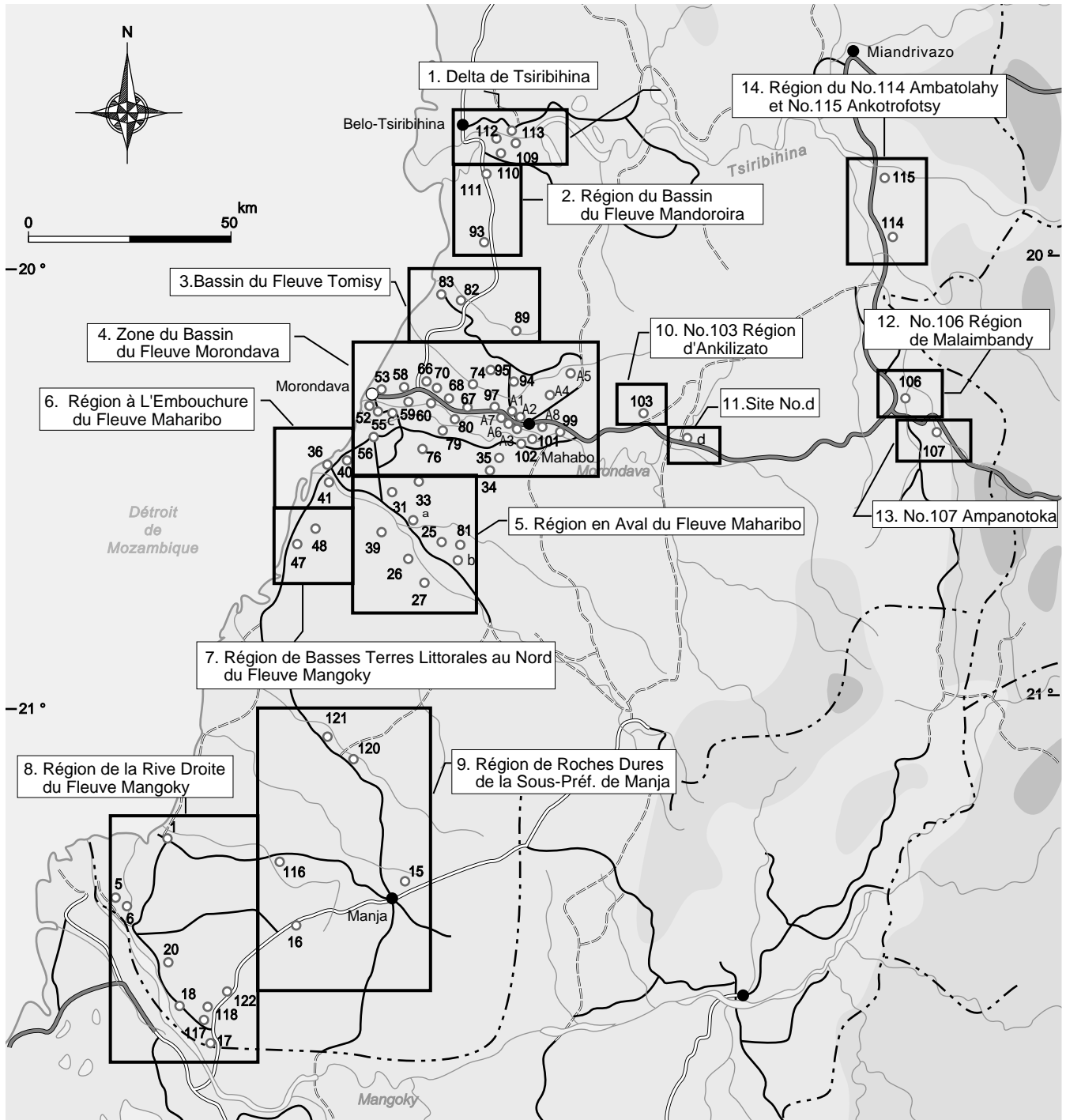
Résultat d'etudes (2) Prospection Electromagnétique

Sondages et profondeur de l'aquifère supposée

Tableau5-3 Résultat d'etudes Prospection Electromagnétique

Sites		Sondage	Profondeur de Prospection(m)	Géologie	Profondeur de l'aquifère Supposée(m)	Groupement
NO.	Nom de Village					
15	Miary	NT-1	60	Gres, roche du boue, calcaire de crétacé	1.7~10, 13~40、	III
		NT-2	60	idem	3~13, 20~54	
		NT-3	60	idem	2.8~10, 18.2~60<	
		NT-4	60	idem	4.8~11, 17~44	
16	Ambivy I	NT-1	50	Gres, roche du boue, calcaire de eocène	5~14, 32~45	III
		NT-2	50	idem	6~12, 12~34	
		NT-3	50	idem	6~25, 35~50<	
		NT-4	50	idem	5~27, 36~50<	
103	Ankilizato	NT-1	60	Gres, roche du boue, basalte de Crétacé	6~24	III
		NT-2	60	idem	5.5~22	
		NT-3	60	idem	12~16	
		NT-4	60	idem	-	
		NT-5	80	idem	4.6~16, 65~	
		NT-6	60	idem	5.2~27, 56~	
		NT-7	90	idem	6.7~13, 34~	
		NT-8	60	idem	2~25, 53~	
		NT-9	60	idem	4~20, 56~	
		NT-10	60	idem	4~7, 52~	
		NT-11	60	idem	7~17	
106	Malaimbandy	NT-1	80	Roche du boue, gres de jurassique	-	III
		NT-2	50	idem	-	
		NT-3	50	idem	-	
		NT-4	60	idem	-	
		NT-5	70	idem	-	
		NT-6	100	idem	-	
		NT-7	90	idem	-	
		NT-8	80	idem	-	
		NT-9	60	idem	-	
		NT-10	50	idem	-	
		NT-11	50	idem	-	
		NT-12	50	idem	-	
		NT-13	60	idem	-	
		NT-14	60	idem	-	
		NT-15	40	idem	-	
		NT-16	60	idem	-	
120	Soaserana	NT-1	70	Sable, gravier, argile de holocène, calcaire de eocène	0.92~40	III
		NT-2	70	idem	1~40	
		NT-3	100	idem	1~40	
		NT-4	110	idem	1~33	
		NT-5	80	idem	1~43	
		NT-6	70	idem	2.5~40	
121	Antevamena-Sarodrano	NT-1	70	Gres, roche du boue, calcaire de eocène	9~27, 51~	III
		NT-2	70	idem	4~24, 68~	
		NT-3	70	idem	8~30, 58~	
		NT-4	60	idem	2~	
		NT-5	60	idem	6~	
		NT-6	50	idem	5~	
d	Ampandrabe	NT-1	60	Calcaire de jurassique	6~	III
		NT-2	60	idem	3.8~	
		NT-3	40	idem	3.1~	
		NT-4	50	idem	4~	
		NT-5	50	idem	3~	
		NT-6	50	idem	6~	

Fig.6-1 Carte de Division Hydrogéologique des Zones du Projet



6. Aspects hydrogéologiques de la région de l'étude

A partir de la classification par type de structure des eaux souterraines dans les zones de regroupement des eaux de la région de l'étude, la classification suivante a été effectuée et elle est présentée ci-après.

(1) Delta de Tsiribihina

Cette région, dans laquelle sont situés quatre villages concernés par le présent projet, se trouve au pied du plateau sur la rive gauche du fleuve Tsiribihina et sur la tangente des basses terres du delta. En raison de l'érosion du pied du plateau due aux changements fréquents de l'écoulement du fleuve Tsiribihina, de la transformation en baies de la partie en aval des petits marais due à la hausse du niveau de la mer qui s'est produite à plusieurs reprises au cours du Quaternaire et de l'accumulation de sédiments dans ces baies, la tangente au pied du plateau est devenue complexe. L'altitude dans la plaine où se trouve le village n°109 de Tsianaloka, dans la partie la plus en amont, n'est que de 6 m environ au-dessus du niveau de la mer. Les résultats d'étude obtenus dans les différents villages concernés sont les suivants.

i) N°109 Tsianaloka

Des forages pilote ont été excavés lors de l'étude de développement dans les basses terres où se trouve le village. L'excavation a d'abord été effectuée jusqu'à 73 m, avec des couches de sable et de conglomérats appartenant à l'ère Holocène jusqu'à 26 m de profondeur et des couches alternées de calcaire et d'argile de l'ère Eocène à une plus grande profondeur, le niveau statique étant de 17,8 m. Ce forage présentant une EC = 5,230 μ S/cm particulièrement élevée, il n'a pu être utilisé et un autre forage a été effectué à proximité jusqu'à une profondeur de 22 m dans les conglomérats de l'ère Holocène, qui a également donné une EC = 2.335 μ S/cm élevée, les résultats n'étant donc pas appropriés pour l'eau potable.

Lors de la présente étude, deux prospections électriques ont été effectuées dans les basses terres des villages, à des intervalles de 330 m entre les points de mesure. La résistivité des couches étant peu élevée avec moins de 10 Ω -m, on suppose que les eaux souterraines ont été contaminées par une couche argileuse

et par la pénétration de l'eau de mer. Toutefois, au point de mesure [109-2] de la prospection électrique exécutée à 330 m au sud du forage pilote de l'étude de développement précédente (les latérites en affleurement sur les petites falaises au sud de l'école primaire, à environ 4 m au-dessus des basses terres, faisant supposer que les structures géologiques du sous-sol sont composées de roches sédimentaires du Pléistocène), ont été déterminées, de la surface du sol jusqu'à 28 m de profondeur des couches d'argile, de sable et de conglomérat du Pléistocène et, à une plus grande profondeur, des couches de pélite, de calcaire et de grès. La résistivité est élevée en comparaison avec le point de mesure [109-1] des basses terres, et on suppose que l'aquifère est formé dans le sable, les conglomérats, les grès et le calcaire. Etant donné que la couche d'argile située entre 10 et 30 m et la couche de pélite se trouvant entre 48 et 56 m jouent le rôle de chapeau empêchant l'eau de mer de pénétrer, on peut espérer que l'exploitation des eaux souterraines dans le plateau fournira des résultats probants (étant donné qu'il s'agira de forages avec pompe à main qui ne seront pas utilisés s'ils sont trop éloignés des villages, les nouveaux forages devront être installés à l'extrémité sud dans la cour de l'école primaire).

ii) N°110 Kiboy

Ce village est situé à environ 3,5 km à l'ouest du village n°109 et se trouve sur le versant nord du plateau à une altitude d'approximativement 18 m, sur une pente douce recouverte de latérite. Des ONG procèdent actuellement à l'excavation de puits dans le cadre d'une aide de la Suisse et un forage a été effectué jusqu'à une profondeur de 10 m lors de l'étude jusqu'à la date du 14 août. Toutefois, les latérites se poursuivent jusqu'à cette profondeur, sans que l'on arrive encore au niveau des eaux souterraines, et l'excavation devrait se poursuivre jusqu'à une profondeur de 17 mètres. Si de l'eau peut être trouvée à cette profondeur, l'altitude du fond du puits sera de 1 m au-dessus du niveau de la mer et il y aura donc peu d'inquiétude à avoir pour une éventuelle contamination par l'eau de mer. L'exploitation des eaux souterraines dans ce village est donc prometteuse. Les villageois utilisent actuellement l'eau du fleuve (Tsiribihina).

iii) N°112 Tsimafana

Ce groupe se trouve à l'extrémité ouest et le village est situé dans le delta, à une altitude d'environ 6 m. La partie sud du village est formée d'un plateau

d'environ 20 m de hauteur recouvert de latérites, la partie nord étant formée de basses terres de delta possédant plusieurs bandes de terrain formant de petites cavités reliées d'est en ouest. Sur la rive gauche du fleuve Tsiribihina avec débarcadère, se trouve une digue naturelle ayant une largeur d'environ 100 m et une hauteur comprise entre 2 et 3 m.

Quatre puits existent à l'intérieur du village. Ils ont une profondeur comprise entre 4 et 5 m, un niveau d'eau statique de 3 m environ et EC comprise entre 500 et 950 μ S/cm. Il existe également les ruines d'un forage (?) qui aurait été creusé il y a trente ans, mais aucune information détaillée n'a pu être obtenue. Une pompe à main aurait été installée après l'excavation mais le forage a été rapidement abandonné, en raison probablement de la mauvaise qualité de l'eau.

Dans ce village, une prospection électrique a été effectuée en trois points, à des intervalles de 150 m. Les résultats de cette prospection sont présentés dans les schémas en annexe et se résument de la manière suivante. Une couche de 15 à 28 m formée de sable et de graviers de l'Holocène a été découverte à une profondeur de 12 à 14 m à partir de la surface, suivie, à une profondeur comprise entre 96 et 128 m, d'une couche à faible résistivité (couche à prédominance d'argile mais comprenant en sandwich, au point de mesure [112-1], des couches supposées de sable entre 12 et 28 m, d'une part, et 76 et 96 m, d'autre part) de 1,0 m du Pléistocène, avec à une plus grande profondeur encore une couche que l'on suppose constituée de pélites, incorporant des calcaires de l'ère Eocène.

En d'autres termes, l'eau utilisée dans le village provient des eaux souterraines peu profondes de l'aquifère formé par une couche de sable et de graviers de l'Holocène et situé à proximité de la surface du sol. La qualité de l'eau pourra se maintenir au niveau jugé possible pour l'utilisation, si les quantités d'utilisation actuelles sont conservées. Toutefois, il y aura probablement pénétration d'eau salée, si la consommation augmente et si le niveau des eaux enregistre une baisse importante. Il est par conséquent nécessaire d'envisager l'excavation d'un forage pour les ressources en eau, dans la couche de sable et de graviers du Pléistocène sur le plateau (altitude de 25 à 30 m), à environ 2 km au sud du village, ainsi que la mise en place d'un système d'approvisionnement en eau avec prise, envoi et distribution de l'eau par motopompes.

iv) N°113 Mananjaky

Ce village est situé à 2,5 km environ à l'est du village n°112. Il se trouve dans les basses terres du delta, au point le plus proche du fleuve Tsiribihina dont le cours va en serpentant. La partie sud du village est constituée d'un plateau en pente douce. L'exploitation des eaux souterraines dans ce village semble à première vue difficile, mais elle ne peut être complètement rejetée dans la zone de la pente du plateau. Etant donné que le forage sera équipé de pompes à main, il ne devra pas être trop éloigné du village et la sélection de l'emplacement devra par conséquent être effectuée avec attention. Le puits existant actuellement dans le village a une profondeur de 10 m, un niveau statique de 5 m et $EC = 969 \mu S/cm$.

Si, en définitive, l'exploitation des eaux souterraines dans la région de la rive gauche du delta du fleuve Tsiribihina semble relativement difficile, elle ne peut non plus être complètement abandonnée. Il sera nécessaire, lors de l'exploitation, de procéder à une prospection électrique à une profondeur de 100 m environ dans 4 ou 5 points de chacun des villages et de déterminer l'emplacement approprié pour les forages.

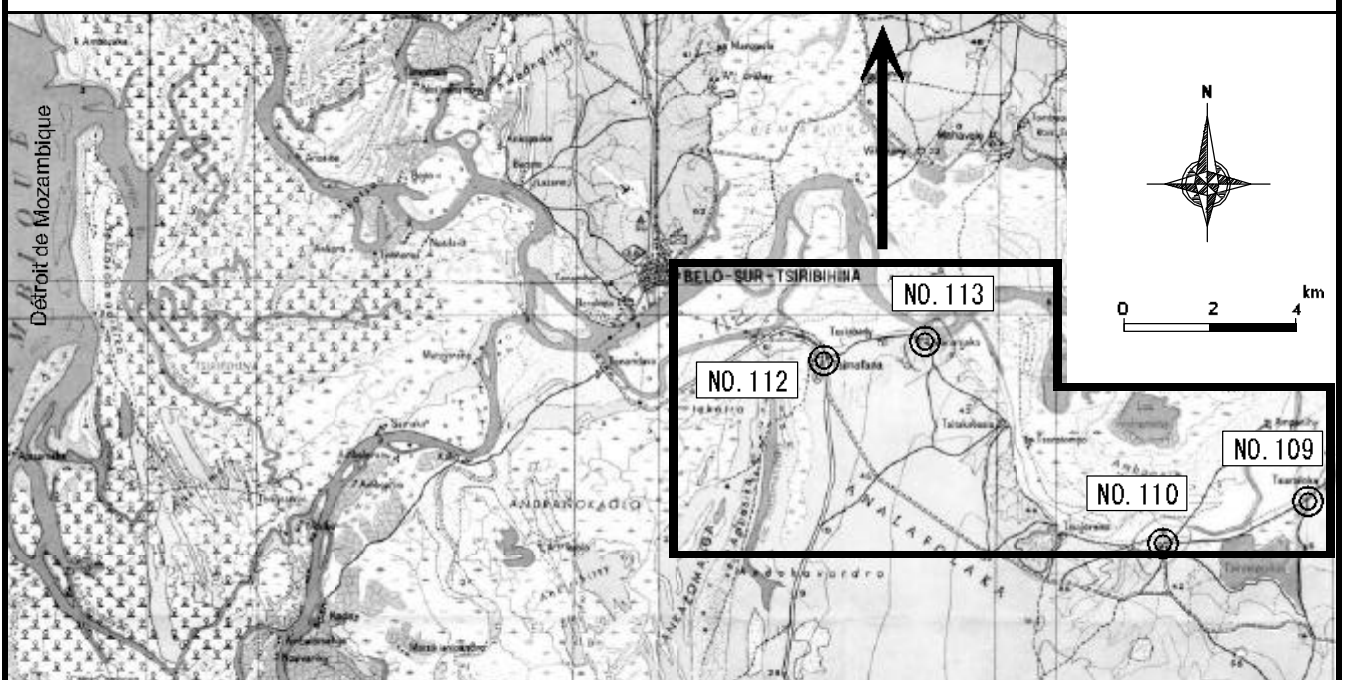
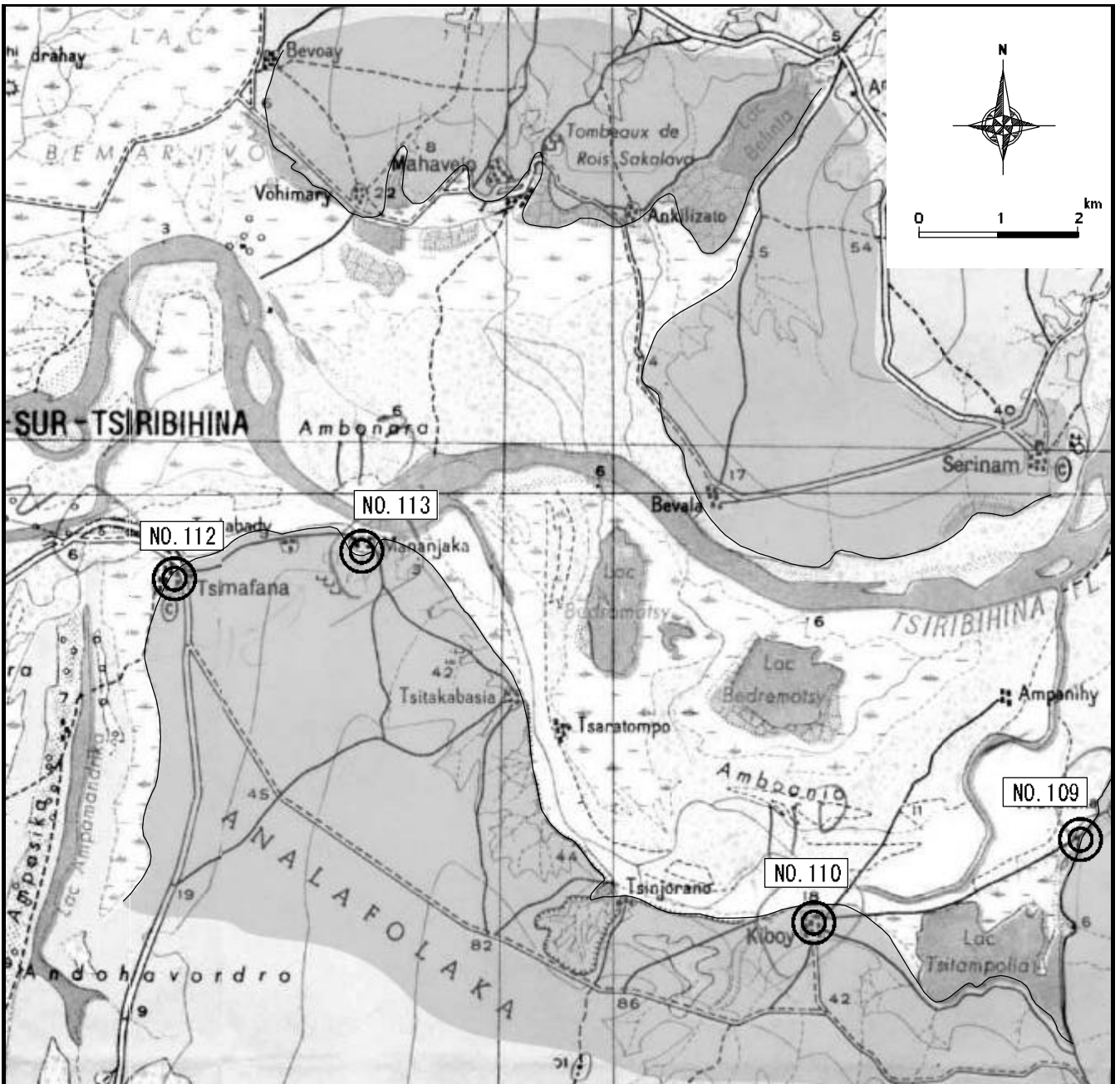


Fig.6-2 Carte Schématique des Sites : Delta de TSIRIBIHINA (No.109,110,112,113)

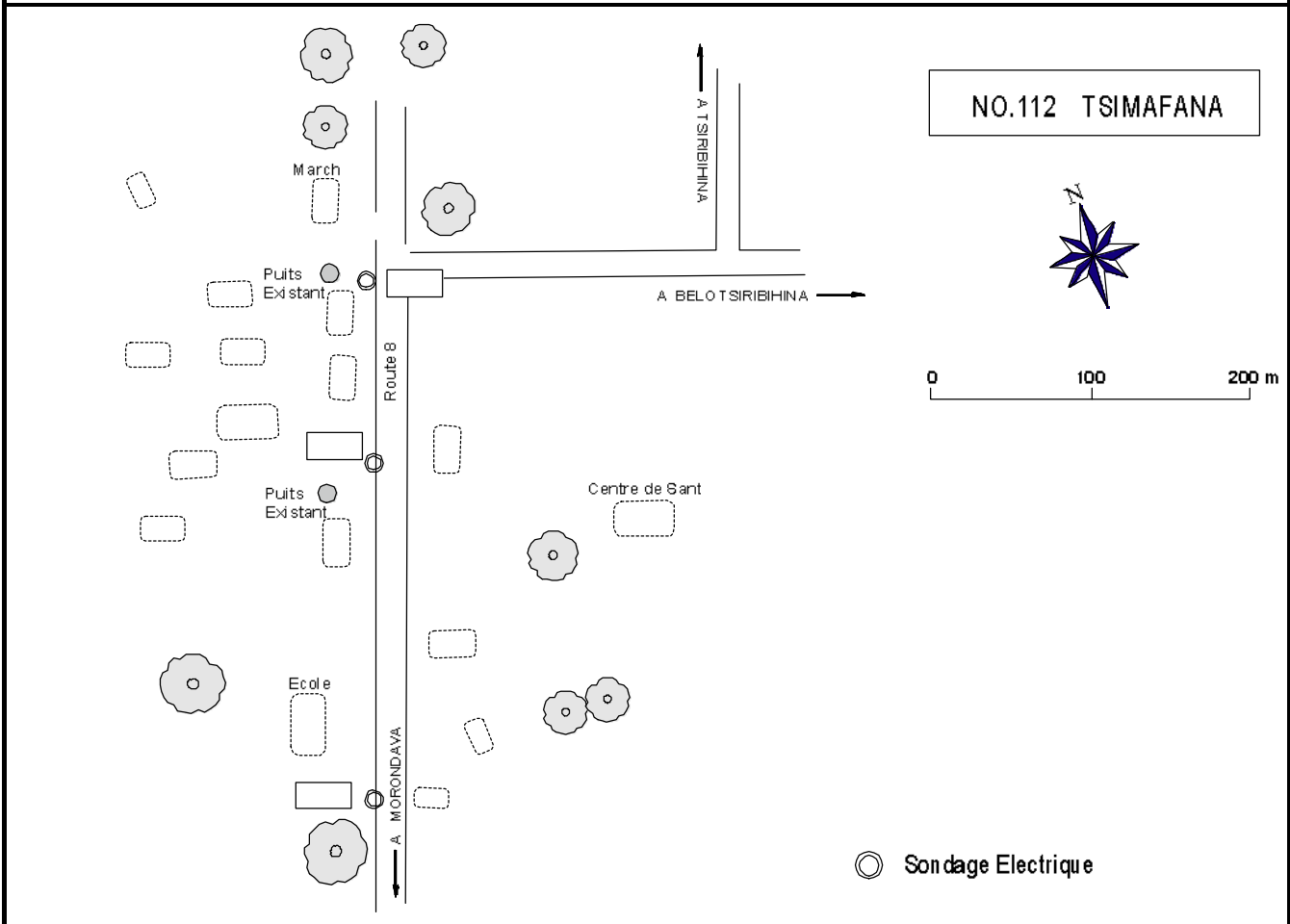
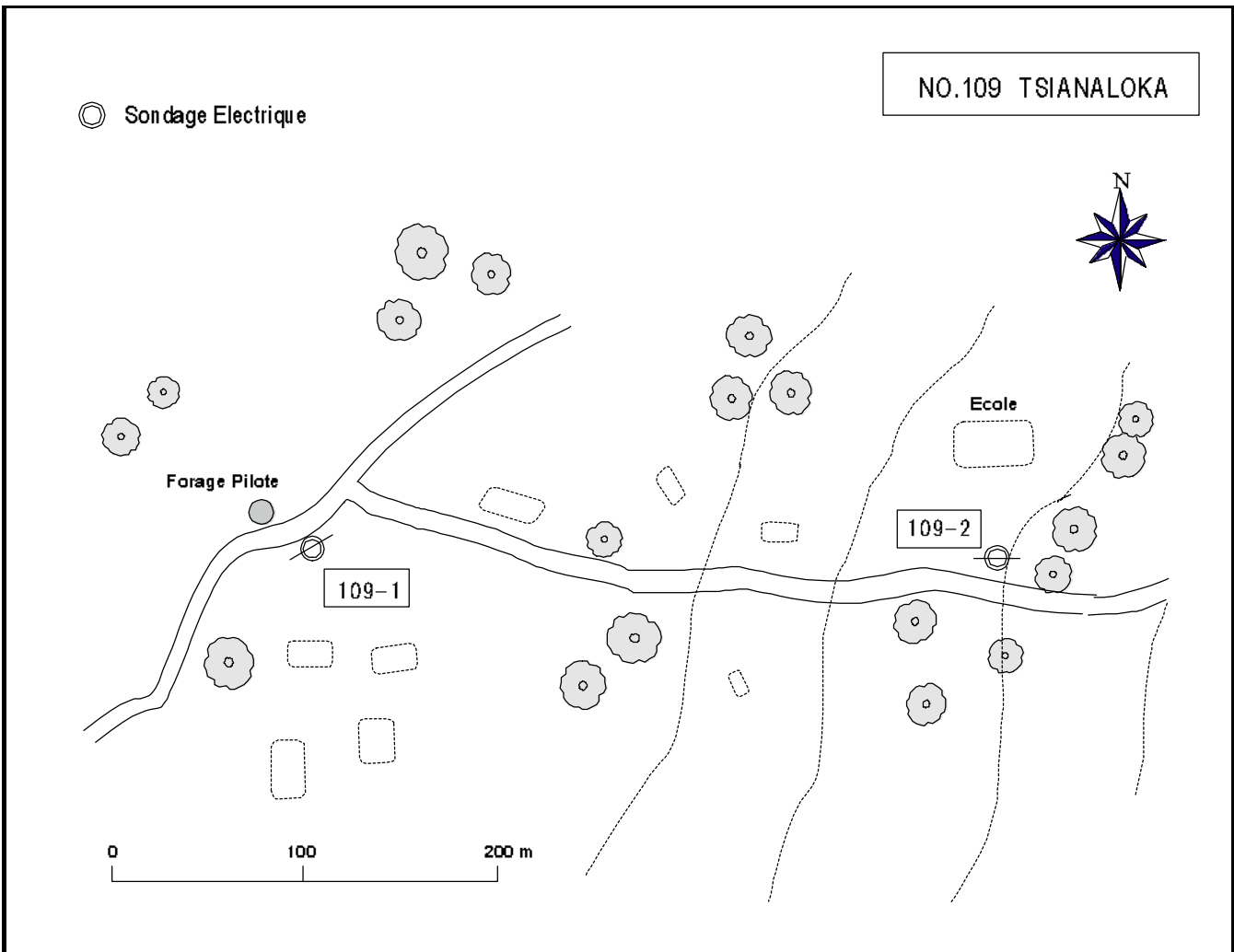


Fig.6-3 Points de la Prospection Géophysique:Delta de TSIRIBIHINA

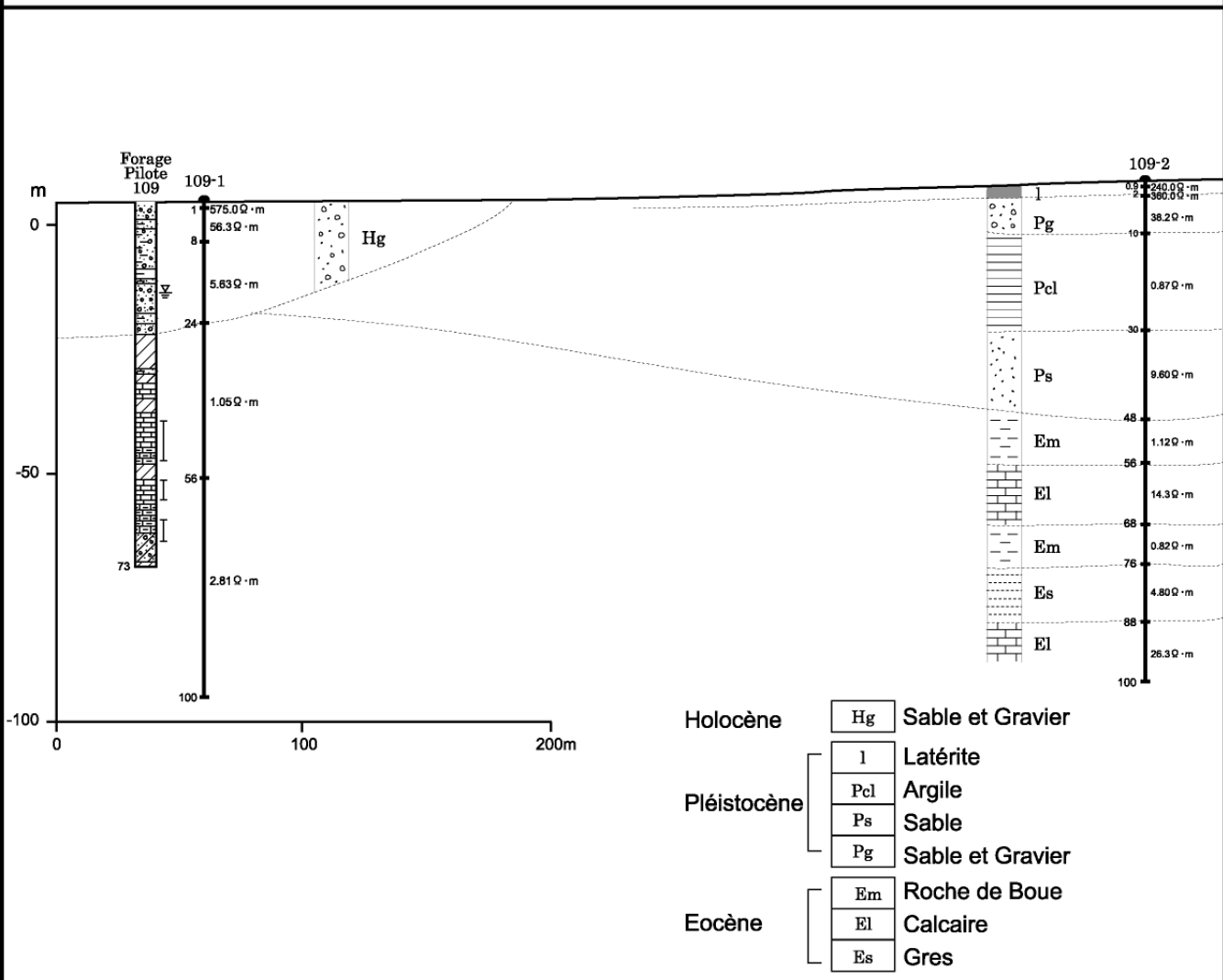
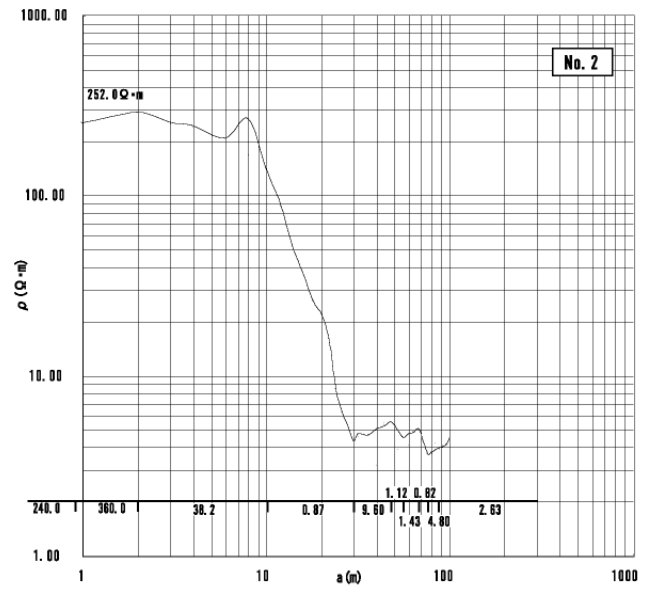
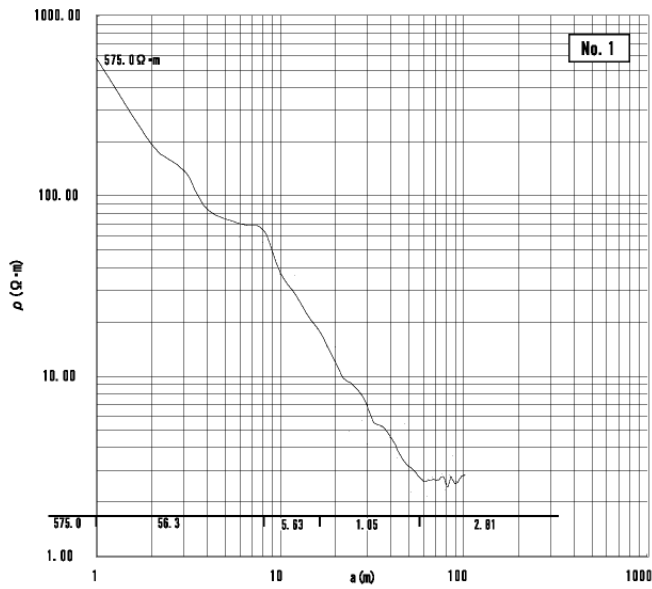


Fig.6-4 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.109

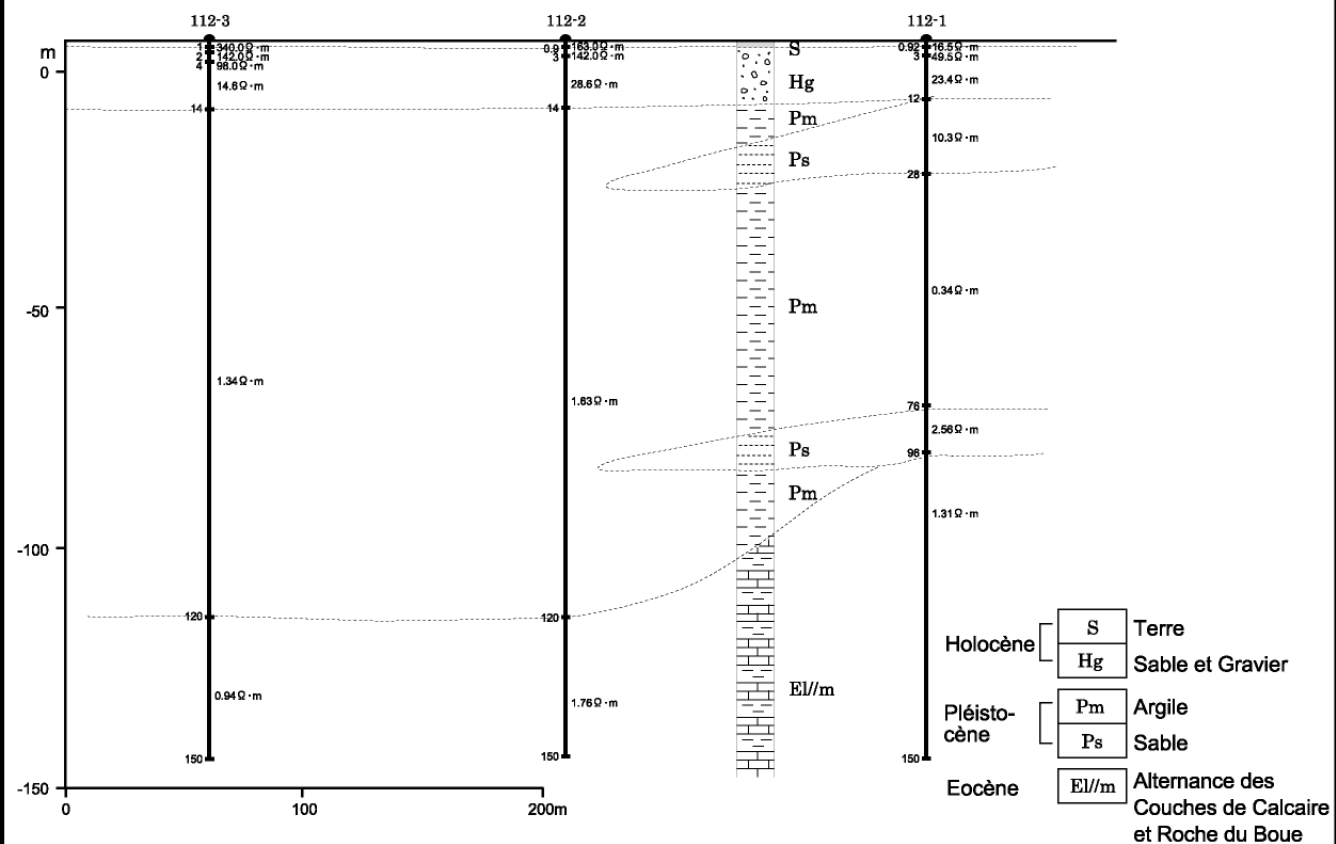
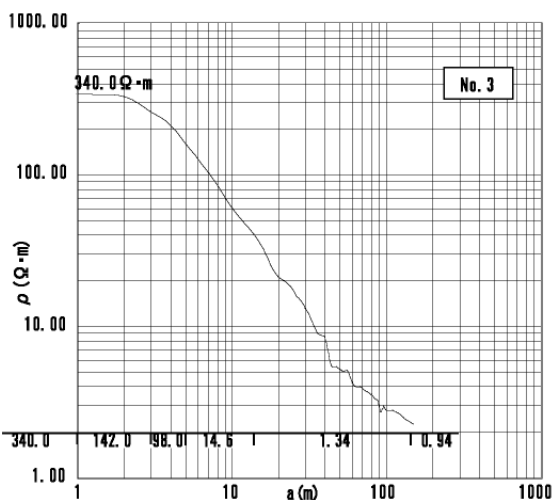
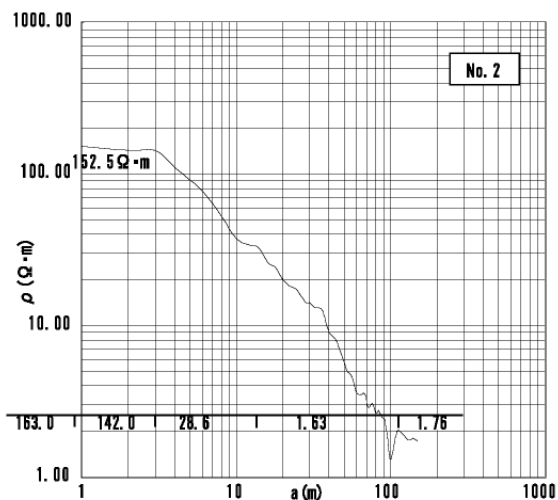
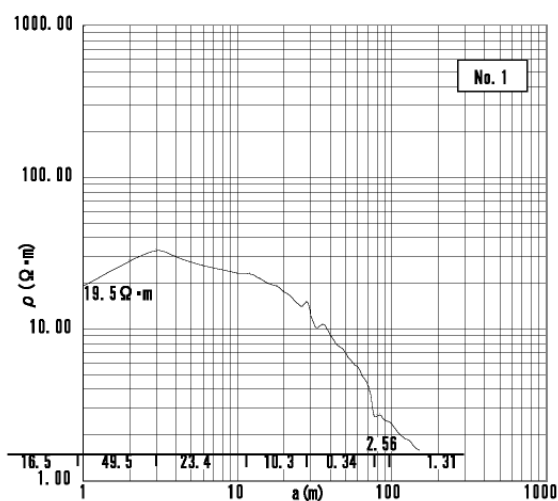


Fig.6-5 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.112

(2) Région du bassin du fleuve Mandoroira

Elle est formée de plateaux, d'une altitude comprise entre 24 et 30 m, du côté nord et du côté du plateau alluvial du fleuve Mandoroira, formés à l'ère Pléistocène. Le village n°93 Bereboka Sud se trouve sur la rive gauche du fleuve et le village n°111 Croisement Antsoka sur la rive droite.

i) N°93 Bereboka Sud

Il est situé à une altitude de 30 m sur la droite gauche du fleuve Mandoroira. Le forage de l'étude de développement précédente a été couronné de succès pour la prise d'eau (profondeur de 75 m, niveau statique de 6,12 m, s = 6,11 m et 721 m³/j). L'eau est de bonne qualité, avec EC = 650 µ S/cm et aucun problème n'est à déceler pour l'exploitation des eaux souterraines. Ce forage n'est pas utilisé actuellement car la pompe à main est en panne.

ii) N°111 Croisement Antsoka

Il est situé sur le plateau de la rive droite du fleuve Mandoroira, à environ 8 km au nord du village n°93. Une excavation est actuellement en cours et était arrivée jusqu'à 12,5 m le 14 août 2000. Le niveau statique semble être de 10 m et la qualité de l'eau bonne. A en juger par la situation des forages de l'étude de développement précédente du village n°93 situé au sud, l'exploitation des eaux souterraines semble être tout à fait possible.

Tableau 6-1 Analyse de la qualité de l'eau par le laboratoire national (JIRAMA)

N° de site	TH	Ca	Fe	Mn	F	Cl	NH4	NO3	Turbidité	Couleur	Odeur	DCO
111	19,2	72,80	0,017	-	0,43	173,95	0,000	0,576	2,9	Incolore	Aucune	Traces

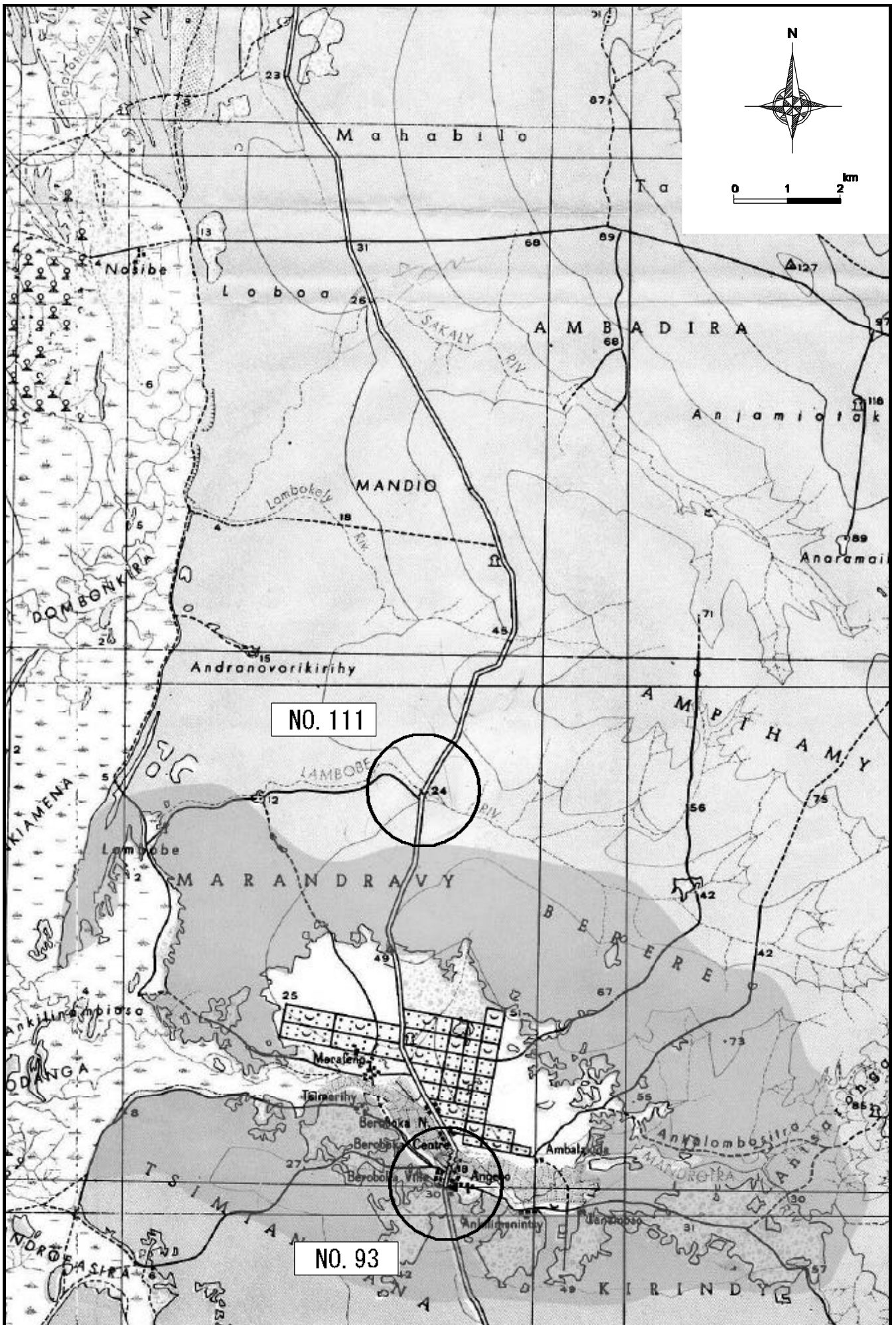


Fig.6-6 Carte Schématique des Sites : Bassin de Fleuve MANDOROIRA

(3) Bassin du fleuve Tomitsy

Dans cette région, l'étude portera sur trois villages pratiquement alignés d'est en ouest, sur le plateau de la rive gauche du fleuve Tomitsy traversant la principale route régionale n°8 reliant les villes de Morondava et de Belo-Tsiribihina. Dans la même région, se trouve le village de Marofandiliha n°82, situé le long de la route n°8, avec, à l'ouest et à proximité de la côte, le village n°83 Anpataka et, à l'est, à l'intérieur des terres, le village n°89 Ankaraobato. Le village n°83 Anpataka à l'extrémité aval du fleuve est situé à une altitude de 7 m, à la pointe ouest du plateau recouvert de latérites. Le fleuve Tomitsy, s'écoulant vers l'ouest du côté nord de la région, est situé dans des gorges creusant le plateau vers le bas, avec des falaises érodées ayant des différences de hauteur de 4 à 5 m et son cours est à sec pendant la saison sèche.

i) N°83 Ampataka

Il est situé à la pointe ouest du plateau se trouvant à l'extrémité aval du fleuve. Le village est situé sur la pente douce d'un plateau recouvert de latérites, la partie ouest se transformant rapidement en basses terres alluviales du fleuve Tomitsy. Dans ces basses terres, se trouvent de nombreux lacs en croissant formés par les crues du Tomitsy et, les eaux s'écoulant sur une pente hydraulique extrêmement faible, nombreux sont les emplacements où pénètre l'eau de mer durant les grandes marées.

Au sud du village, se trouvent deux puits avec tubage en béton d'une profondeur de 8 m, creusés par l'ONG [G.S.M.]. Avec un niveau statique de 5,5 m, et EC élevée de 1.951 μ S/cm, ils ne sont pas utilisés par les villageois qui vont s'approvisionner dans les étangs et les marais ou dans les fleuves. Au moment de la présente étude, un puits est actuellement creusé manuellement à l'intérieur du village par une association de villageois mais, en date du 13 août, une profondeur de 4 m a été excavée jusqu'à une couche de sable de couleur jaune-brun, sans parvenir à la surface des eaux souterraines.

Lors de la présente étude, une prospection électrique a été effectuée en trois points à 150 m d'intervalle dans le village. La résistivité de la couche, avec moins de 3 Ω -m, étant très faible, il est à craindre qu'elle ne soit composée principalement de boues du Pléistocène, avec tendance à la salinité. Toutefois,

une couche supposée de sable avec une résistivité légèrement élevée (2,7 à 3,8 μ S/cm) est répartie jusqu'à une profondeur de 24 m environ et il est possible d'espérer certains résultats en matière d'eaux souterraines.

ii) N°82 Marofandiliha

Ce village est situé à 22 m d'altitude, sur la partie plate au sommet du plateau, dont la surface est recouverte de latérites. Il existe dans ce village un puits d'une profondeur de 7 m avec tubage en béton. Avec un niveau statique de 4,5 m, EC de 4.650 μ S/cm et une forte teneur en sel, l'eau ne peut être utilisée que comme eau utilitaire, les villageois utilisant comme source d'eau les marais situés à 800 m au sud du village.

Une prospection électrique en quatre points éloignés par des intervalles de 150 m a été effectuée dans ce village. La couche avec une résistivité élevée allant jusqu'à une profondeur de 6 m, au point de mesure [82-2] à proximité du puits existant, constitue l'aquifère de ce puits. Toutefois, une couche de faible résistivité (1,8 μ S/cm), supposée être d'argile, est répartie entre 6 et 10 m, une couche à résistivité élevée comprise entre 10 et 30 μ S/cm se poursuivant en dessous. On suppose que cette couche inférieure à haute résistivité forme un aquifère de bonne qualité et l'exploitation des eaux souterraines pourra donc probablement donner de bons résultats.

iii) N°89 Ankaraobato

Ce village est situé dans la partie la plus en amont du bassin, à la surface au sommet d'un plateau d'une altitude de 35 m. Trois puits avec tubage en béton d'une profondeur de 8 m environ existent à l'intérieur du village, mais l'un d'entre eux a été abandonné. Le niveau statique est de 5 m pour les trois puits, leur EC étant élevée avec 1.170 μ S/cm pour le puits construit par l'ONG Fitatie, 1.027 μ S/cm pour le puits creusé par l'organisation religieuse [F.L.M.] et 1.593 μ S/cm pour le puits abandonné. Le puits du F.L.M semblerait contenir des insectes.

Les résultats d'une prospection électrique effectuée dans trois points à des intervalles de 150 m dans ce village ont permis de découvrir la présence d'une couche de résistivité élevée supposée être composée de graviers et de graviers grossiers à une profondeur comprise entre 30 et 80 m, formant probablement un

bon aquifère. Les mêmes conditions géologiques ont été également supposées pour le village n°82.

La EC élevée dans la zone des eaux souterraines peu profondes se poursuivant d'est en ouest et remarquée dans les trois villages sur la rive gauche du fleuve Tomitsy peut s'expliquer par la teneur en minerais à l'intérieur de la couche géologique dans la région en amont. Toutefois, des conditions semblables se retrouvent pour le n°25 Befasy dans la zone de forêts au sud et dans les villages environnants et, en comparant également avec les résultats de l'étude, on peut supposer que la principale raison est que, dans la région de forêts peu approvisionnées en pluies pendant la saison sèche où se trouvent ces villages, les eaux souterraines se concentrent en raison de la baisse de niveau et de l'évapotranspiration, et présentent une forte salinité. On peut par conséquent prévoir que la qualité des eaux s'améliore pendant la saison des pluies. Lorsqu'il existe une couche d'argile au niveau supérieur en particulier, les eaux souterraines en couche profonde dans l'aquifère en dessous de ce niveau devant être de bonne qualité aussi bien en saison sèche que pendant la saison des pluies, des espoirs peuvent être attendus de l'exploitation des eaux souterraines dans ces trois villages, à l'exception du n°83 Anpataka. Lors de l'excavation des nouveaux forages, une nouvelle prospection électrique supplémentaire sera effectuée en trois points environ dans chacun des villages et les emplacements de ces forages devront être sélectionnés après avoir identifié de manière plus détaillée les structures hydrogéologiques.

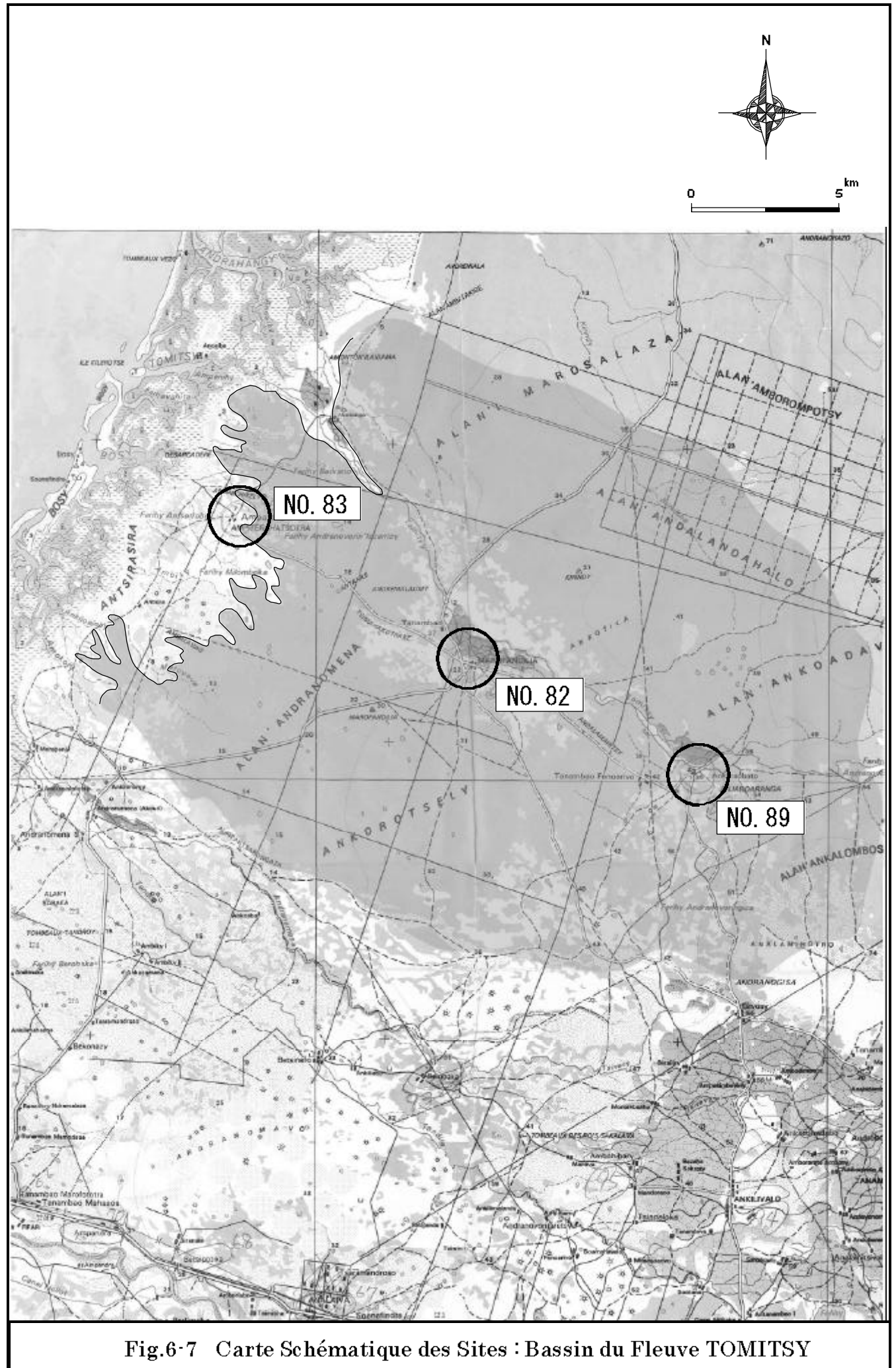


Fig.6-7 Carte Schématique des Sites : Bassin du Fleuve TOMITSY

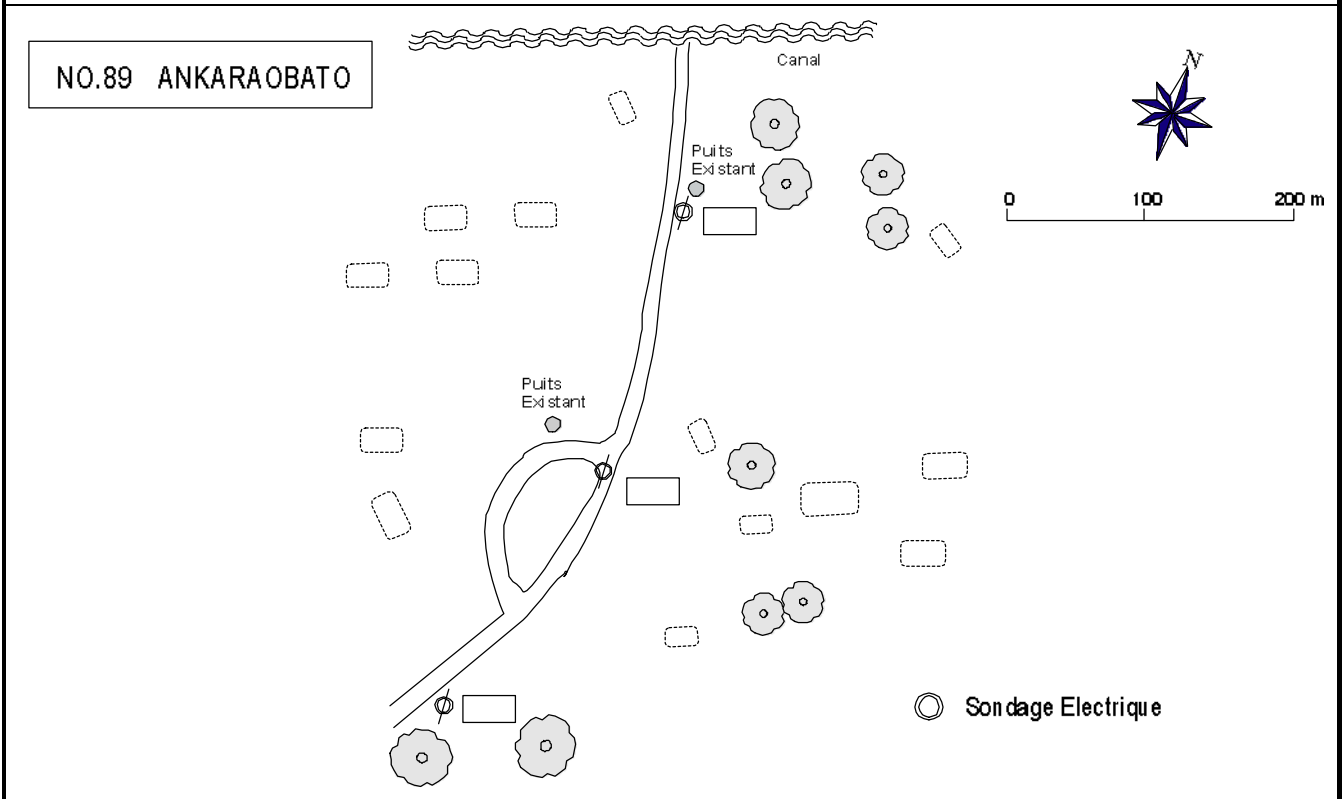
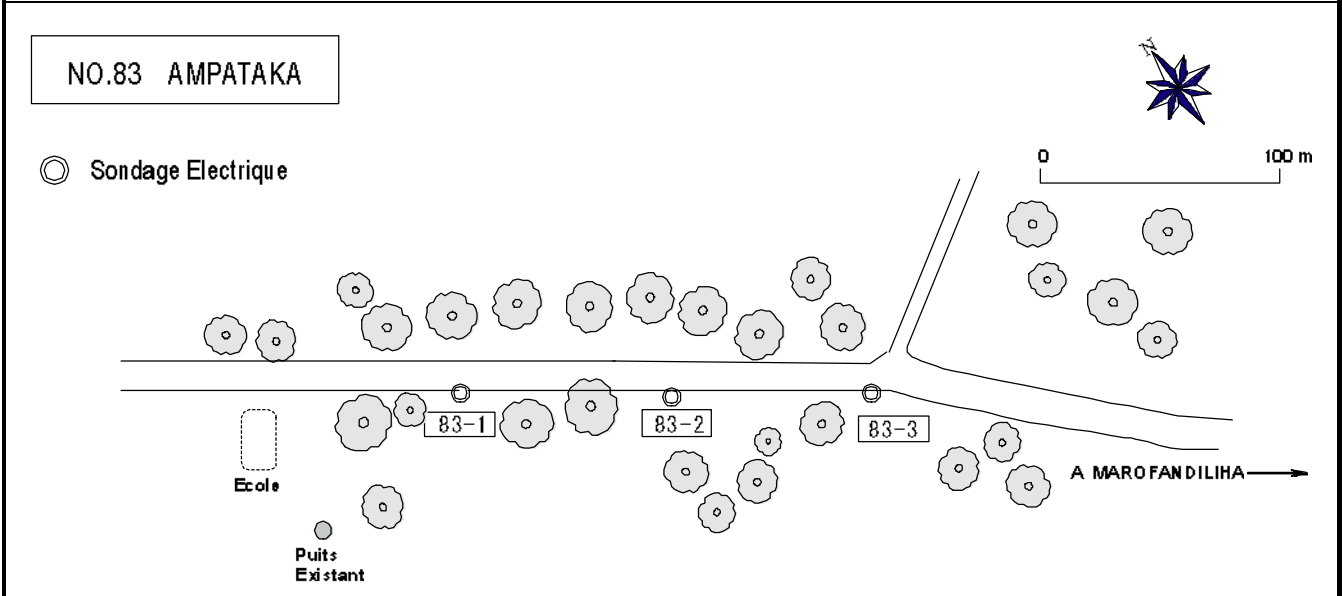
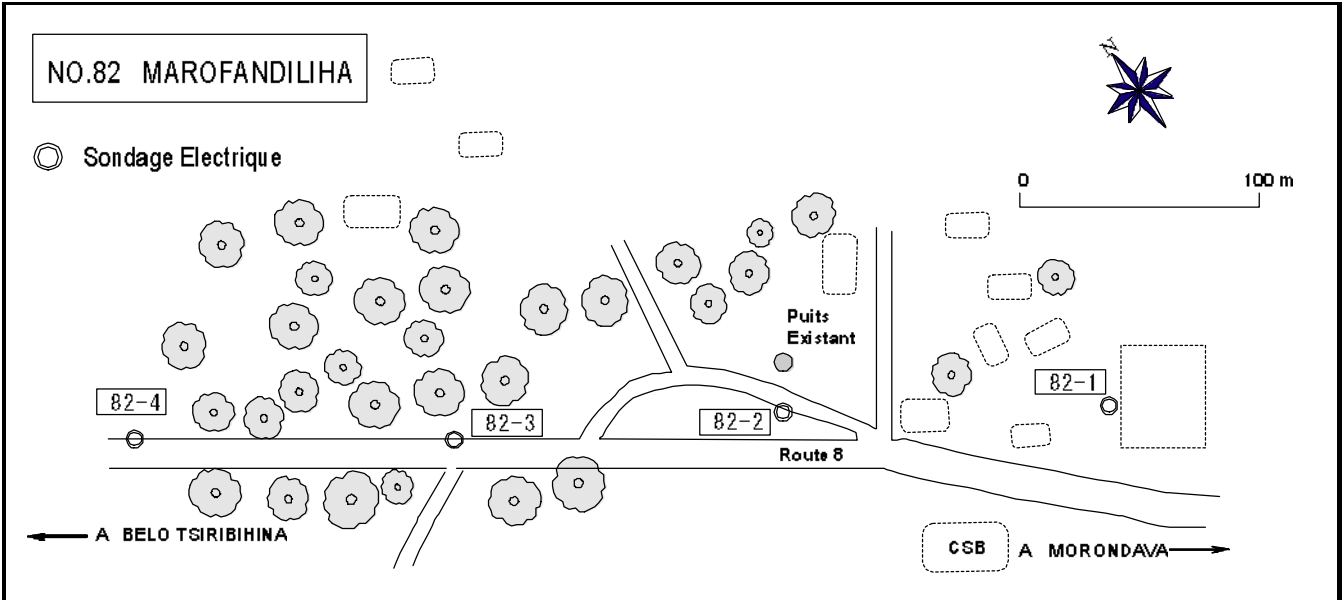


Fig.6-8 Points de la Prospection Géophysique : Bassin du Fleuve TOMITSY

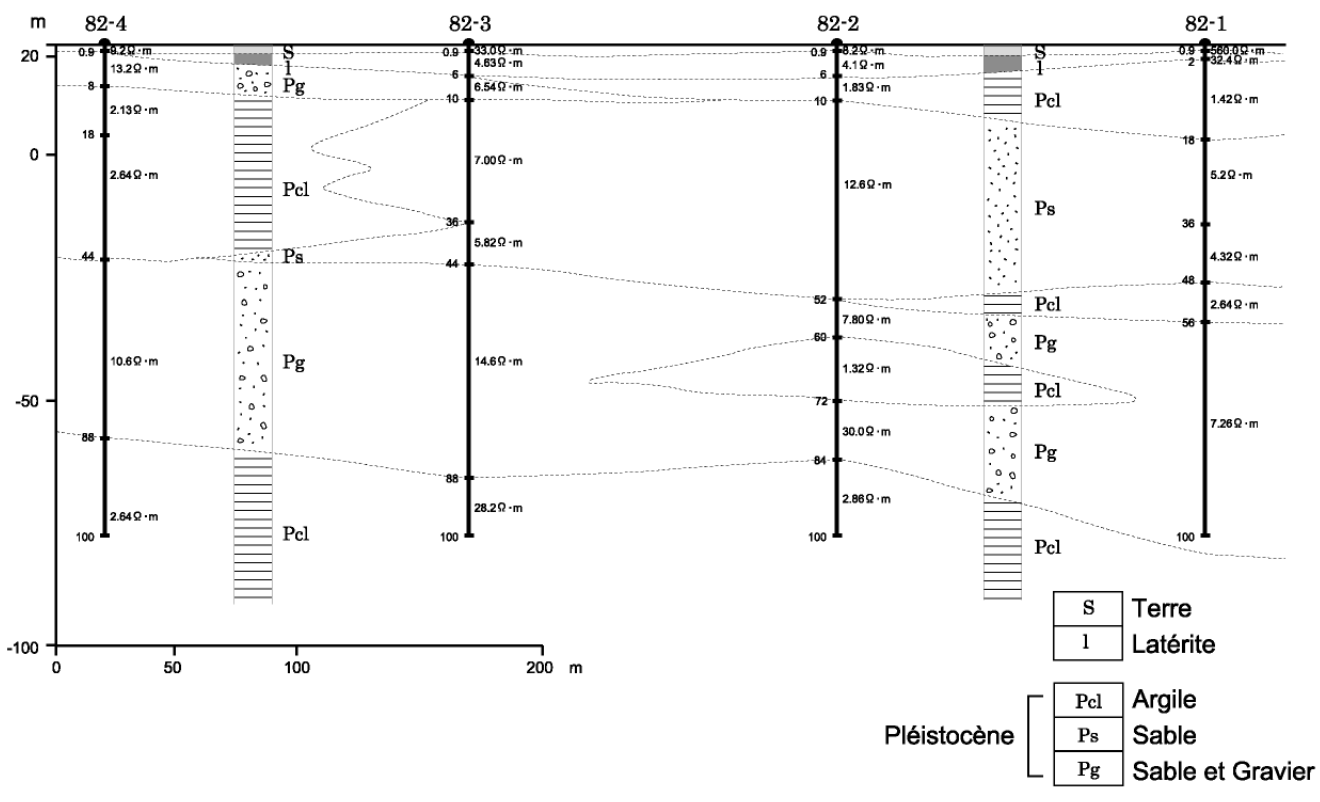
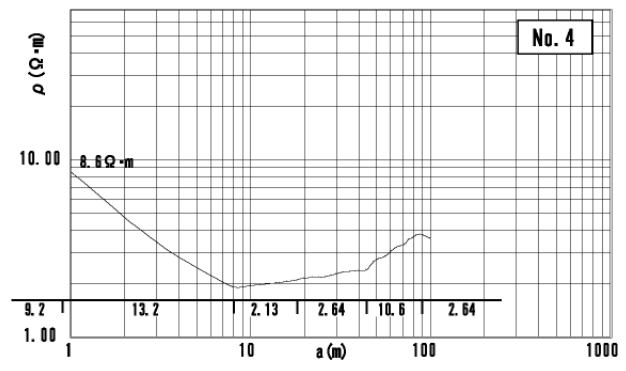
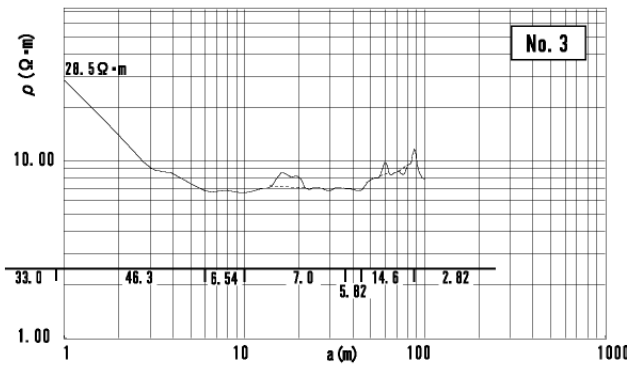
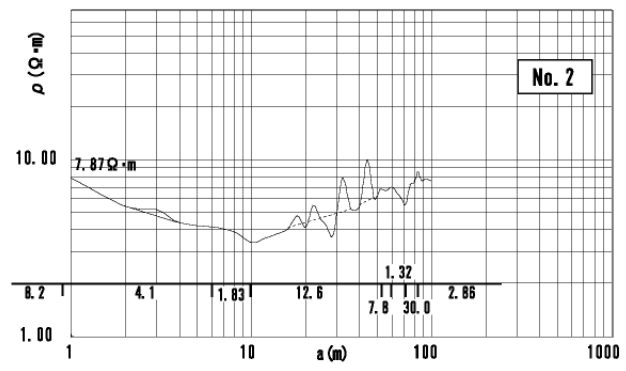
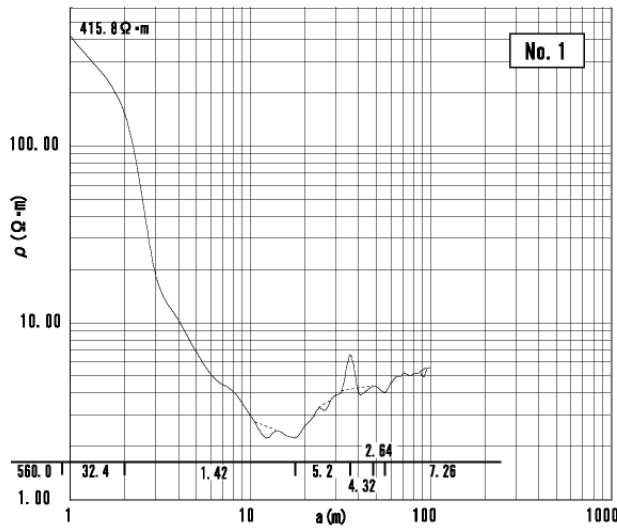


Fig.6-9 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.82

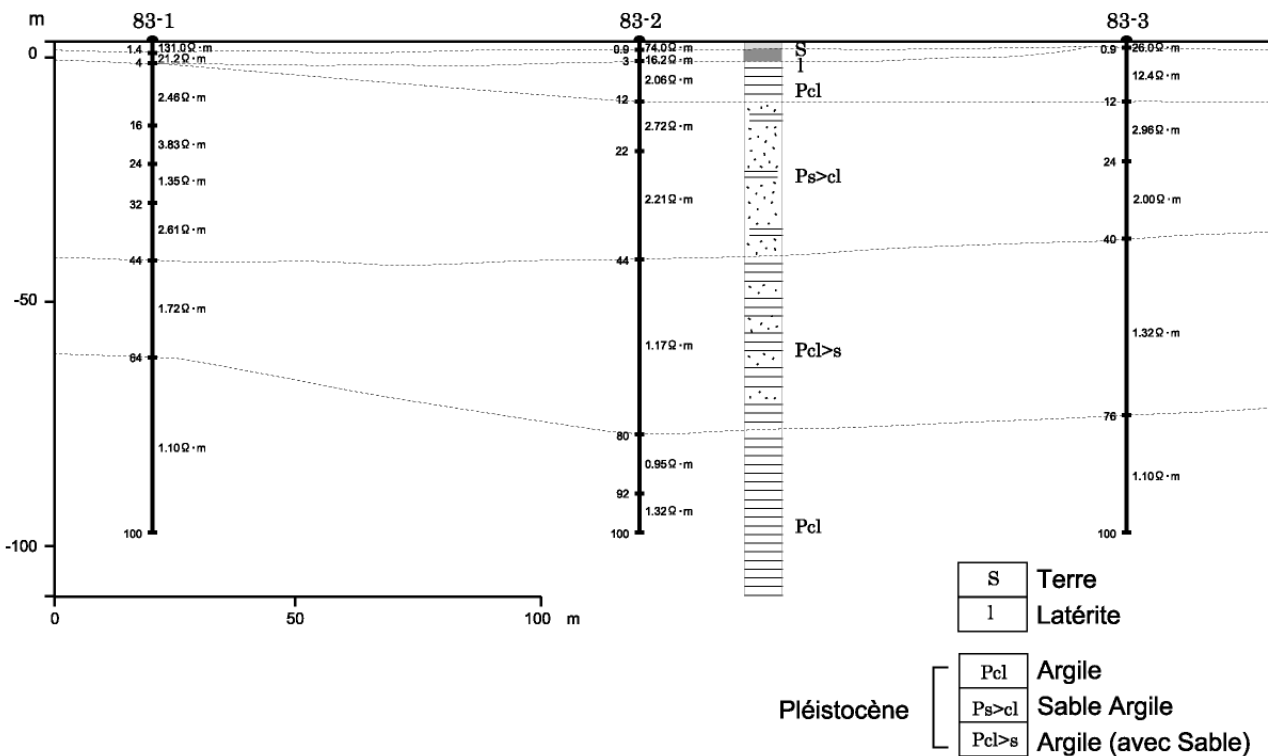
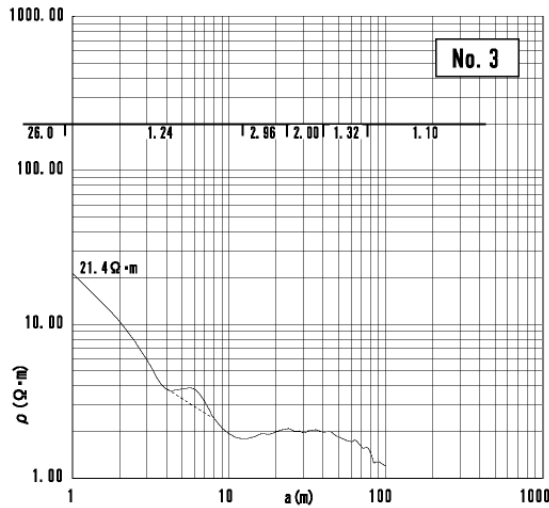
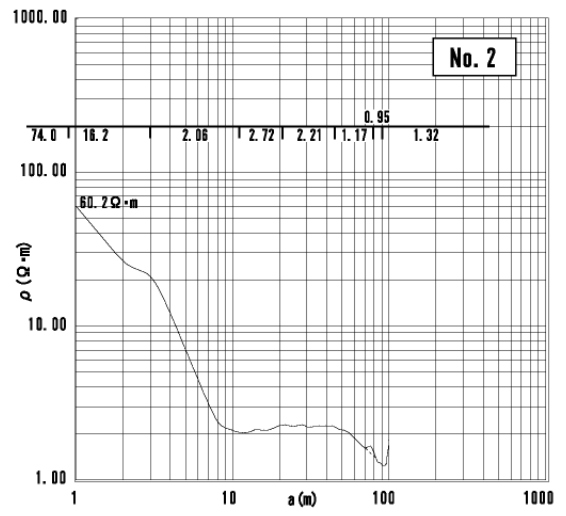
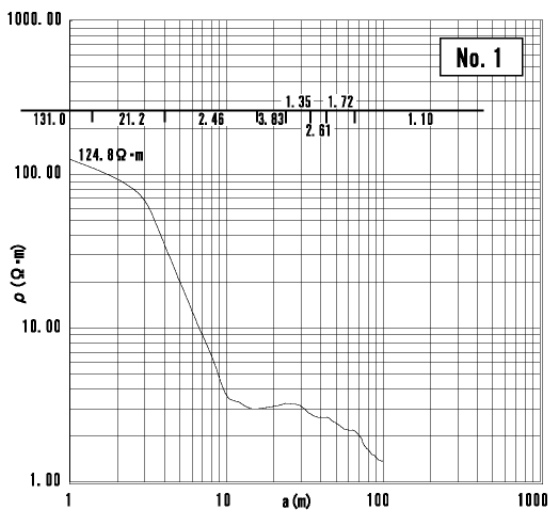


Fig.6-10 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.83

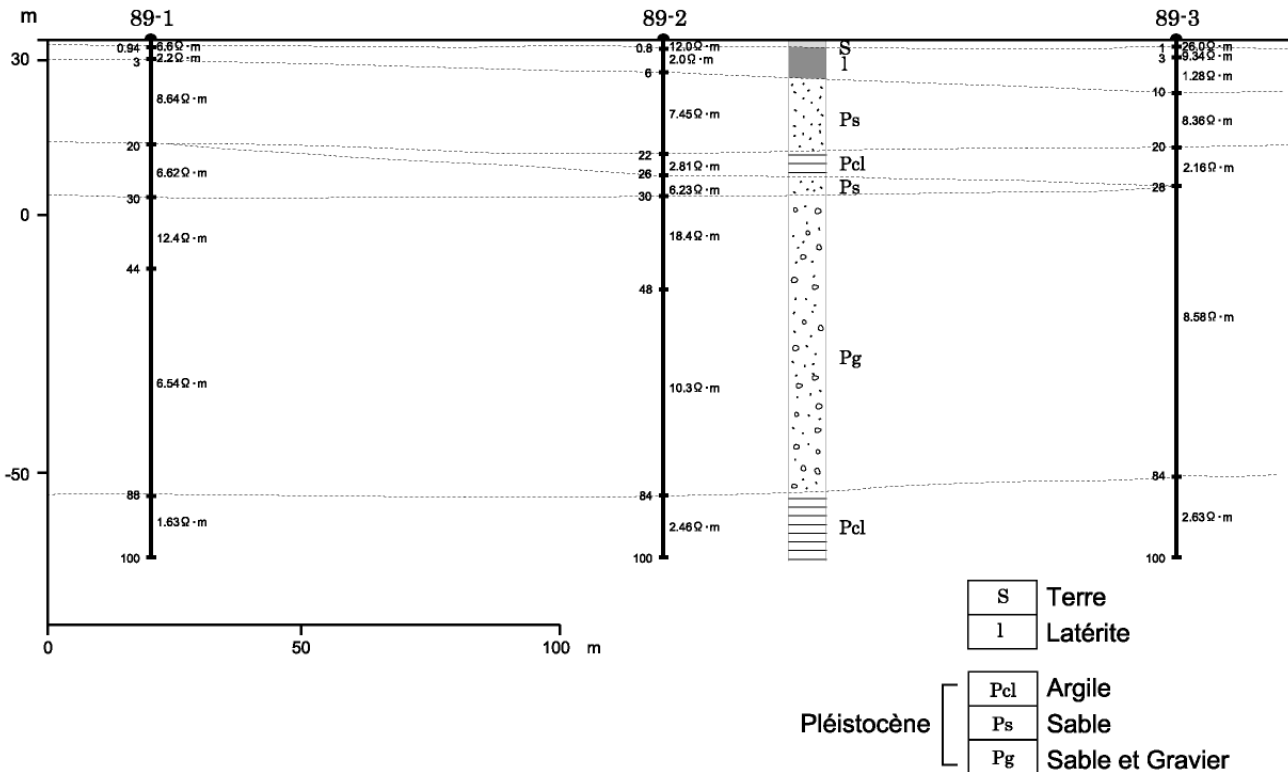
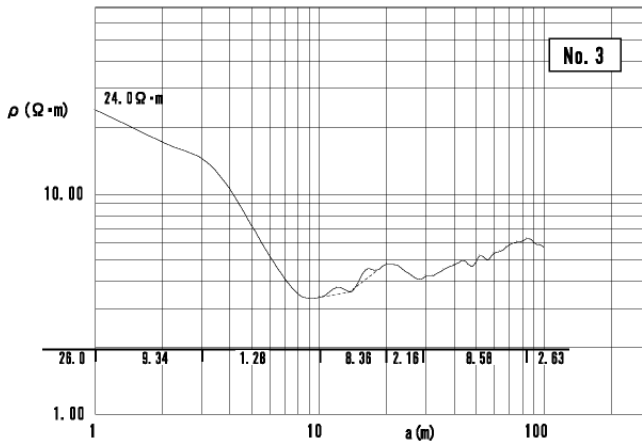
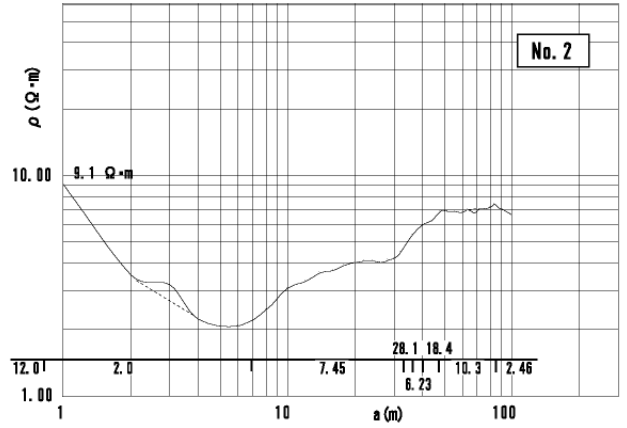
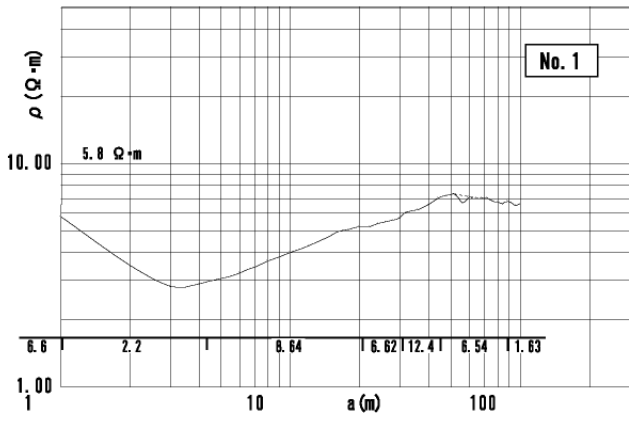


Fig.6-11 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.89

(4) Zone du bassin du fleuve Morondava

Le fleuve Morondava est un cours d'eau important qui prend sa source dans les montagnes du nord-est de Mandabe et s'écoule vers le nord mais dont le cours change brusquement en direction de l'ouest à partir du sud d'Ankilizato. Aux alentours du barrage de Dabala, il s'échappe de la zone de collines, ouvre le plateau et se jette dans le détroit de Mozambique après avoir formé une vaste plaine d'inondation. Le long de la route nationale n°35 qui va d'est en ouest parallèlement au fleuve Morondava et sur le plateau des deux rives du fleuves, sont disséminés 27 villages concernés par l'étude.

Cette région est presque entièrement constituée de sable, de gravier et d'argile du Pléistocène. Elle comporte de vastes rizières (champs irrigués) et elle est quadrillée de canaux destinés à l'agriculture simplement creusés, qui constituent d'excellentes sources de recharge des eaux souterraines.

Tableau 6-2 Hydrogéologie de la région du bassin du fleuve Morondava

N° de site	Altitude (m)	Géologie	Puits existants	Qualité de l'eau EC (μ S/cm)	Aquifère	Jugement	Remarques
34	56	Sable, gravier et argile du Pléistocène	Puits	482	Sable et gravier du Pléistocène	○	
35	55	"	-	-	"	○	
52	7	"	Puits	755~1.017	"	○	
53	4	"	-	-	"	○	
55	8	"	-	-	"	○	
56	6	"	Puits	830	"	○	
58	12	"	Puits(2)	545~815	"	○	
59	9	"	Puits(3)	780~1115	"	○	
60	12	"	Puits(3)	420~735	"	○	
65	69	"	-	-	"	○	
66	19	"	Puits Canaux	468 127	" "	○	
67	33	"	Puits(4) Forage (1)	130 214	" "	◎	Exécution de la prospection électrique. Existence d'un forage de l'étude précédente.
68	26	"	Puits(1)	930	"	◎	
70	21	"	Puits(1)	860	"	◎	Exécution de la prospection électrique
74	35	"	Eau du fleuve	287	"	○	
76	34	"	Marais	113	"	○	
79	27	"	Puits	440	"	○	
80	33	"	Puits	215	"	○	
81	68	"	-	-	"	○	
94	50	"	Puits(4)	580~635	"	◎	Exécution de la prospection électrique
95	47	"	Puits(1)	205	"	○	

N° de site	Altitude (m)	Géologie	Puits existants	Qualité de l'eau EC (μ S/cm)	Aquifère	Jugement	Remarques
97	55	Sable, gravier et argile du Pléistocène	Puits(1)	195	Sable et gravier du Pléistocène	⊙	Existence d'un forage de l'étude précédente. Exécution de la prospection électrique.
99	71	"	Puits(2)	405~470	"	○	Exécution de la prospection électrique
100	80	"			"	○	
101	40	"			"	○	
102	35	"			"	○	
c	6	"			"	○	
A01	60	"	Puits	315~654	"	○	
A02	58	"	"	342	"	○	
A03	58	"	"	504	"	○	
A04	64	"	Eaux des fleuves	158	"	○	
A05	56	"	Puits	158	"	○	
A06	56	"	"	2.714	"	○	Puits inutilisé. Eau morte ou non
A07	54	"	"	1.760	"	○	
A08	64	"	"	387	"	○	

Exploitation des eaux souterraines aisée

Exploitation des eaux souterraines possible

Des forages creusés lors de l'étude de développement précédente existent dans les villages n°67 et 97. Ils ont une profondeur comprise entre 48 et 72 m, un niveau statique de 3,70 à 6,12 m, et une bonne conductivité de EC = 214 à 250 μ S/cm. Par ailleurs, une prospection électrique a été effectuée dans les villages n°67, 70, 94, 97 et 99. A partir des profils stratigraphiques des puits existants et des eaux souterraines appartenant au type II selon les résultats de la prospection électrique, les éléments suivants ont pu être déduits.

- i) Une formation de sable et de graviers, sans couche d'argile remarquable, se trouve entre la surface du sol et le fond des puits.
- ii) Les puits sont situés dans une couche de sable et de graviers du Pléistocène qui forme un aquifère d'excellente qualité.
- iii) Les eaux souterraines des puits présentent une EC élevée dans deux ou trois emplacements, ceci étant probablement dû à l'eau morte des puits inutilisés et à l'écoulement des eaux usées en raison de la mauvaise construction de ces puits. Les eaux souterraines profondes des forages de l'étude de développement précédente sont de bonne qualité. Il n'est cependant pas possible de nier les risques de salinisation par la pénétration de l'eau de mer à proximité de la ville de Morondava et de la zone littorale.

- iv) Cette région est quadrillée par des canaux agricoles et constitue une vaste zone de rizières qui donnent deux récoltes par an et sont arrosées tout au long de l'année. Etant donné que, comme le montrent les profils stratigraphiques des forages de l'étude de développement précédente, aucune couche d'argile remarquable ne se trouve à l'ouest de Mahabo, l'eau d'infiltration provenant des canaux agricoles et des rizières se transforme facilement en eau souterraine. Il est par conséquent possible de considérer, sur le plan de l'hydrogéologie et sur celui de l'approvisionnement en eaux souterraines, cette région comme particulièrement favorisée en eaux souterraines.
- v) La région proche des collines à l'est de Mahabo est constituée d'une couche à prédominance d'argile du Pléistocène et, étant donné qu'il y a peu de couches de sable et de graviers formant les aquifères, le pourcentage de réussite des forages est légèrement plus faible.

Tableau 6-3 Analyse de la qualité de l'eau par le laboratoire national (JIRAMA)

N° de site	TH	Ca	Fe	Mn	F	Cl	NH4	NO3	Turbidité	Couleur	Odeur	DCO
67	11,8	37,60	0,011	-	0,405	170,40	0,00	0,00	0,6	Incolore	Aucune	Traces
97	4,8	16,00	0,015	-	-	17,75	0,00	0,00	0,9	-	-	0,1

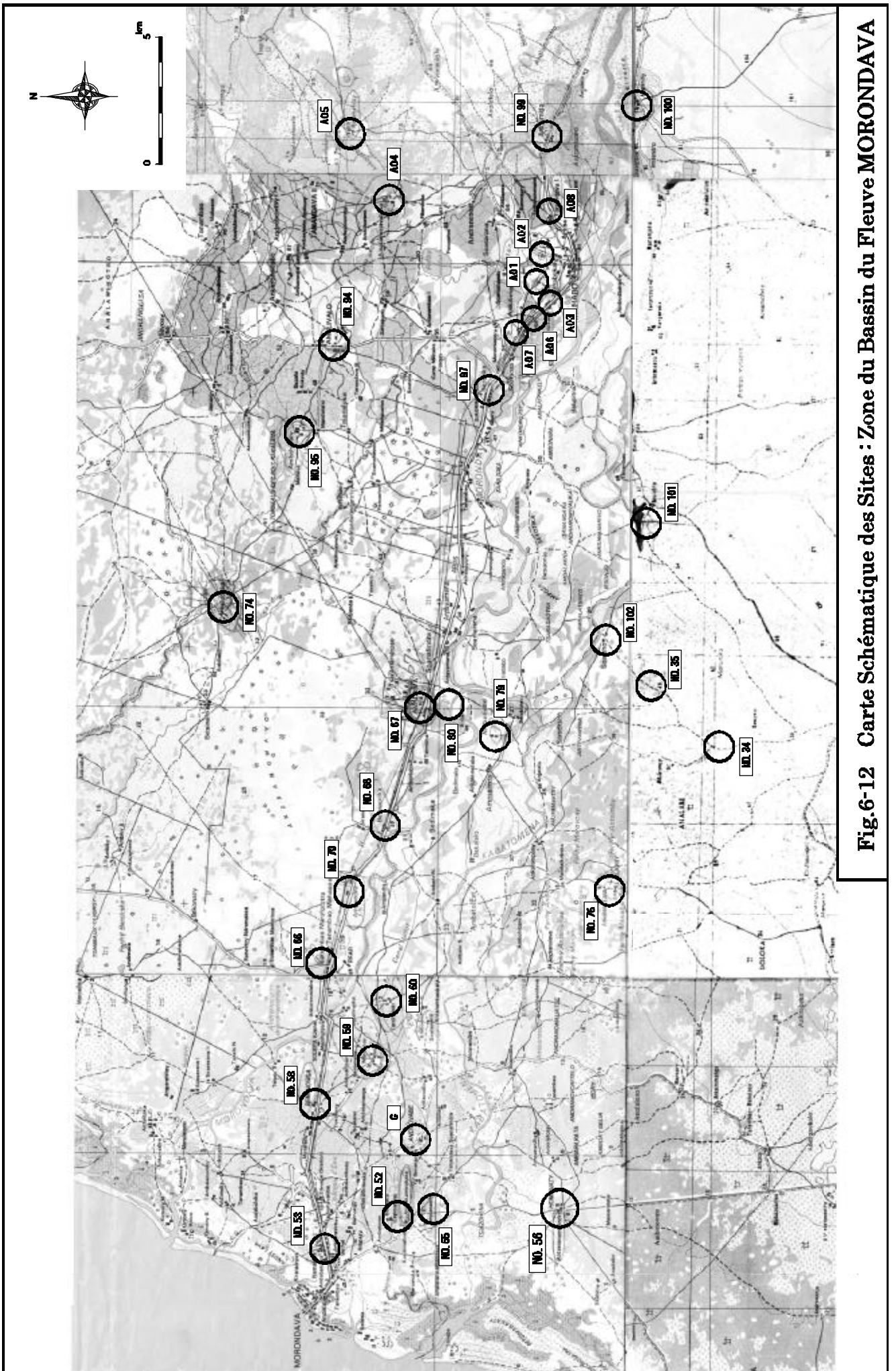
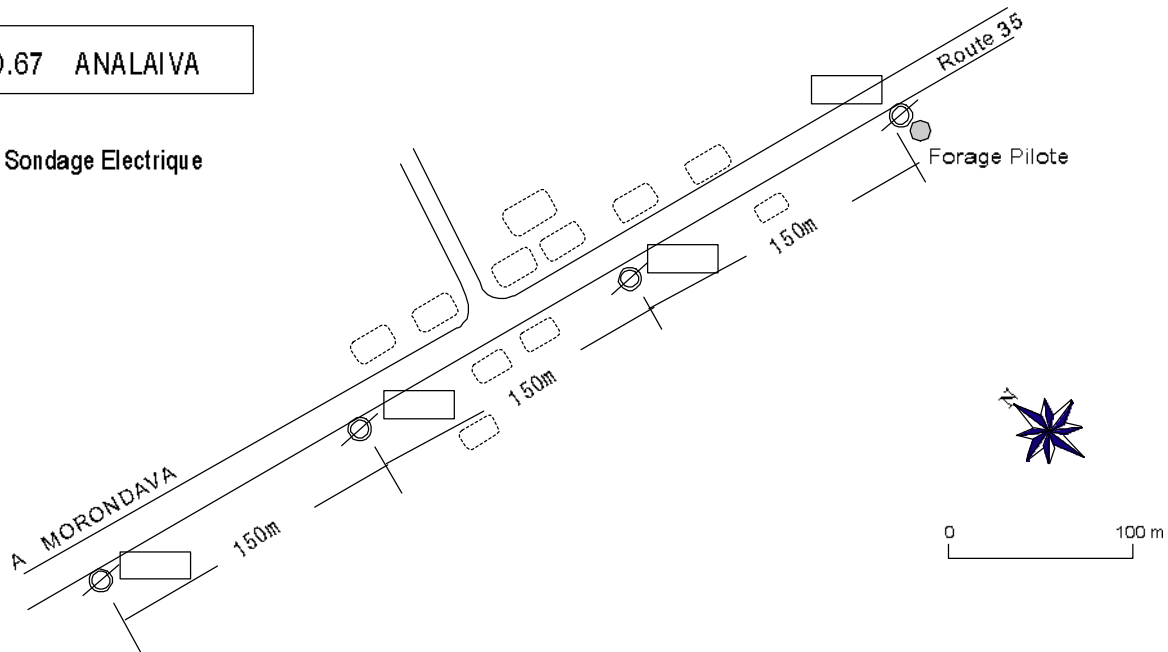


Fig.6-12 Carte Schématique des Sites : Zone du Bassin du Fleuve MORONDAVA

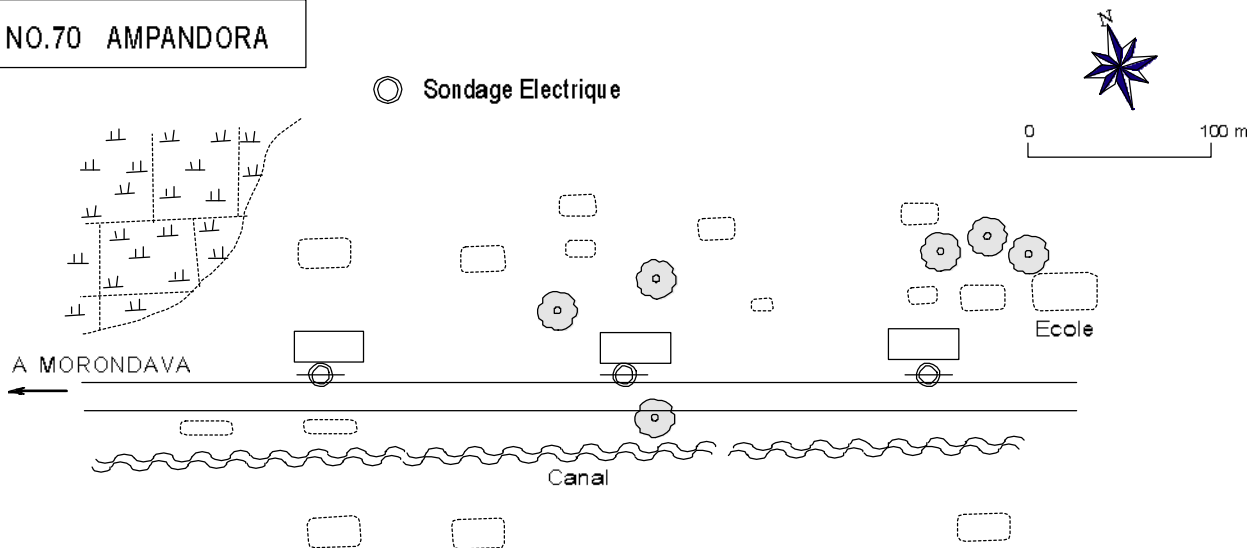
NO.67 ANALAIVA

○ Sondage Electrique



NO.70 AMPANDORA

○ Sondage Electrique



NO.94 ANKILIVALO

○ Sondage Electrique

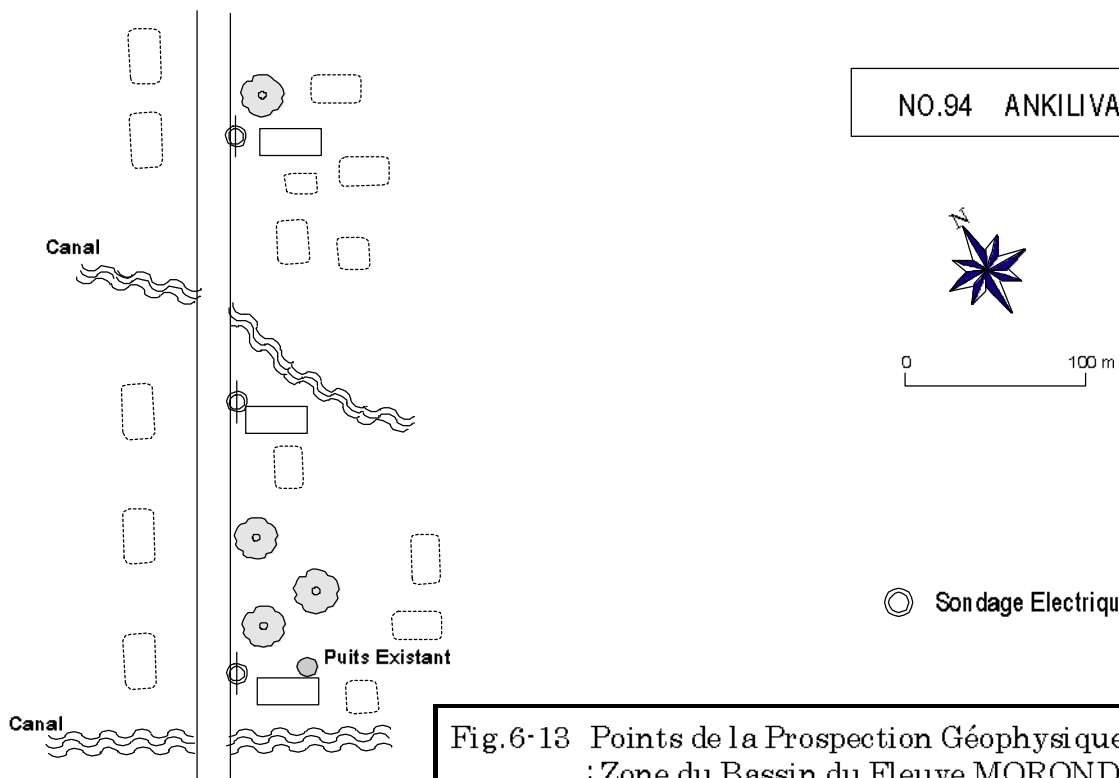
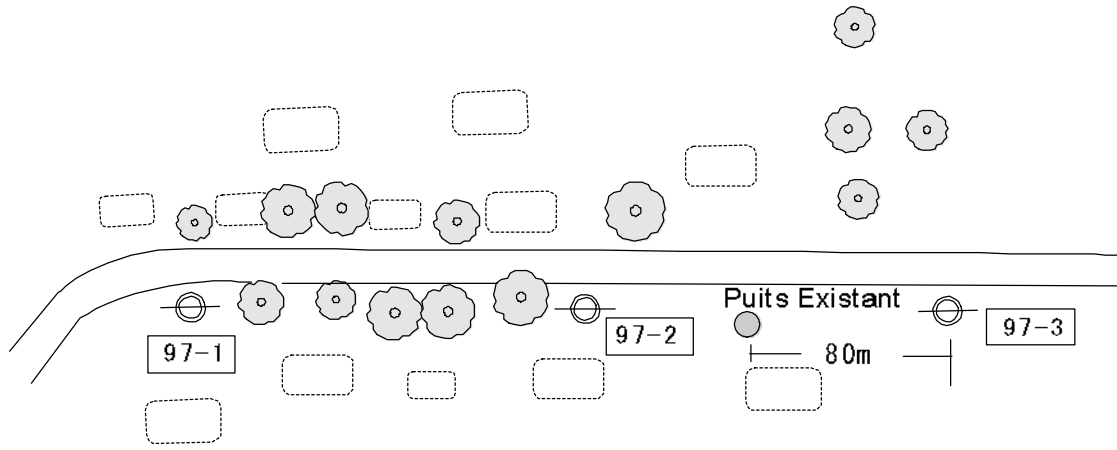
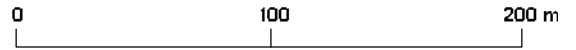


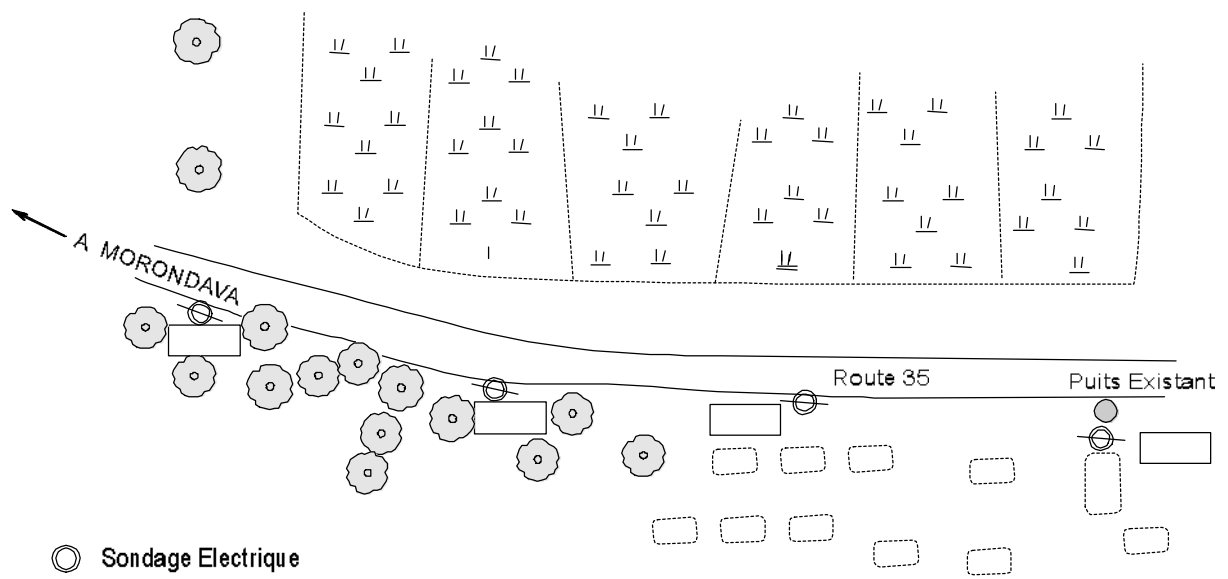
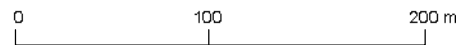
Fig.6-13 Points de la Prospection Géophysique : Zone du Bassin du Fleuve MORONDAVA (1)

NO.97 BEZEZIKA



⊙ Sondage Electrique

NO.99 ANKILIMIDA



⊙ Sondage Electrique

Fig.6-13 Points de la Prospection Géophysique : Zone du Bassin du Fleuve MORONDAVA (2)

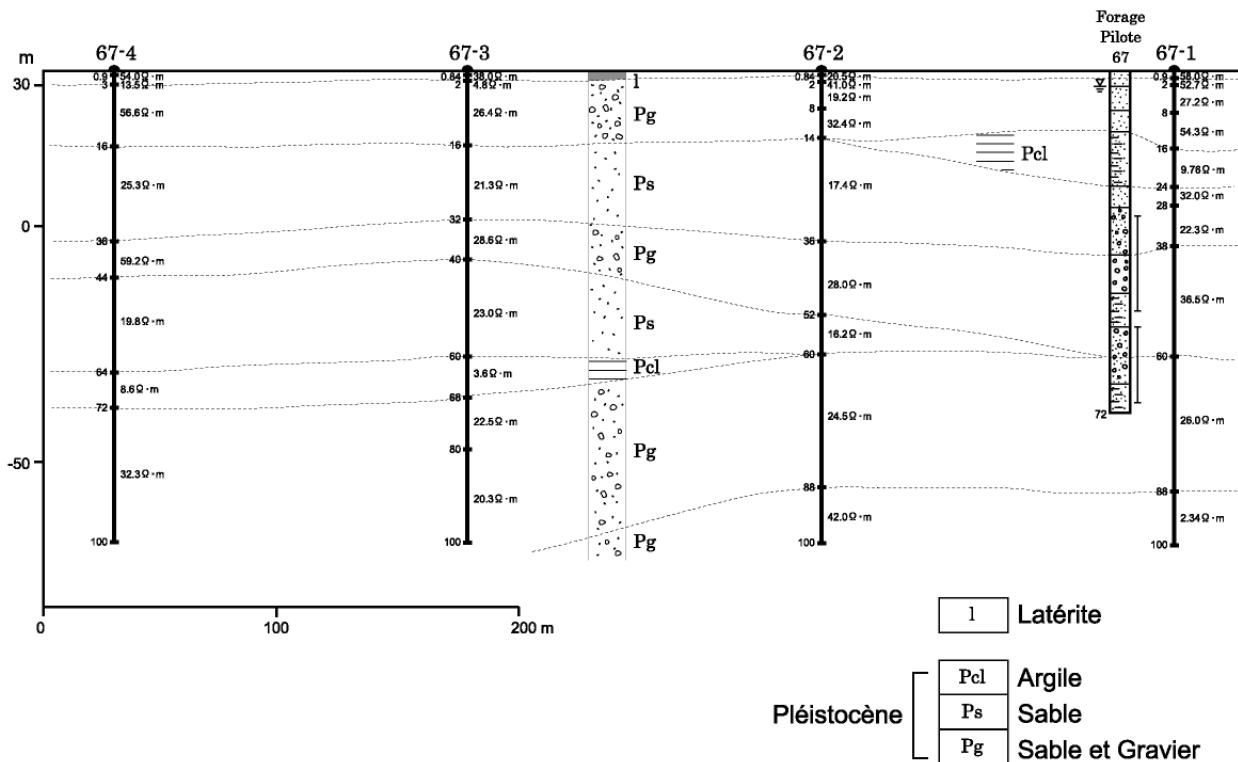
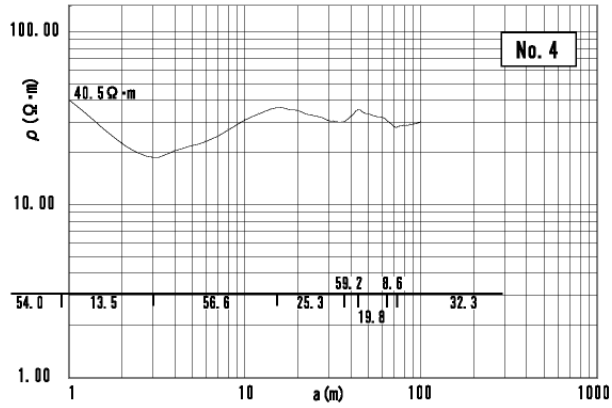
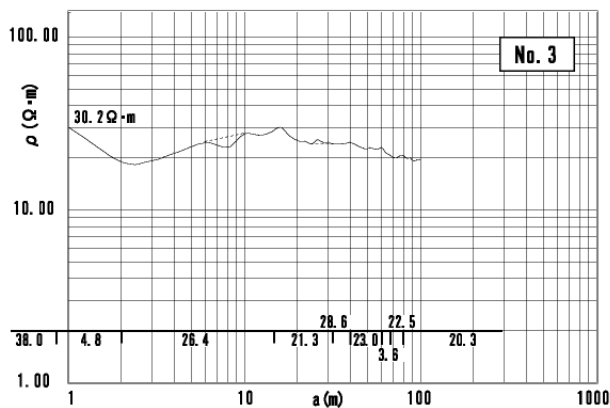
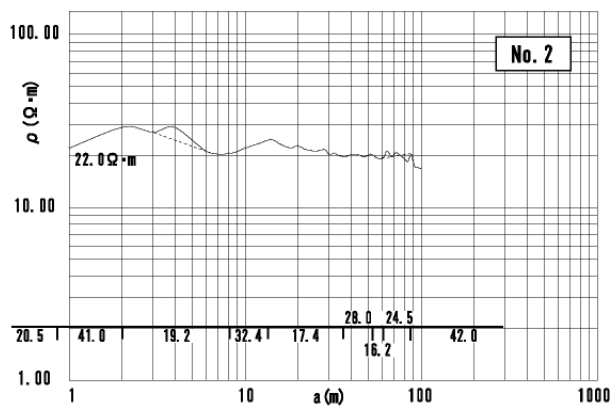
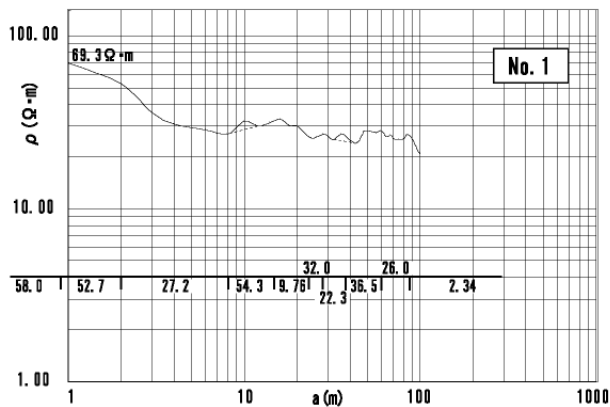


Fig.6-14 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.67

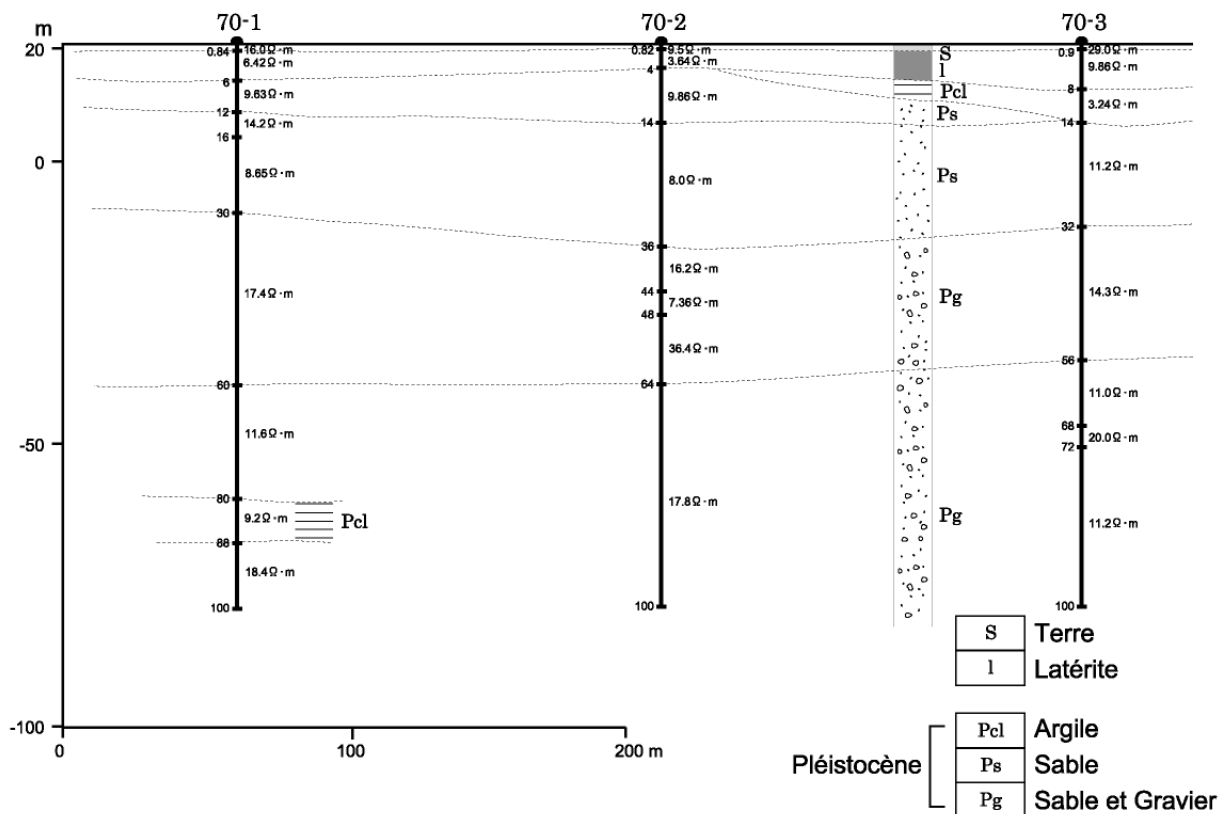
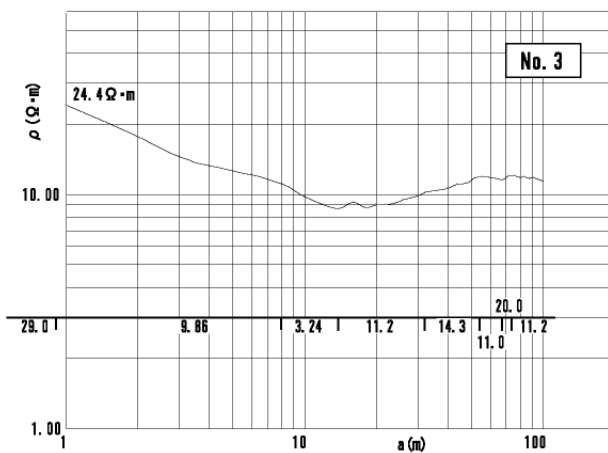
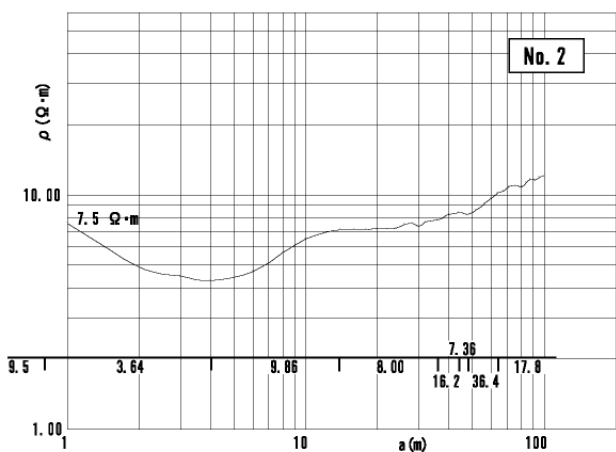
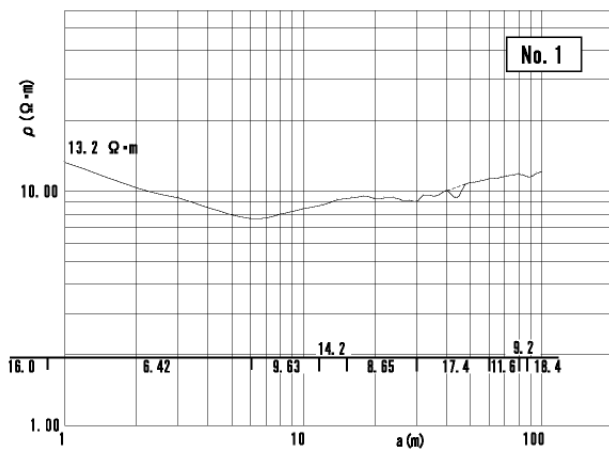


Fig.6-15 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.70

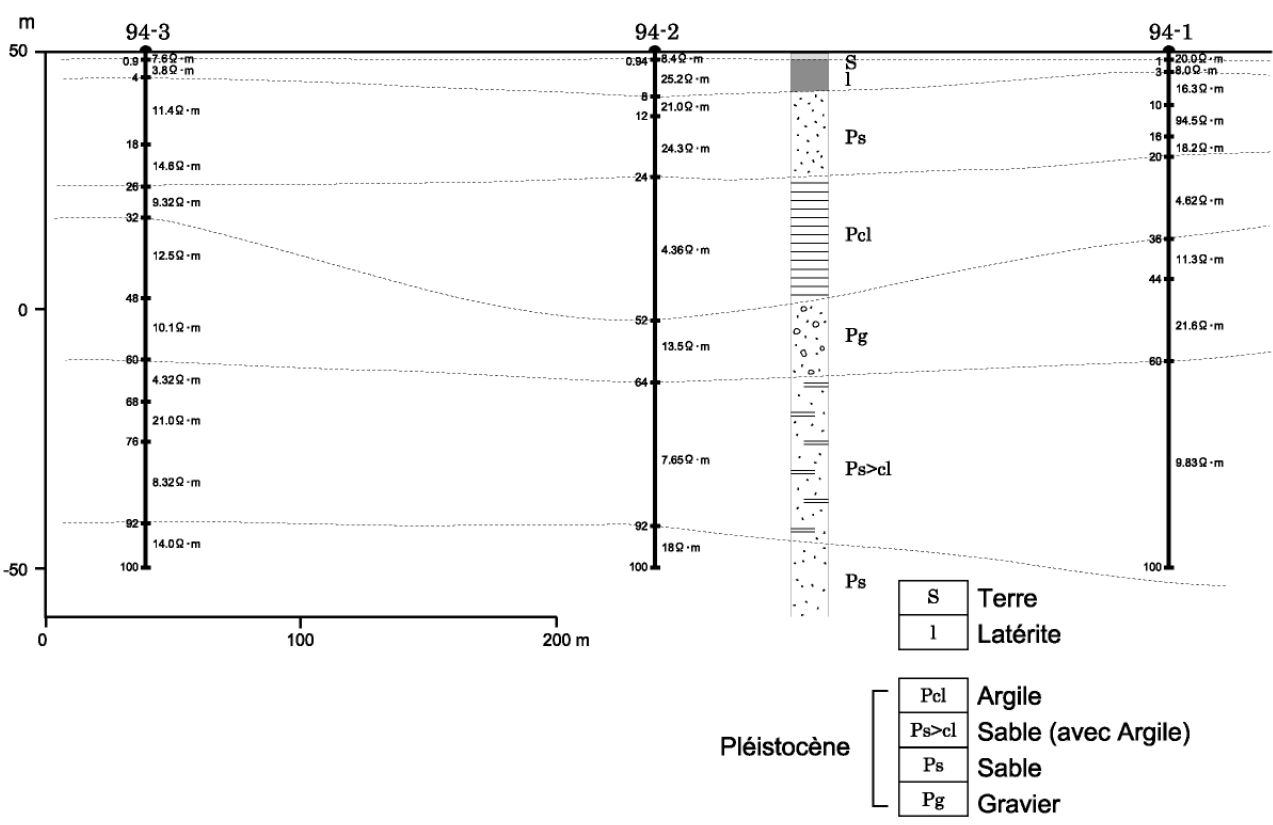
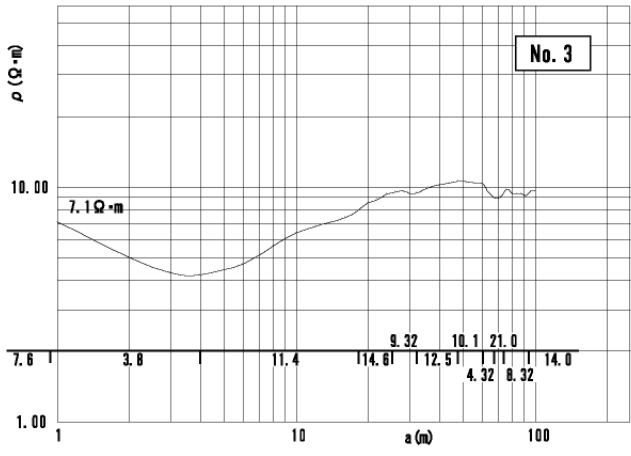
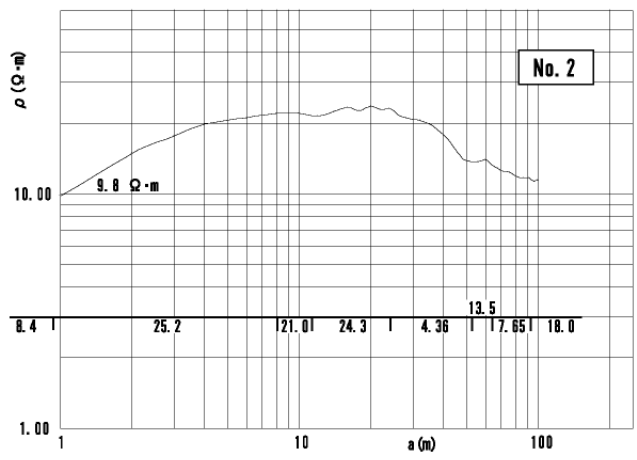
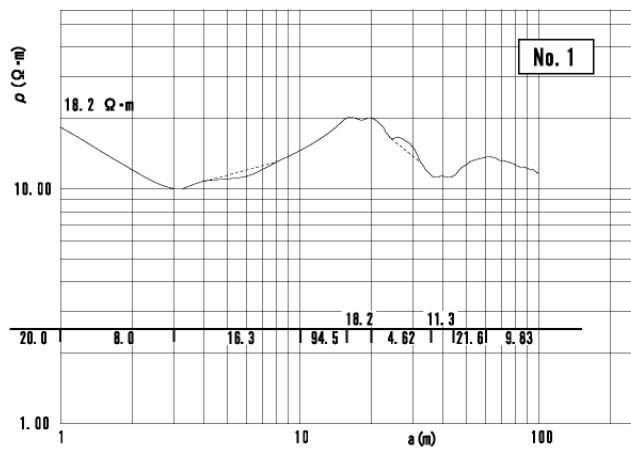


Fig.6-16 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.94

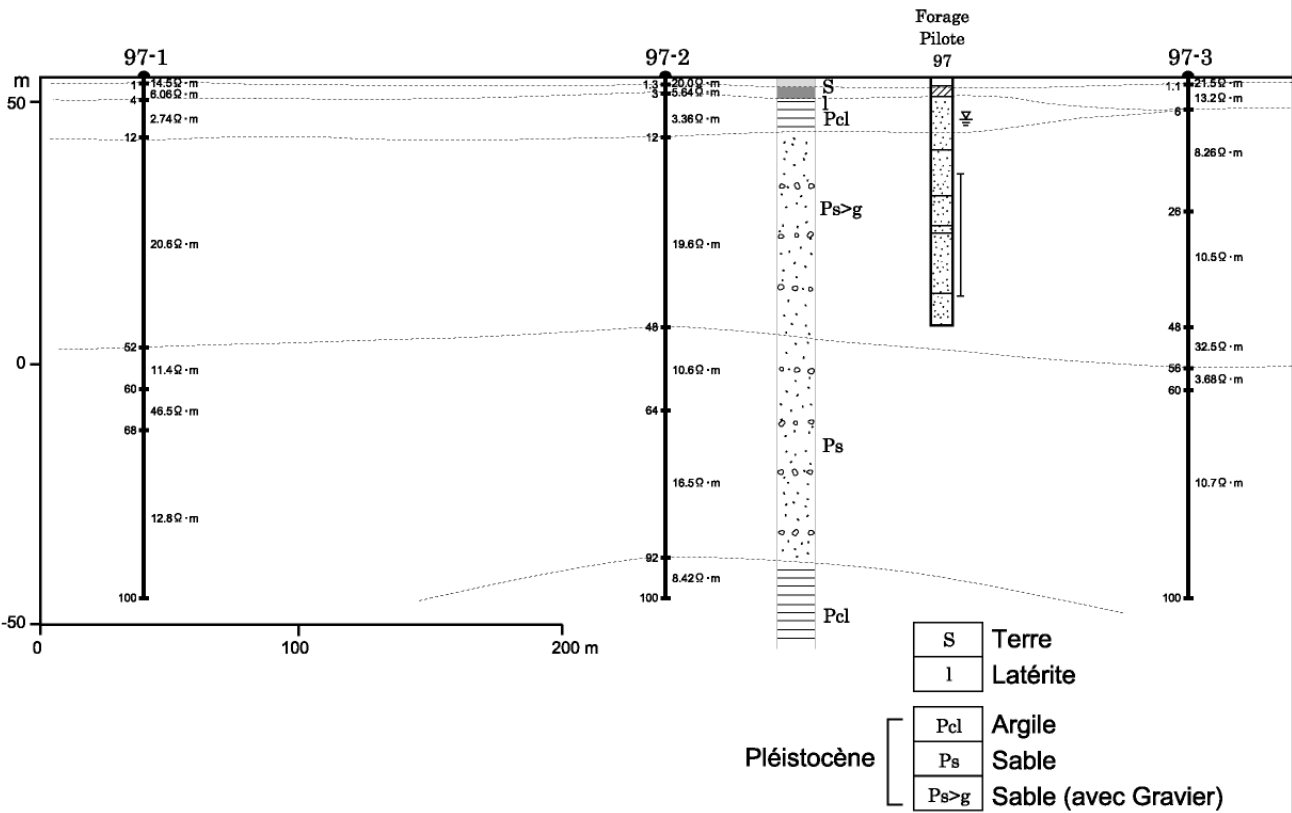
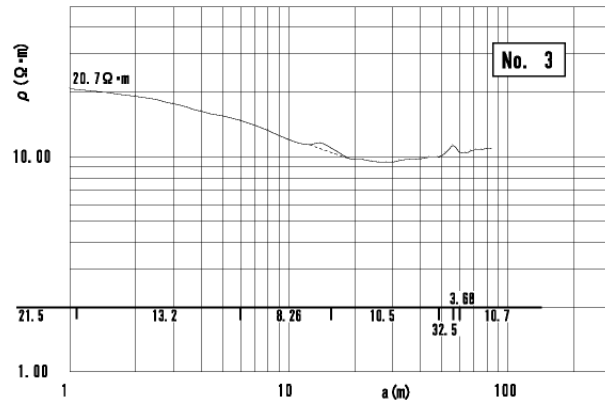
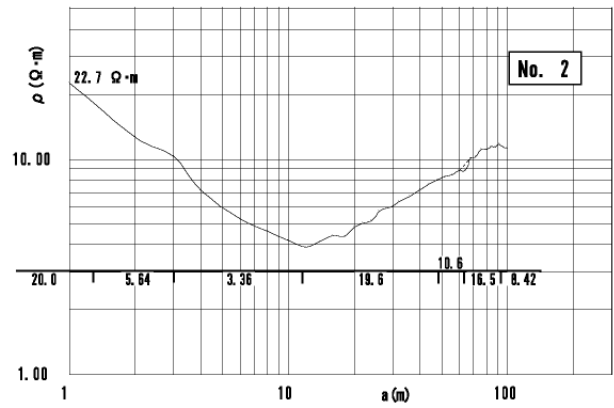
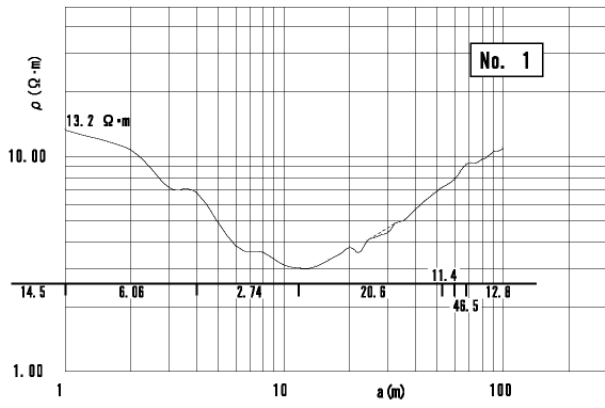


Fig.6-17 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.97

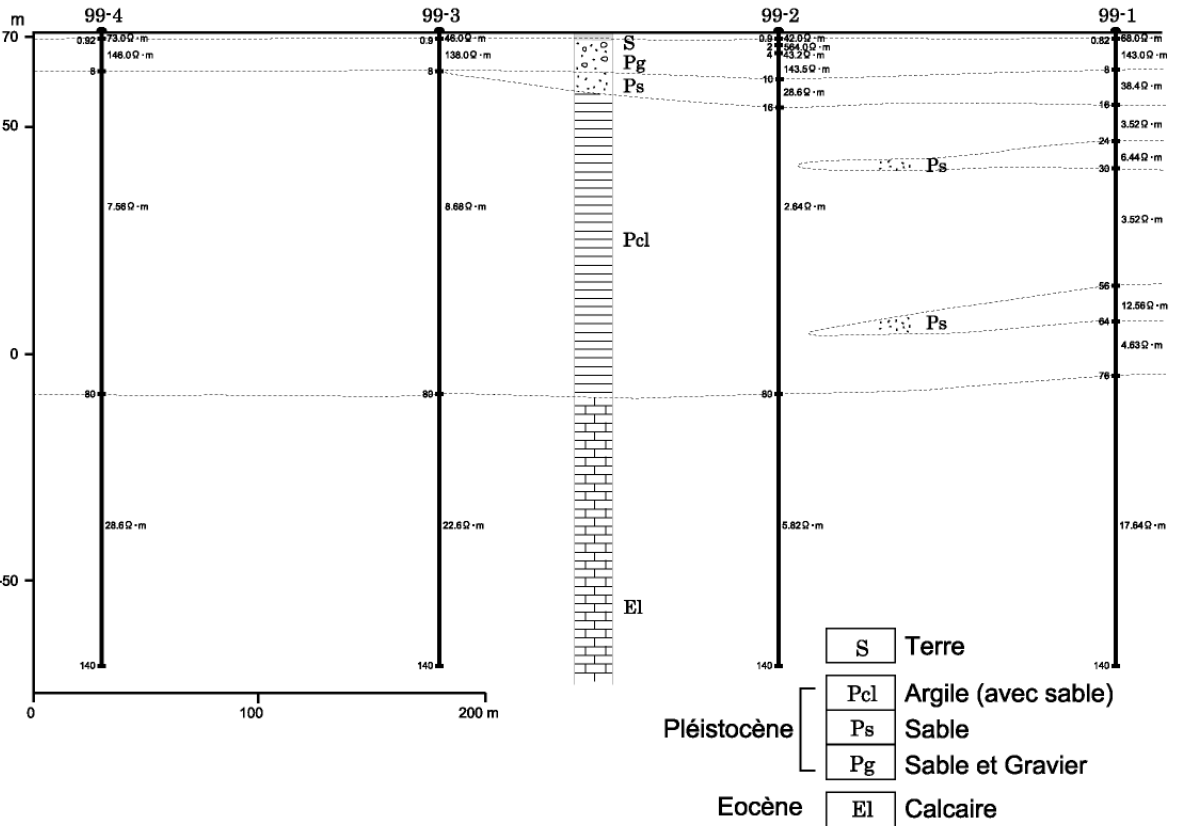
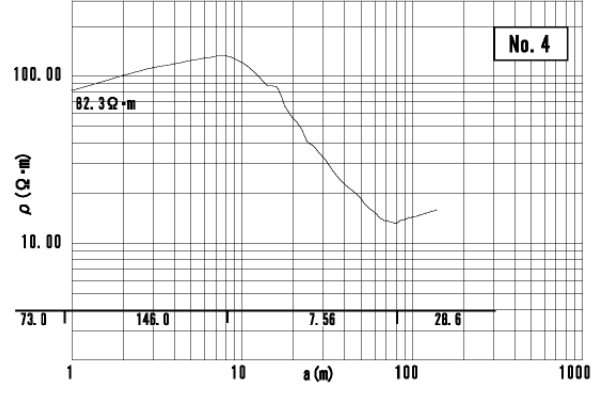
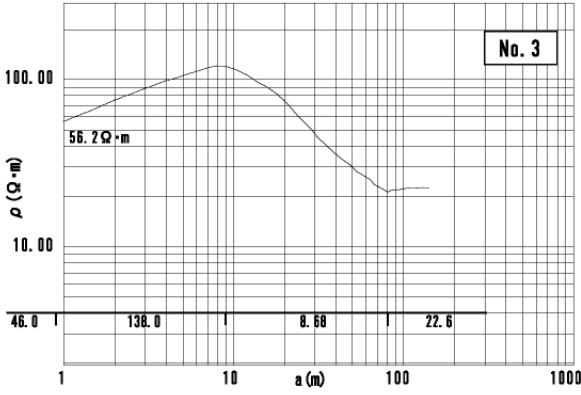
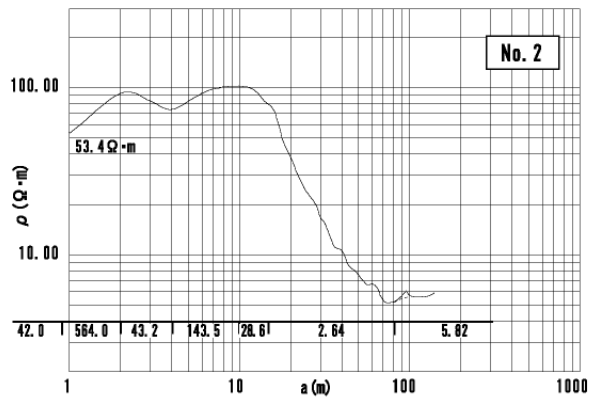
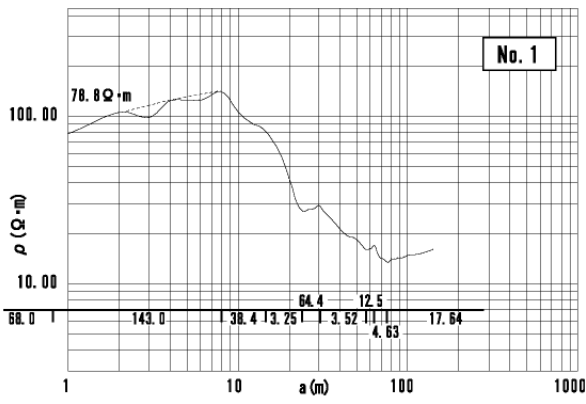


Fig.6-18 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.99

(5) Région en aval du fleuve Maharivo

Cette région comprend 6 villages disséminés à proximité de la route principale allant du nord-ouest au sud-est, le long de la rive droite du fleuve Maharivo ainsi que 3 villages situés sur la rive gauche de ce fleuve.

Du côté nord et sud des basses terres alluviales du fleuve Maharivo, se trouve un plateau formé au Pléistocène. Les eaux souterraines sont composées d'eaux peu profondes proches de la surface du sol et d'eaux profondes situées à plus de 30 m de profondeur, ces dernières étant de bonne qualité alors que les premières présentent souvent une conductivité électrique élevée.

Tableau 6-4 Hydrogéologie de la région en aval du fleuve Maharivo

N° de site	Altitude (m)	Géologie	Puits existants	Qualité de l'eau EC (μ S/cm)	Aquifère	Jugement	Remarques
25	53	Sable, gravier et argile du Pléistocène	Puits (4)	1.400~1.900	Sable moins profond que 10 m	◎	Exécution de la prospection électrique
			Forage de l'étude précédente (1)	364	Gravier plus profond que 22 m		
26	52	"	Puits (1)		Couche de sable proche de la surface	○	
27	74	"	Puits (2)		"	○	
31	28	"	Puits (1)	1.680	"	○	
			Réservoir (1)	138	"		
33	46	"	Puits (2)	406~1.194	"	○	
39	28	"	Aucun			○	
81	68	"				○	Etude non exécutée

Le seul forage de cette région est le forage n°25 Befasy. Il a une profondeur de 63 m, avec des crépines disposées entre 22,7 et 62,2 m, un niveau statique de 5,57, et des eaux souterraines de bonne qualité (EC = 364 μ S/cm) avec un débit de 800 m³/j. A partir de la surface, se trouvent une couche de sable, de gravier et d'argile du Pléistocène ainsi qu'une couche d'argile allant de 10 jusqu'à 22 m de profondeur. Les puits sont creusés dans des couches de sable et de gravier jusqu'à une profondeur de 10 m, mais EC est élevée avec 1.400 à 1.900 μ S/cm. Cette région ne comportant pratiquement pas de rizières, étant composée presque entièrement de forêts et étant également dépourvue de canaux agricoles, les eaux souterraines ne sont pratiquement pas approvisionnées pendant la saison sèche. Les eaux souterraines en couche peu profonde, isolées de l'aquifère situé plus bas par une épaisse couche d'argile, présentent une EC élevée en raison de leur concentration due à la diminution de l'approvisionnement et à l'évapotranspiration pendant la

saison sèche. Il est possible de vérifier ce phénomène à partir de la source d'eau du village d'Anoimake à 2 km environ à l'ouest. Par ailleurs, de petites rizières se trouvent à proximité de petits cours d'eau situés 10 m environ plus bas que le plateau où se trouve les rizières. L'eau de ces rizières est approvisionnée par l'eau d'exudation des pentes abruptes du plateau des alentours mais par rapport à $EC = 1,111 \mu S/cm$ pour l'eau des rizières, les marigots d'eau d'exudation présentent une valeur élevée

Ainsi, dans les régions où les eaux souterraines sont peu approvisionnées pendant la saison sèche, en raison de la baisse du niveau d'eau (diminution des quantités d'eaux souterraines stockées) due à la diminution des quantités d'approvisionnement et à l'augmentation de l'évapotranspiration, les eaux souterraines peu profondes ont tendance à avoir une EC élevée alors que les eaux souterraines profondes protégées par une épaisse couche d'argile conservent une bonne qualité. On peut par conséquent en conclure que des eaux souterraines de bonne qualité pourront être obtenues grâce à l'exploitation des eaux souterraines profondes.

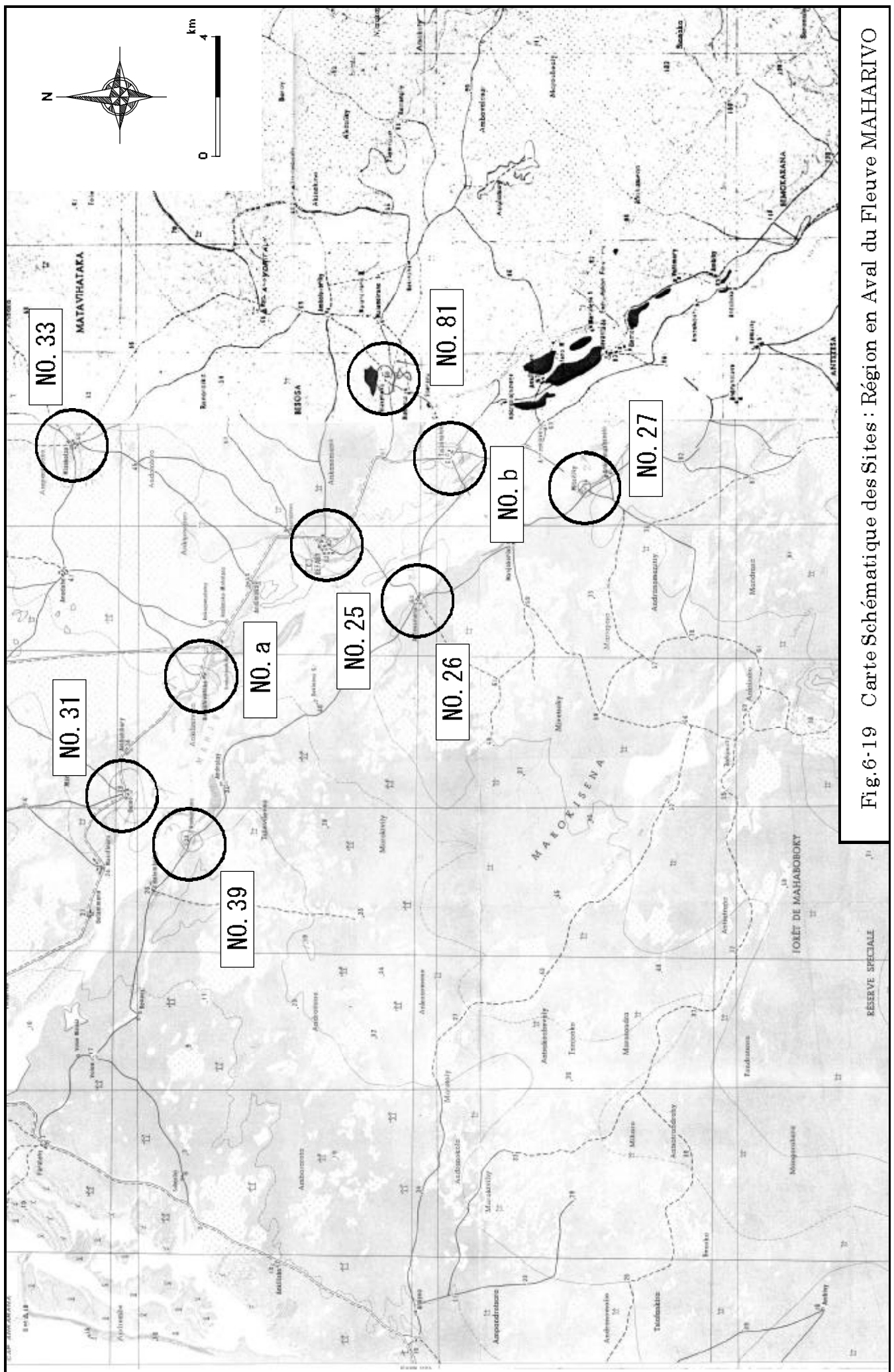


Fig.6-19 Carte Schématique des Sites : Région en Aval du Fleuve MAHARIVO

NO.25 BEFASY



0 100 m

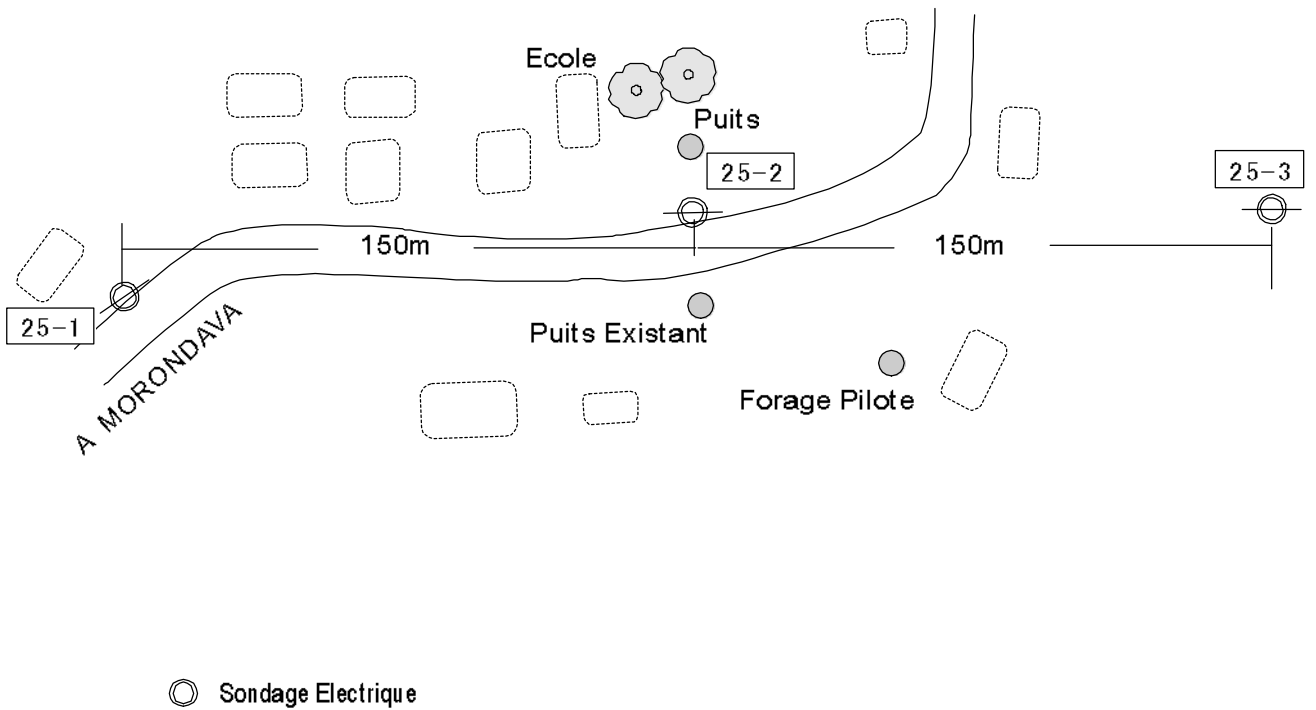


Fig.6-20 Points de la Prospection Géophysique : Région en Aval du Fleuve MAHARIVO

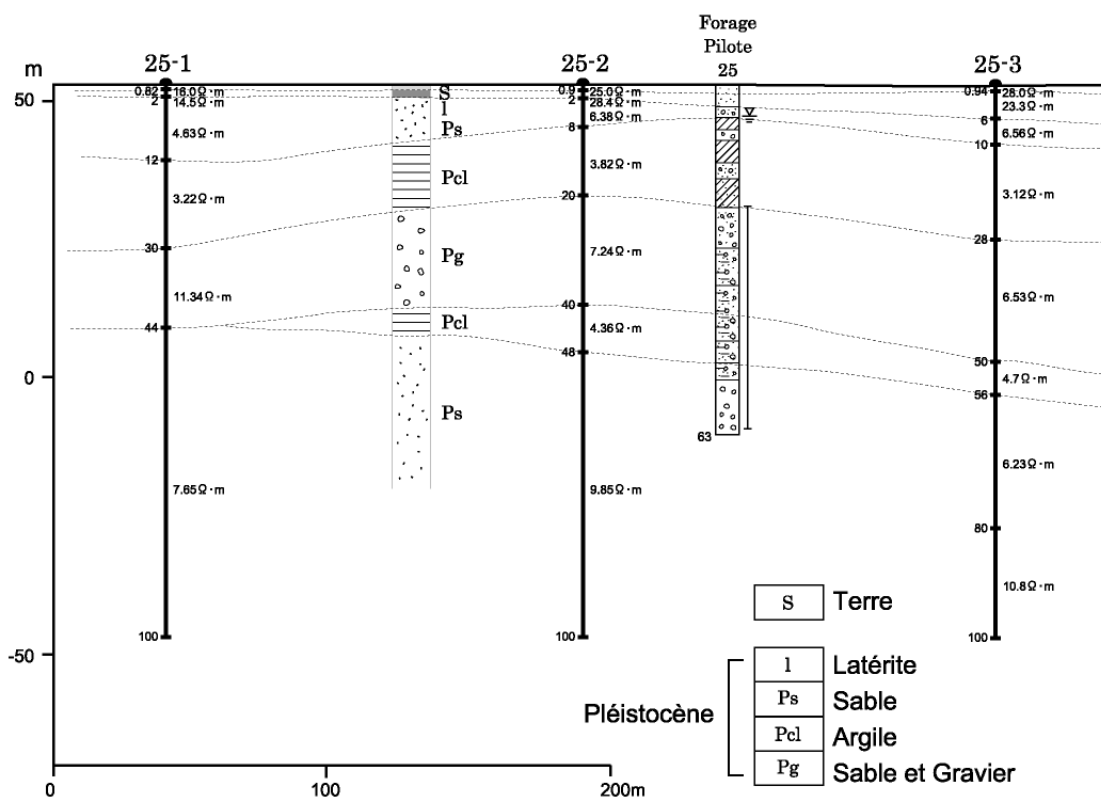
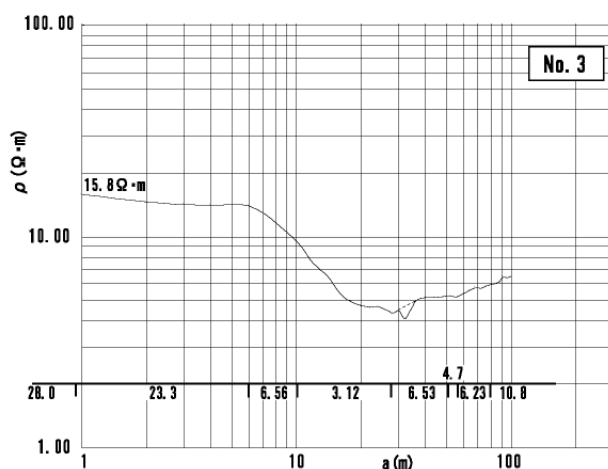
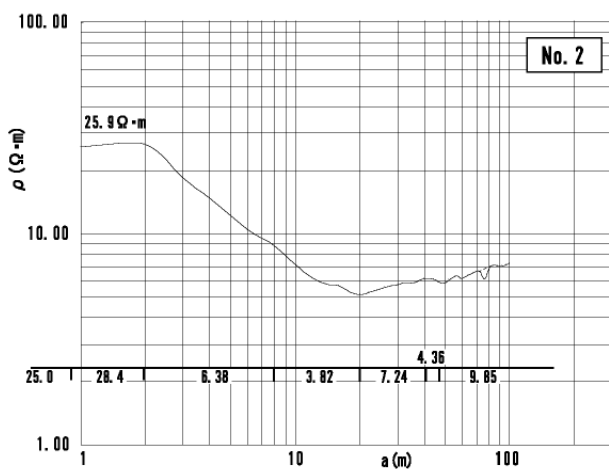
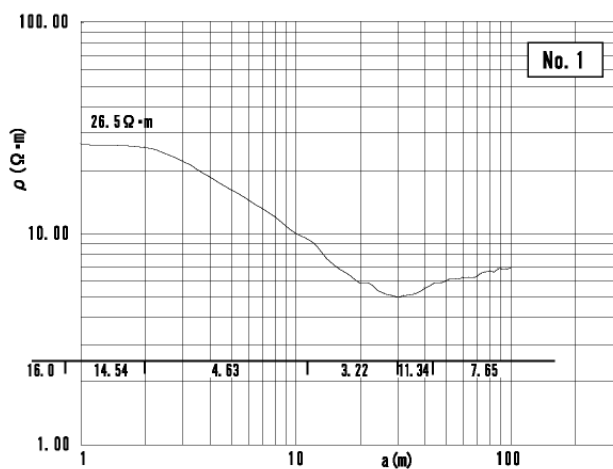


Fig.6-21 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.25

(6) Région à l'embouchure du fleuve Maharivo

Trois villages concernés par le présent projet se trouvent aux environs de l'embouchure du grand fleuve Maharivo, situé au sud du fleuve Morondava et s'écoulant vers l'ouest parallèlement à ce fleuve avant de se jeter dans le détroit de Mozambique. Ces villages ont tous une faible altitude, le village n°41 Farateny situé à l'extrémité du plateau ayant l'altitude la plus élevée de 11 m, suivi par le village n°40 Manomentinay sur la surface alluviale à 9 m, puis par le village n°36 Namakia, avec une altitude de 6 m. Trois ou quatre rangées de dunes sont alignées parallèlement au littoral, ayant chacune des marais à l'arrière et formant des forêts de mangroves.

i) N°40 Manomentinay

Il s'agit du principal village de la région, situé sur la tangente entre le plateau et les basses terres alluviales. Le plateau commence à partir du nord-est de ce village qui possède plus de cinq puits avec tubage en béton, ayant une profondeur comprise entre 4 et 6 m et des niveaux statiques peu homogènes de 1,6 m à 3,1 m. Si EC entre dans une plage comprise entre 560 et 1.025 $\mu\text{S}/\text{cm}$, elle semble s'améliorer au fur et à mesure que l'on s'avance vers le sud-est du plateau.

Une prospection électrique a été effectuée en quatre points à des intervalles de 88 à 100 m. Sous une couche de surface composée de sable grossier, se trouve une couche de sable alluvial jusqu'à une profondeur de 8 à 14 m environ qui constitue la couche pour la prise d'eau des puits (aquifère supérieur). En dessous, jusqu'à une profondeur de 40 à 48 m, se trouve une couche d'argile du Pléistocène et, plus bas, jusqu'à une profondeur de 100 m, se poursuit une couche que l'on suppose être composée de sable et de graviers. A en juger d'après la répartition des couches géologiques, les possibilités sont élevées pour que la couche la plus basse de sable et de graviers constitue un aquifère de bonne qualité. La couche d'argile venant sous l'aquifère situé le plus en hauteur forme un chapeau qui protège l'aquifère inférieur contre la salinité et l'exploitation des eaux souterraines dans cette région aura probablement des résultats satisfaisants.

ii) N°36 Namakia

Situé sur les basses terres de la rive droite du fleuve Maharivo à 2,5 km environ au sud-ouest du village n°40, ce village se trouve à une altitude de 6 m et il est éloigné de 5 km environ de la côte. Un puits d'une profondeur de 2 m existe dans ce village et sert de source d'approvisionnement en eau. S'il possède une bonne valeur de $EC = 579 \mu S/cm$, l'eau du fleuve semble présenter une forte concentration en sel selon les saisons. Ce puits paraît utiliser la partie supérieure des eaux souterraines.

iii) N°41 Farateny

Il s'agit du village situé le plus au sud de la région, sur le plateau de la rive gauche du fleuve Maharivo. L'eau de ce village provient d'un puits d'une profondeur de 5 m, avec un niveau statique de 3 m et une EC élevée de $2.990 \mu S/cm$. L'altitude du niveau des eaux souterraines est de +7,9 m mais leurs conditions sont différentes de celles du puits existant dans le village n°36 et il n'existe pas de continuité entre ces deux puits. Il est probable que les eaux souterraines peu profondes du village n°41 soient constituées par une nappe phréatique perchée à la surface du plateau dont la qualité des eaux a été détériorée en raison du déséquilibre entre l'approvisionnement en eau et l'évapotranspiration.

Ces trois villages à l'embouchure du fleuve Maharivo sont compris dans une distance de 5 km entre le village n°40 et le village n°41, et l'épaisse couche d'argile d'une profondeur de 8 à 48 m découverte lors de la prospection électrique dans le village n°40 semble se poursuivre sous ces villages, les eaux souterraines profondes non exploitées étant ainsi protégées contre la salinité grâce à cette couche imperméable. L'excavation jusqu'à une profondeur de 100 m pourra donc probablement fournir des eaux souterraines de relativement bonne qualité. Lors de la présente étude, la prospection électrique n'a été effectuée que pour le village n°40, une prospection en trois points a été menée lors de l'étude de développement précédente dans le village n°41 et la comparaison des résultats a permis de vérifier la présence d'une épaisse couche d'argile. Par conséquent, il sera nécessaire, lors de la réalisation de nouveaux forages, de procéder à une prospection électrique supplémentaire en 4 à 5 points dans chacun des villages, afin d'identifier clairement la continuité de la couche d'argile ainsi que la profondeur de l'aquifère et de déterminer les points pour la nouvelle exploitation des eaux souterraines.

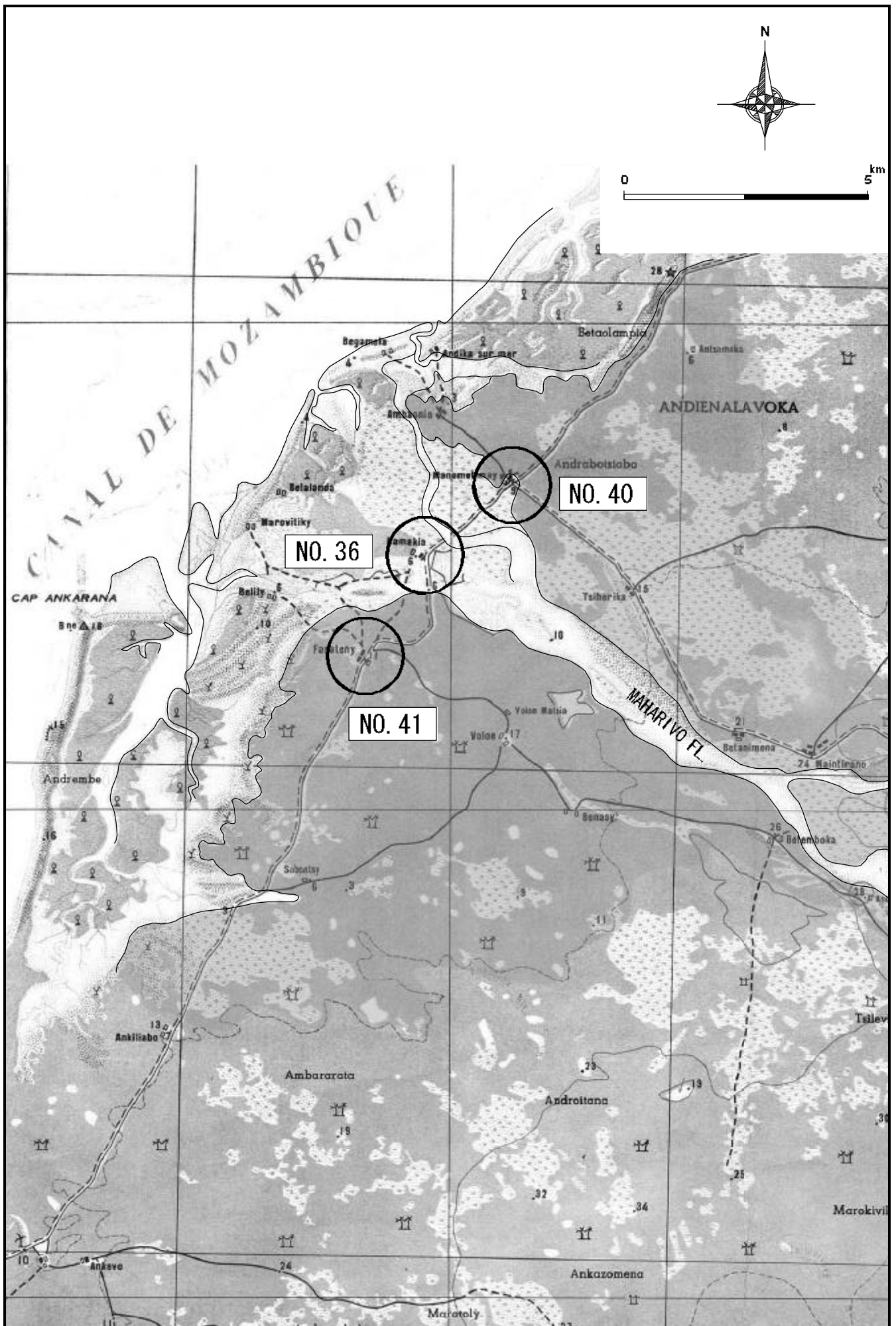
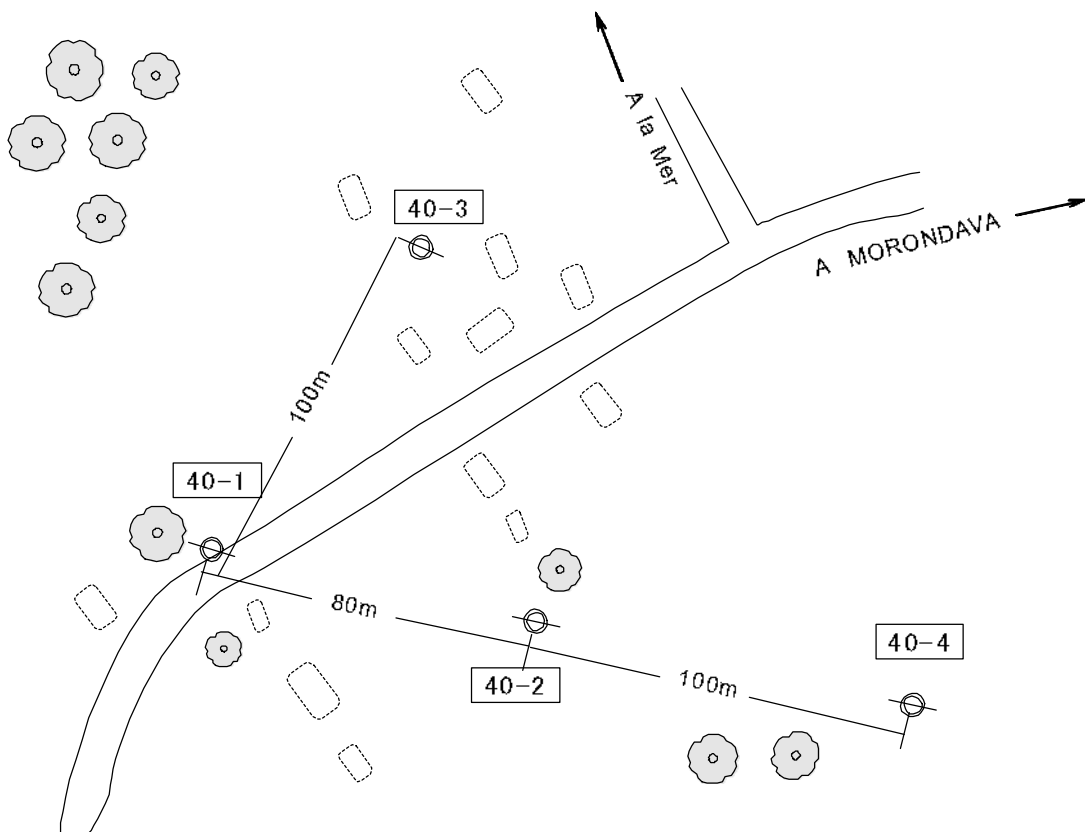


Fig.6-22 Carte Schématique des Sites : Région à l'Embouchure du Fleuve MAHARIVO

NO.40 MANOMENTIMAY



0 100 m



○ Sondage Electrique

Fig.6-23 Points de la Prospection Géophysique : Région en Aval du Fleuve MAHARIVO

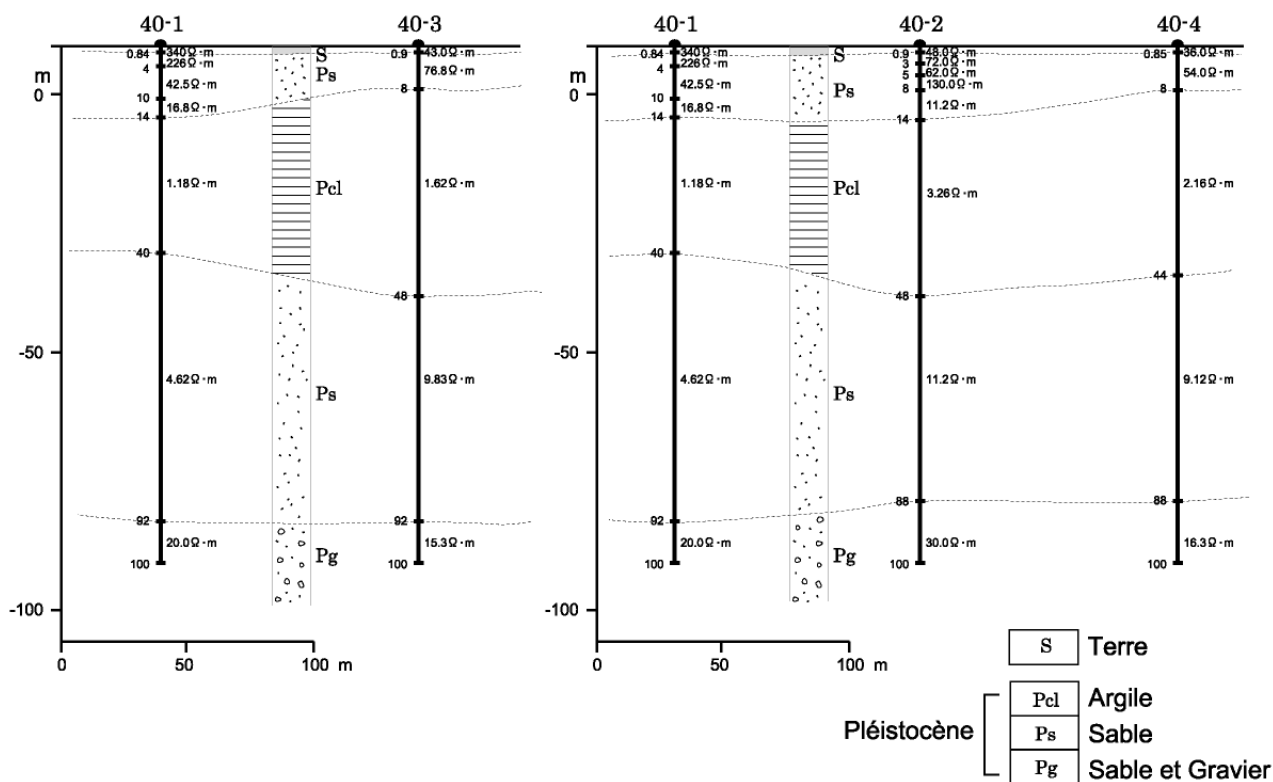
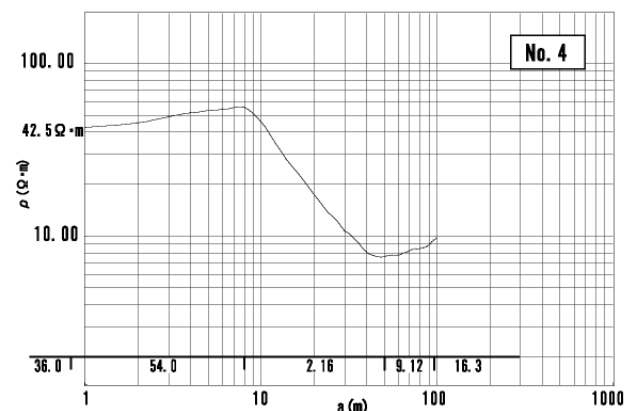
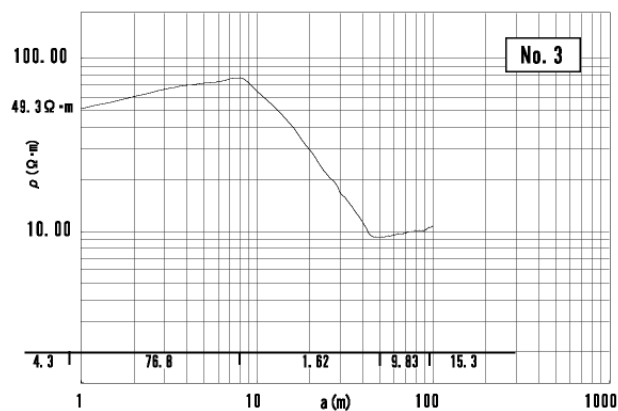
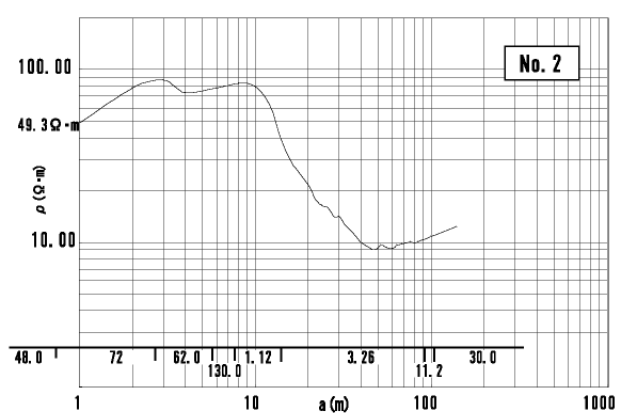
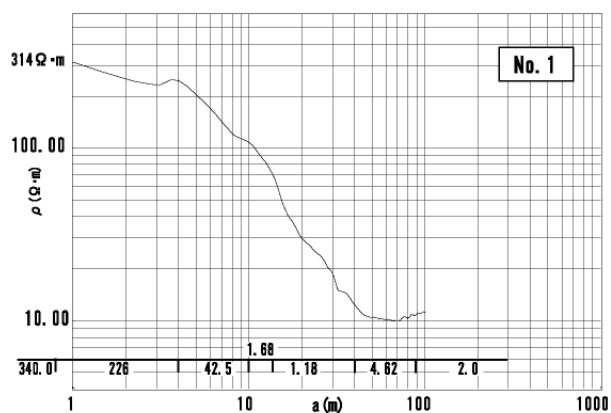


Fig.6-24 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.40

(7) Région de basses terres littorales au nord du fleuve Mangoky

Trois sites, les villages n°9 Ancova, n°47 Anbararata et n°48 Ankebo Est, sont situés dans cette région.

i) N°9 Ankoba

Ce site est situé à l'arrière des dunes littorales à une altitude de 6 m. Les marais des alentours à l'arrière-plan se poursuivent jusqu'à la baie et les eaux souterraines semblant être contaminées par la salinité, l'exploitation de ces eaux peut être considérée comme difficile.

ii) N°47 Ambararata

Ce village est situé à 8 m d'altitude dans les dunes. Le puits du nord du village a une profondeur de 6 m, un niveau statique de 5 m et une EC élevée de 1.377 μ S/cm, la salinité des eaux progressant en raison de l'eau de mer. Toutefois, les forages de l'étude de développement précédente effectués au sud du village (profondeur de 72 m) ont permis d'identifier une couche de sable de la surface du sol à 23 m de profondeur, suivie d'une épaisse couche d'argile entre 23 et 32 m, avec en-dessous une couche de sable et de graviers. Des crépines ont été installées entre 32,5 et 36,45 m et 40,4 et 72 m, et un débit de 1.105 m³/j d'une eau de bonne qualité avec EC = 751 μ S/cm (EC = 477 μ S/cm le 15 août 2000) a pu être obtenue. Ceci s'explique probablement par le fait que l'épaisse couche d'argile entre 23 et 32 m forme un chapeau, protégeant les eaux souterraines s'écoulant du plateau est dans la couche du Pléistocène (eau artésienne), de la contamination par l'eau de mer.

iii) N°48 Ankebo Est

Ce village est situé sur les dunes littorales à 5,7 km au nord du n°47. Une baie profonde se trouve en direction du nord et les risques de pénétration de l'eau de mer sont importants. On suppose toutefois géologiquement que l'épaisse couche d'argile découverte lors de l'étude de développement précédente du n°47 se poursuit jusque dans cette région et l'exploitation des eaux souterraines sous cette couche d'argile pourra probablement donner des résultats satisfaisants.

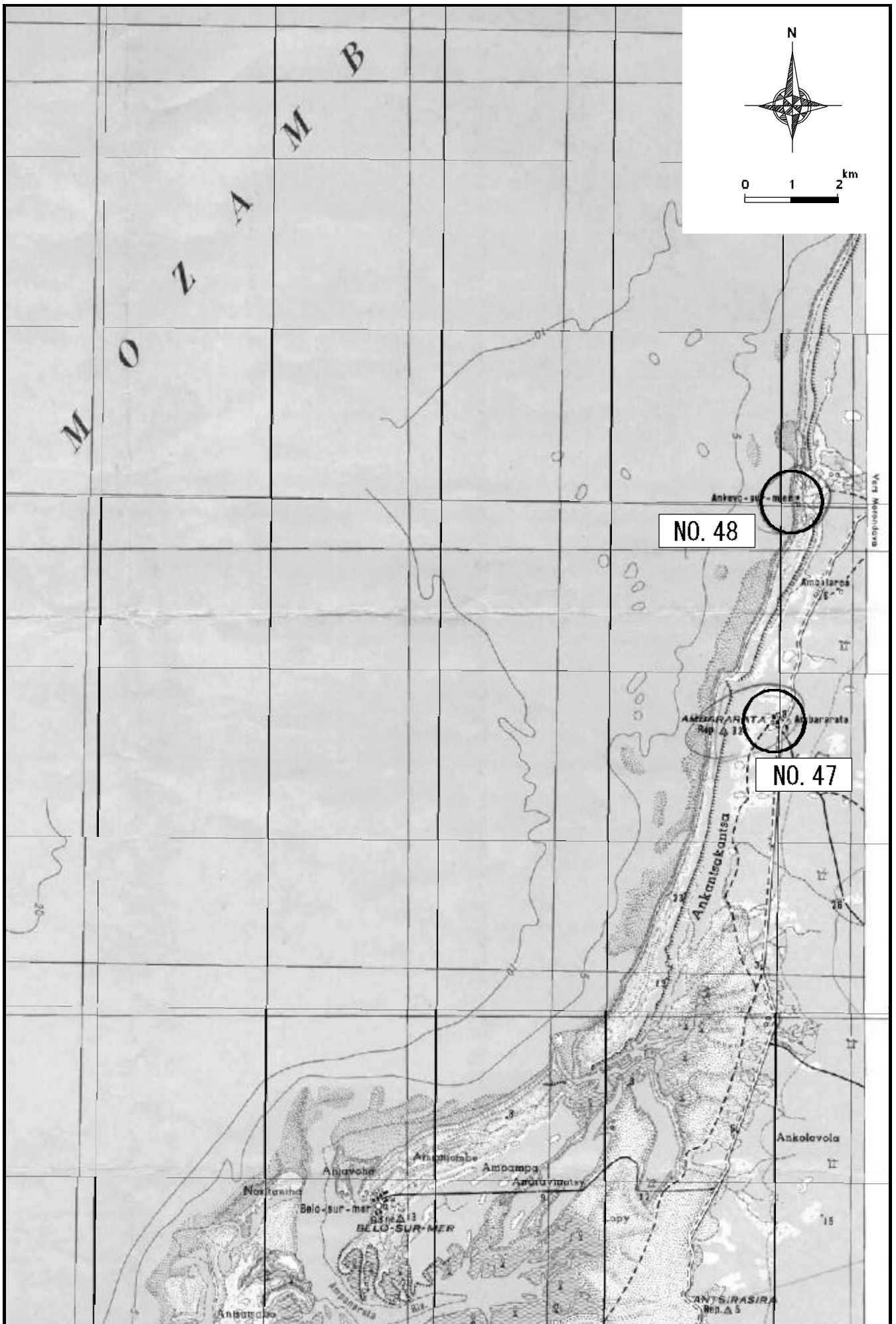


Fig.6-25 Carte Schématique des Sites : Région de Basses Terres Littorales au Nord du Fleuve MANGOKY

(8) Région de la rive droite du fleuve Mangoky

Le Mangoky, qui forme une frontière distincte avec le sud de la région, est un grand fleuve doté d'un vaste delta à son embouchure, avec une pente hydraulique douce de 0,7/100 en aval de la route principale. La région est constituée de basses terres alluviales du fleuve Mangoky et d'un plateau, sa géologie comportant une couche de sable, de graviers et d'argile de l'Holocène et du Pléistocène et ce que l'on suppose être une couche de l'ère Eocène à une plus grande profondeur.

Tableau 6-5 Hydrogéologie de la région de la rive droite du fleuve Mangoky

N° de site	Altitude (m)	Géologie	Puits existants	Qualité de l'eau EC (μ S/cm)	Aquifère	Jugement	Remarques
1	6	Sable de dune en couche de surface	Puits(2)	830	Sable de dune et gravier du Pléistocène	×	Les eaux souterraines du puits sont les eaux des marigots au-dessus de l'eau salée.
		Pléistocène en sous-sol ?	Forage (1)	2,000			
5	12	Sable, gravier et argile de l'Holocène Sable, gravier et argile du Pléistocène				×	Etude non exécutée
6	14	"				×	Etude non exécutée
20	16	"				○	Etude non exécutée
18	30	"				○	Etude non exécutée
122	40	Sable, gravier et argile du Pléistocène Calcaire, grès et pélite de l'Eocène	Puits(1)	935	Gravier du Pléistocène	○	Surface recouverte de latérite et géologie du sous-sol inconnue.
118	50	Sable, gravier et argile du Pléistocène	-	EC du point d'eau = 285	"	○	"
117	40	Sable, gravier et argile de l'Holocène	Puits (8)	574~896	Gravier de l'Holocène	⊙	Exécution de la prospection électrique
17	40	Sable, gravier et argile du Pléistocène	Aucun		Gravier du Pléistocène	○	Exécution de la prospection électrique

Exploitation des eaux souterraines aisée

Exploitation des eaux souterraines possible

× Exploitation des eaux souterraines impossible

i) N°117 Ankiliabo

Dans ce site situé dans une basse plaine d'une altitude de 40 m environ, une prospection électrique d'une profondeur de 100 m a été effectuée en 4 points. On suppose la présence d'une couche de graviers de l'Holocène de la surface jusqu'à 6 à 10 m de profondeur. Une couche de haute résistivité de 15 à 100 Ω -m est répartie dans la région. Les eaux souterraines de ce village sont, semble-t-il, les eaux souterraines peu profondes dans cette couche à haute résistivité. Il existe au-dessous, de 10 à 32 m, une couche de sable ayant une résistivité de 5 à 9 Ω -m et, encore au-dessous, une couche de grès équivalents de 5 à 6 Ω -m dans une couche de pélite de 2 à 3 Ω -m. Etant donné que ces couches de sable et de grès

peuvent former un aquifère, on peut considérer que les nouveaux forages devront avoir une profondeur de 100 m environ.

Tableau 6-6 Analyse de la qualité de l'eau par le laboratoire national (JIRAMA)

N° de site	TH	Ca	Fe	Mn	F	Cl	NH4	NO3	Turbidité	Couleur	Odeur	DCO
117	50,4	99,20	0,08	-	0,78	31,95	0,02	0,00	-	-	-	1,8

ii) N°17 Ambivy II

D'après les résultats de la prospection électrique (profondeur de 100 m) effectuée en 4 points à des intervalles de 100 m, une couche de sable et d'argile du Pléistocène a été trouvée jusqu'à une profondeur de 24 à 28 m, suivie par une couche de pélite et de calcaire de l'Eocène plus en profondeur. La couche de sable du Pléistocène de la surface jusqu'à 10 à 16 m constitue l'aquifère. Par ailleurs, des eaux de fissure semblent exister également dans la couche de calcaire à plus de 40 m. Par conséquent, la profondeur des nouveaux forages devra être d'environ 100 m.

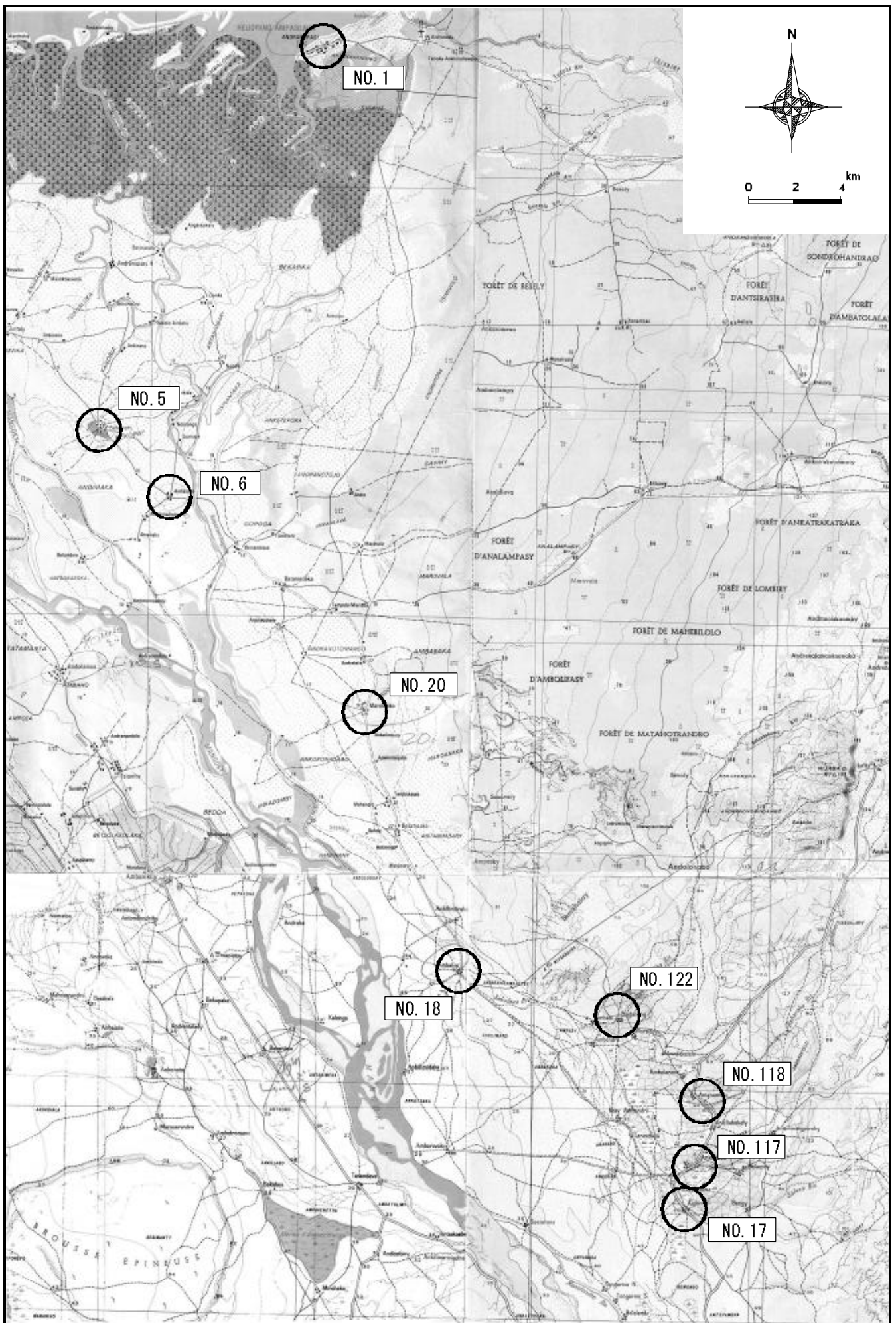


Fig.6-26 Carte Schématique des Sites : Région de la Rive Droite du Fleuve MANGOKY

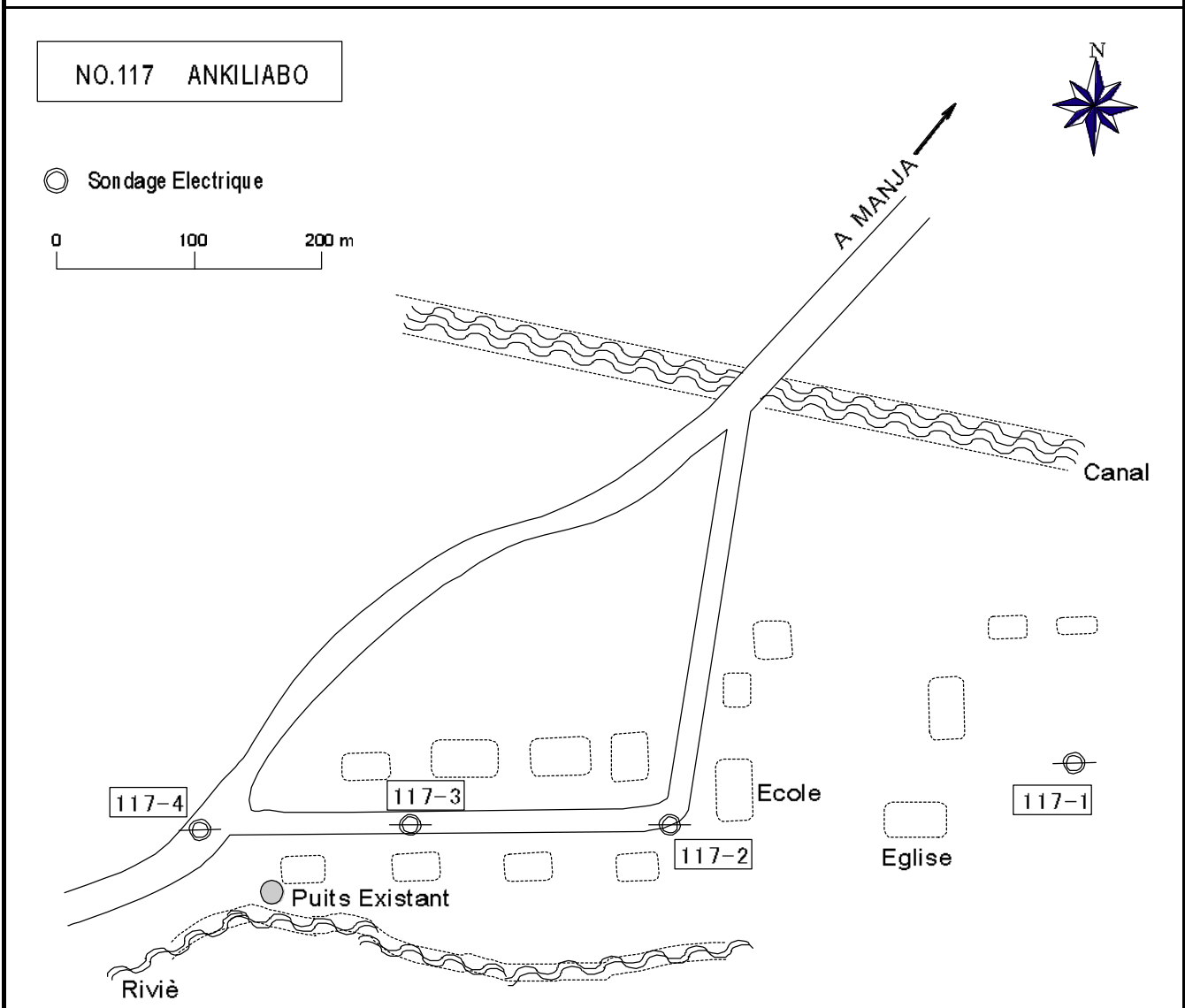
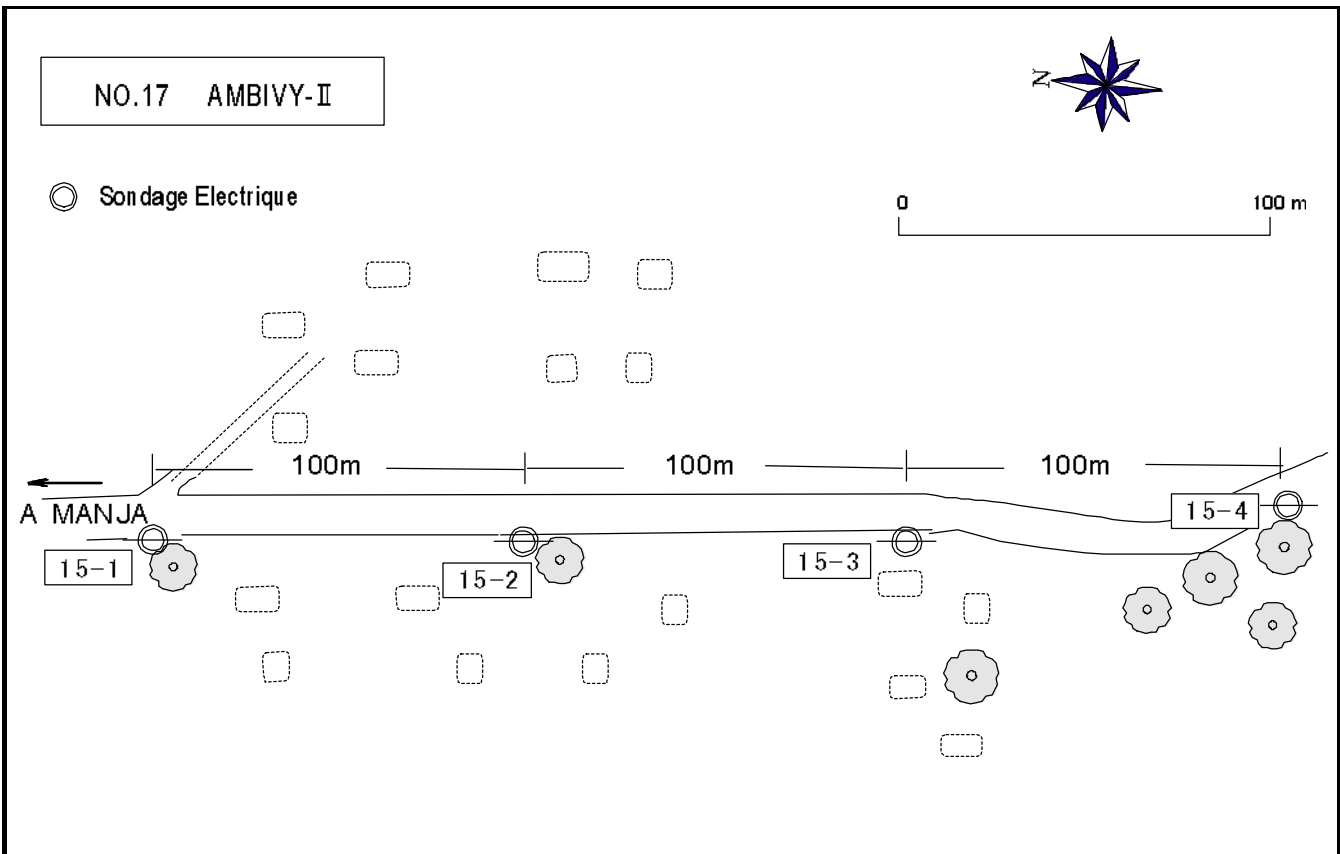


Fig.6-27 Points de la Prospection Géophysique : Région de la Rive Droite du Fleuve MANGOKY

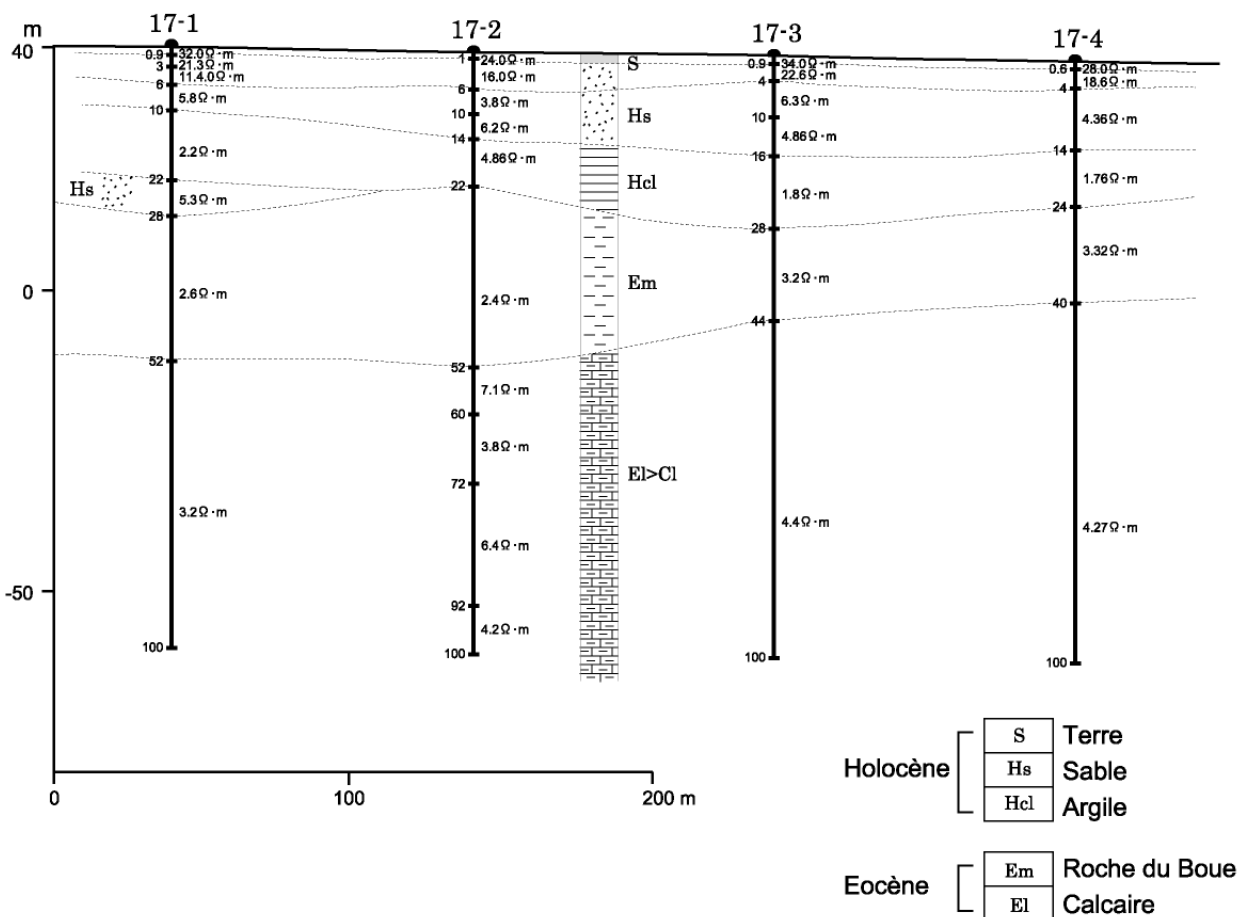
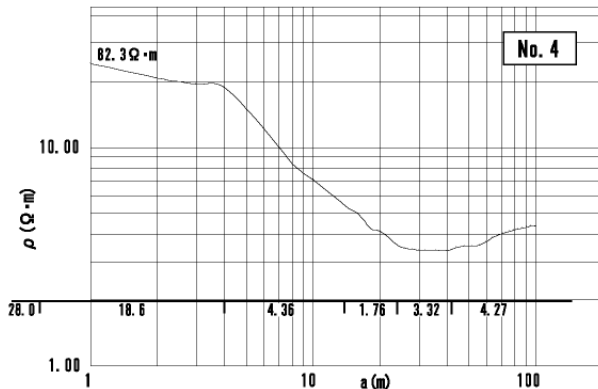
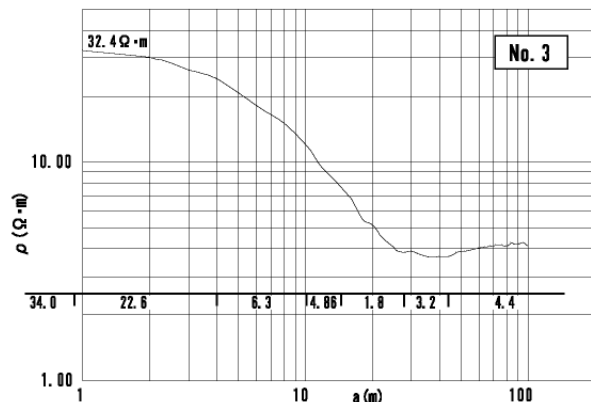
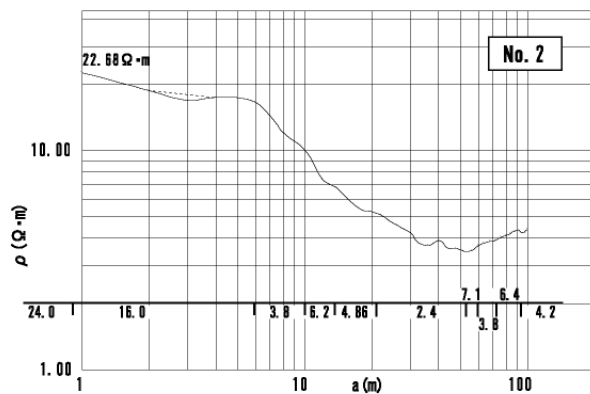
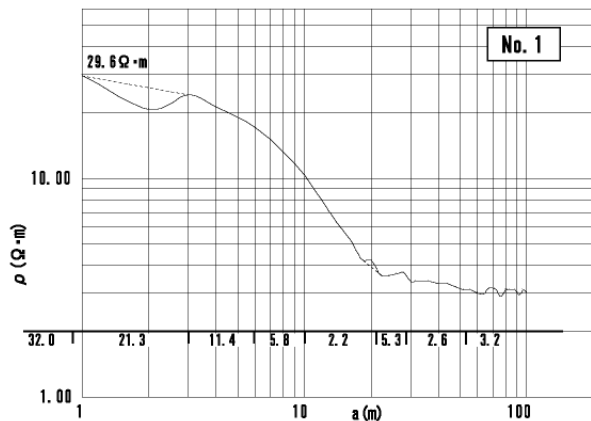


Fig.6-28 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.17

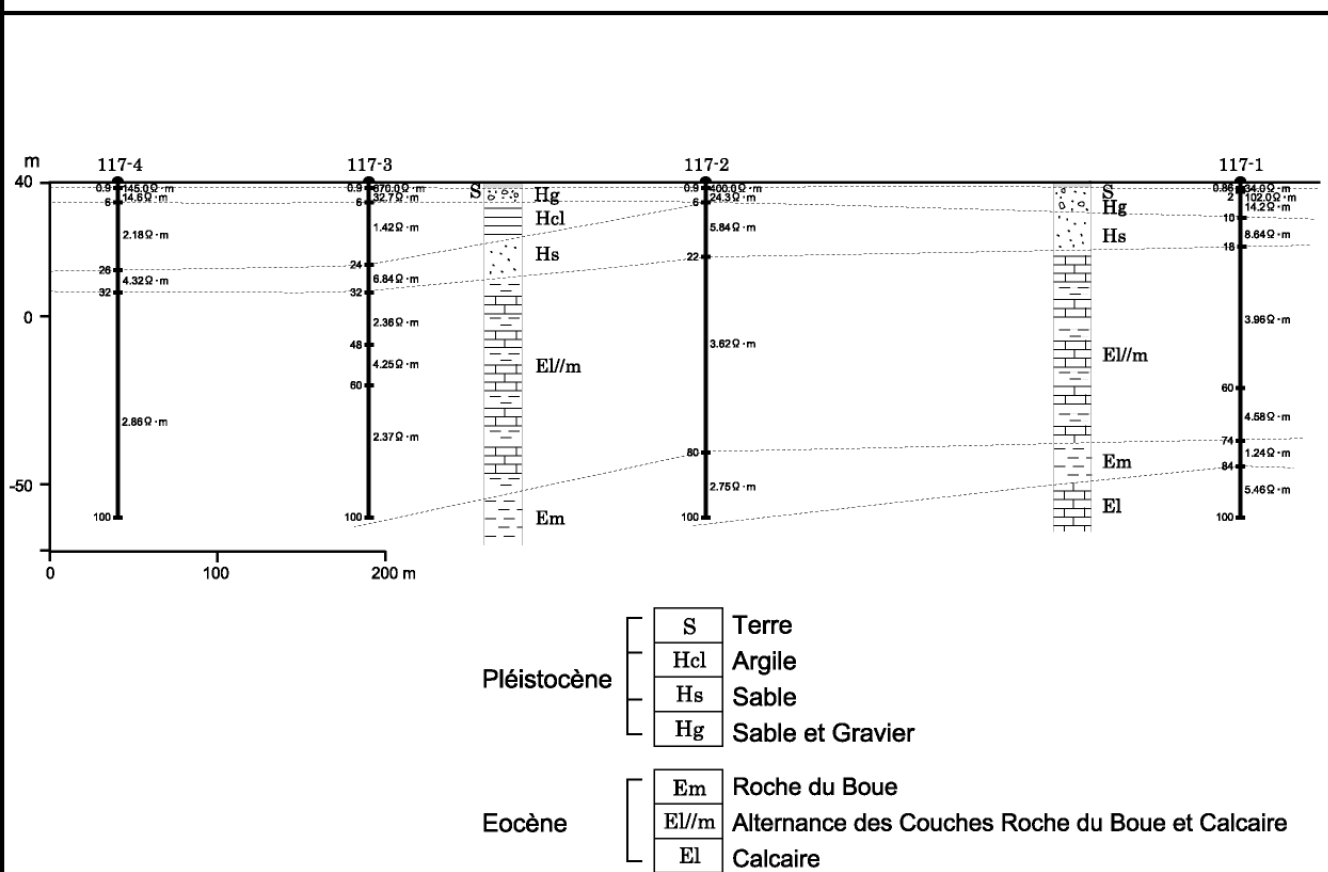
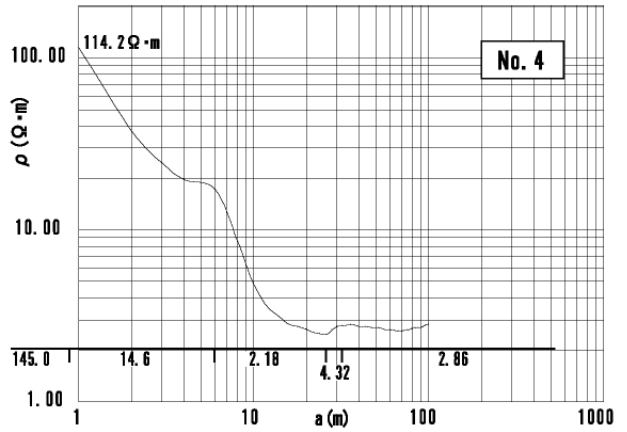
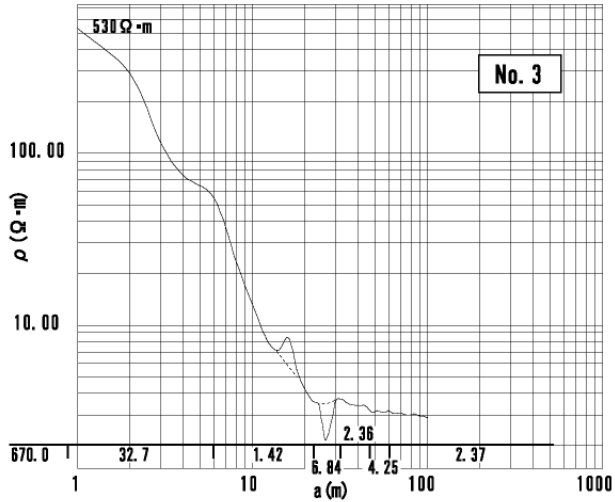
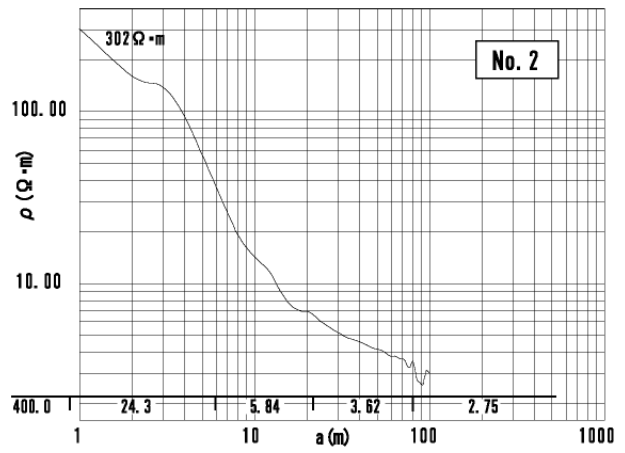
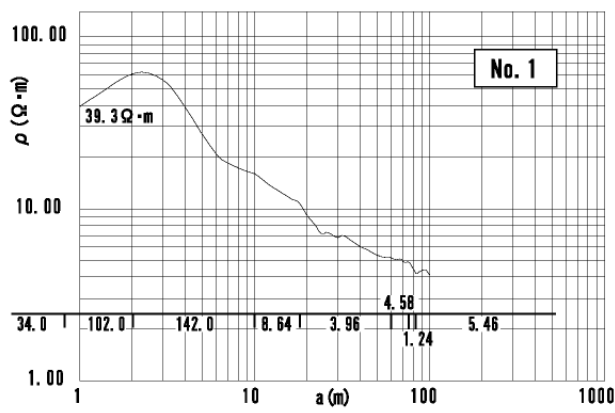


Fig.6-29 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.117

(9) Région de roches dures de la sous-préfecture de Manja

La région de la sous-préfecture de Manja, avec en son centre la ville du même nom, au sud de la région concernée par le présent projet, est une région de collines au relief ondulé avec des couches de calcaire, de pélite et de grès de l'Eocène et du Crétacé. Il n'existe pas de forages dans cette région et les habitants utilisent traditionnellement l'eau des puits, des rivières et des canaux pour leur consommation. Cinq villages de cette région recouverte de roches dures, et dans laquelle la prise d'eau devra probablement être effectuée à partir des eaux de fissure, ont fait l'objet de l'étude suivante dans le cadre du présent projet.

i) N°15 Miary

Ce village est situé à environ 4 km à l'est de la ville de Manja. Il se trouve sur le sommet plat des collines (altitude de 273 m) et de petits étangs se remarquent du côté est. Ces étangs présentent, à environ 1 km du village en amont, des eaux de surface qui s'écoulent en petites quantités et constituent la source d'eau utilisée par les villageois. Toutefois, ils pénètrent dans le sol à l'est du village et s'assèchent. L'ensemble du village est recouvert d'une épaisse couche de latérite (environ 3 m) et les structures géologiques du sous-sol à partir de la surface sont encore inconnues.

Une prospection électrique à une profondeur de 100 m a été effectuée en 4 points dans ce village, de pair avec une prospection électromagnétique également en 4 points. Une couche de haute résistivité de plus de 10⁴ Ω-m a été découverte de la surface jusqu'à 10 à 16 m, qui devrait correspondre à des grès ou équivalent, et indique une possibilité d'existence d'eaux souterraines en couche peu profonde. A une plus grande profondeur, se trouve une couche de faible résistivité de moins de 10² Ω-m, probablement constituée de pélite et de calcaire du Crétacé. On peut espérer la présence d'une petite quantité d'eau de fissure dans cette couche calcaire.

ii) N°16 Ambivy I

Ce village, situé dans les collines (altitude de 160 m) à 40 km environ au sud de la ville de Manja, possède un puits d'une profondeur de 10 m environ qui a été réalisé en 1978. Avec un niveau statique de 5,3 m et EC = 383 μS/cm, la qualité de son eau est bonne mais le puits n'est pas utilisé en raison d'une

panne de la pompe à main, les villageois utilisant l'eau des petits étangs situés à environ 3 km au sud. Dans la partie basse des étangs, une couche de grès à granulométrie moyenne, avec à l'intérieur des conglomérats à granulométrie fine de l'Eocène, est en affleurement et, en direction NO 20°, des plantes aquatiques de sources thermales apparaissent dans les fissures, l'eau étant trouble et présentant une couleur blanchâtre. Cette eau a une EC = 89 μ S/cm et une température de 28,5°C.

D'après les résultats de la prospection électromagnétique effectuée en 4 points dans ce village, une couche de haute résistivité de 100 Ω -m que l'on suppose être composée de grès se trouve sous les latérites, à une profondeur comprise entre 5 et 15 m, et paraît constituer la source de prise d'eau pour le puits existant. A une plus grande profondeur, se trouvent des pélites et du calcaire de moins de 10 Ω -m.

iii) N°116 Tsianihiy

Ce village se trouve dans une région de collines à environ 100 m d'altitude. Il est composé d'un village n°1 et d'un village n°2. Il existe, au nord-ouest du village n°1, un trou creusé manuellement d'une profondeur de 1,10 m qui constitue la principale source d'eau des villageois. L'eau des canaux qui se trouvent à 200 m au nord de ce point est également utilisée comme eau utilitaire. Le niveau d'eau du trou est de 0,8 m, avec EC = 299 μ S/cm. D'autre part, dans le village n°2, un puits de 5 m de profondeur environ, avec un niveau statique de 4,5 m et une EC relativement élevée de 1.047 μ S/cm, sert de source d'eau. Par ailleurs, la EC du fleuve Tsianify (largeur de 50 m, profondeur d'eau de 20 cm) en direction ouest du village n°2, est de 757 μ S/cm, c'est-à-dire à un niveau élevé pour les eaux de surface d'un cours d'eau.

D'après la prospection électrique effectuée en 4 points dans ce village, une couche de pélites, de calcaire et de grès de l'Eocène se trouve sous la couche de latérite. Toutefois la résistivité de cette couche, avec 6 Ω -m, est peu élevée, et les possibilités d'exploitation réussie des eaux souterraines sont relativement minces. Toutefois, l'expérience montre que dans une région ayant ce type de structures géologiques, de petites fissures apparaissent dans le calcaire, permettant le passage des eaux souterraines et le projet peut donc porter, dans

cette région également, sur la réalisation de forages avec pompes à main utilisant les eaux de fissure.

iv) N°120 Soaserana

Ce village est situé dans une région de collines à une altitude de 120 m, le fleuve Lampaolo s'écoulant vers l'ouest à environ 500 m du village en direction est. De petites falaises d'une hauteur de 2 à 3 m se trouvent du côté est du village et, plus à l'est de ces falaises, se trouve une plaine alluviale. Le village ne possède pas de puits et les villageois utilisent les eaux du fleuve Lampaolo.

Une prospection électrique en 4 points a été effectuée dans ce village, de pair avec une prospection électromagnétique en 6 points. D'après les résultats de cette prospection, on suppose la présence, dans la plaine alluviale, d'une couche de sédiments de la plaine d'inondation du fleuve Lampaolo située à une profondeur de 18 à 26 m. Cette couche d'alluvions se compose de sable, de graviers et d'argile et on peut envisager la présence d'une eau de strate de bonne qualité dans les graviers. Par ailleurs, dans le plateau sur lequel les habitations des villageois sont disséminées, les pélites et les calcaires de l'Eocène sont en prédominance, et la résistivité des couches est peu élevée. Sur le plateau, l'exploitation des eaux de fissure dans la partie considérée être la couche de calcaire, répartie entre 26 et 40 m de profondeur, semble être la plus prometteuse. Comme l'indique ce qui précède, l'exploitation des eaux souterraines sera possible sur des aquifères de deux types, différents selon les emplacements.

v) N°121 Antevamena-Sarodrano

Ce village se trouve à la bordure la plus à l'ouest de la région de roches dures de Manja. De petites collines aux douces ondulations se trouvent à environ 95 m d'altitude aux alentours du village qui est composé d'un village n°1 et d'un village n°2. Le village n°1 est situé le long de la route principale en direction de Manja alors que le village n°2 se trouve sur une surface de latérites à plus de 500 m à l'ouest après la région de forêt. Dans cette zone de forêt à l'extrémité est du village n°1, des calcaires de l'Eocène sont largement exposés. Ni l'un ni l'autre de ces villages ne possède de puits et les villageois utilisent l'eau des canaux qui se trouvent à 2 km environ à l'est.

Lors de la présente étude, une prospection électromagnétique a été effectuée en 3 points dans le village n°1 et le village n°2, celui-ci ayant également fait l'objet d'une prospection électrique en un point. A en juger d'après les résultats de l'étude, le sous-sol des villages et de leurs alentours est géologiquement composé de calcaire et de grès de l'Eocène. Ces résultats sont conformes aux autres résultats d'étude dans la région de roches dures aux alentours de Manja et l'exploitation des eaux souterraines portera sur les eaux de fissure dans le calcaire ou le grès. Etant donné qu'aucun aquifère notable n'a pu être remarqué dans les résultats de l'étude dans la région et que la prise d'eau des puits se fera à partir des eaux de fissure dans les petites craquelures, le projet devra prévoir une marge suffisante pour ce qui est de la profondeur réelle des excavations.

Les résultats de l'étude effectuée dans les 5 villages de la région mentionnée ci-dessus peuvent être résumés de la manière suivante.

- A. Aucun aquifère notoire permettant l'exploitation des eaux souterraines n'a pu être décelé dans les villages.
- B. L'exploitation des eaux souterraines dans chacun des villages devra donc porter sur les eaux de fissures stockées dans les petites craquelures de l'Eocène et du Crétacé, réparties sous la couche de latérites.
- C. Toutefois, étant donné que ces petites fissures ne peuvent être décelées ni par prospection électrique, ni par prospection électromagnétique, il sera nécessaire, lors de l'excavation réelle, de continuer à creuser en tenant compte de la situation d'augmentation des quantités d'eau dans le trou excavé, pour réaliser en définitive des forages utilisés avec une pompe à main. Pour ce faire, afin que le perçage jusqu'à la partie des petites fissures soit le plus efficace possible, la profondeur d'excavation des nouveaux forages dans chacun des villages devra être déterminée en prévoyant une marge suffisante. Une profondeur de 100 mètres environ sera donc choisie, conformément aux critères généralement utilisés dans les pays d'Afrique pour l'exploitation des eaux souterraines dans les régions calcaires de la même ère géologique, et nous proposons d'adapter ce critère, à la hausse ou à la baisse, selon les conditions géologiques de chacun des villages.

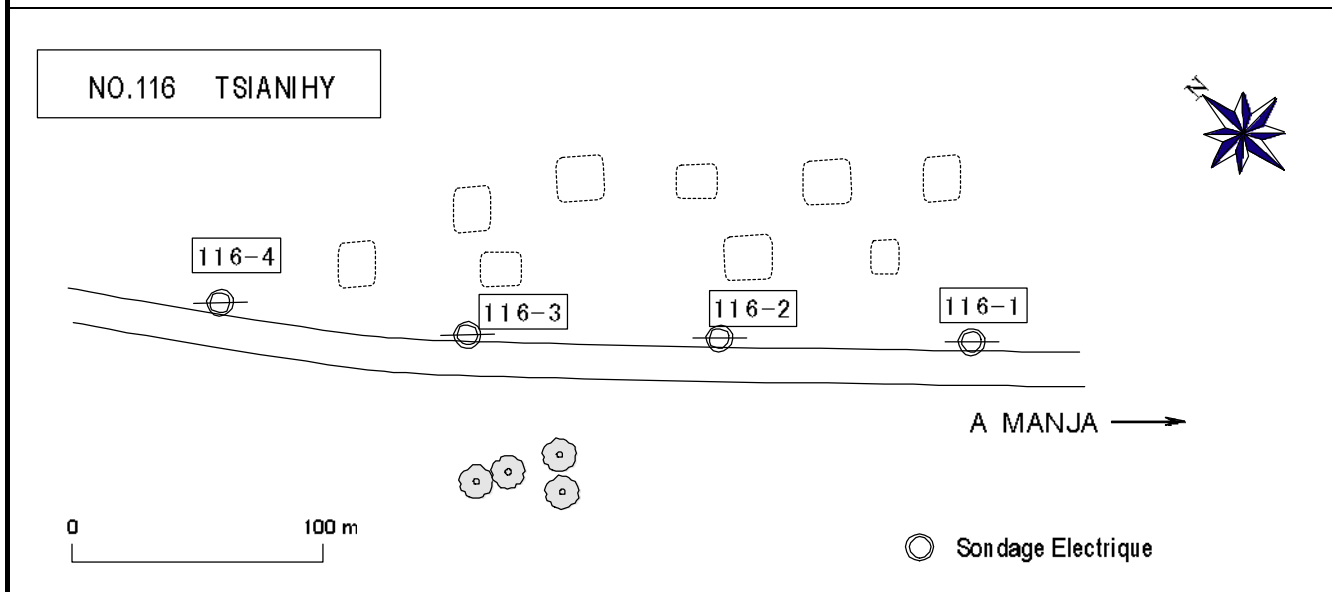
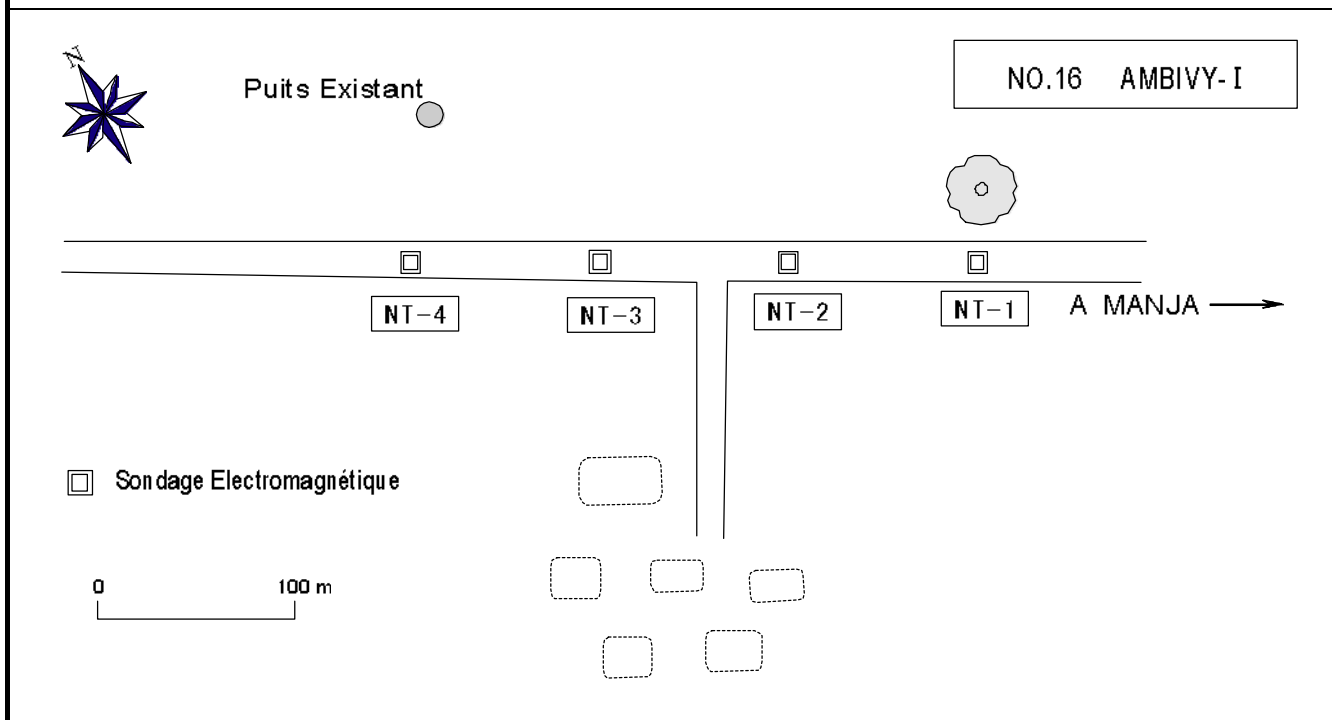
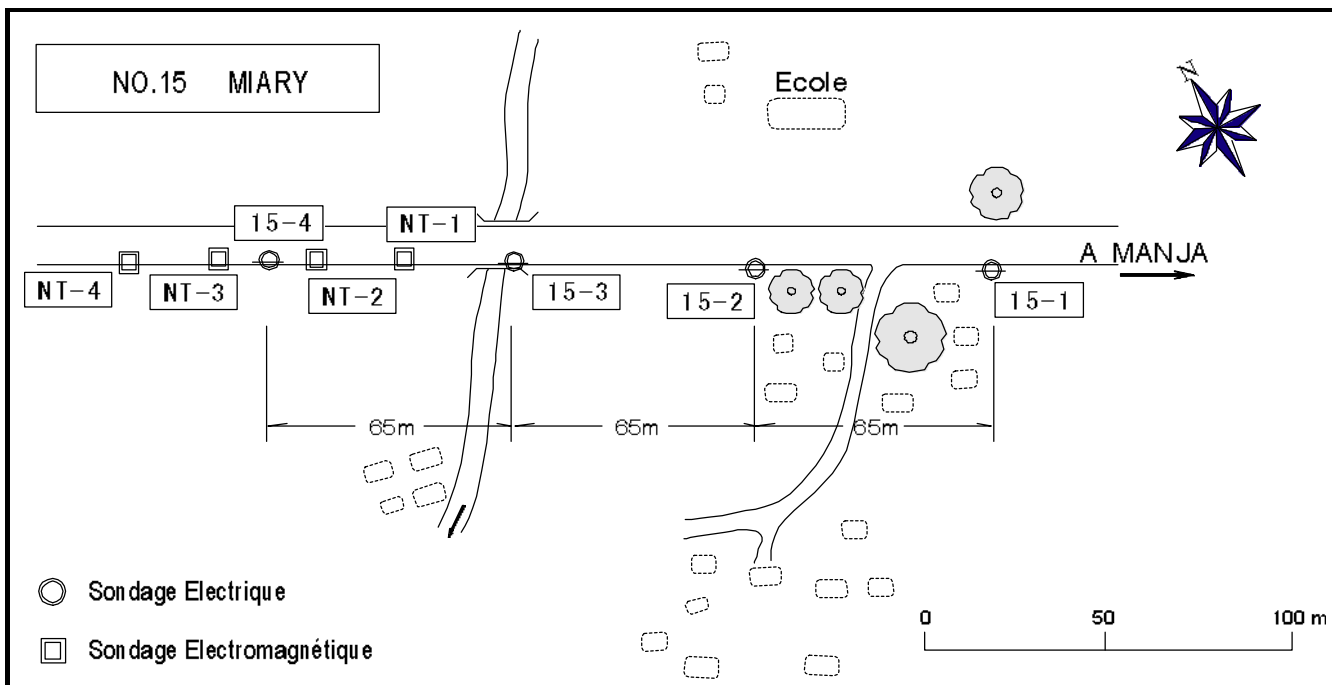


Fig.6-31 Points de la Prospection Géophysique : Région de Roches Dures de la Sous-Préf. de MANJA(1)

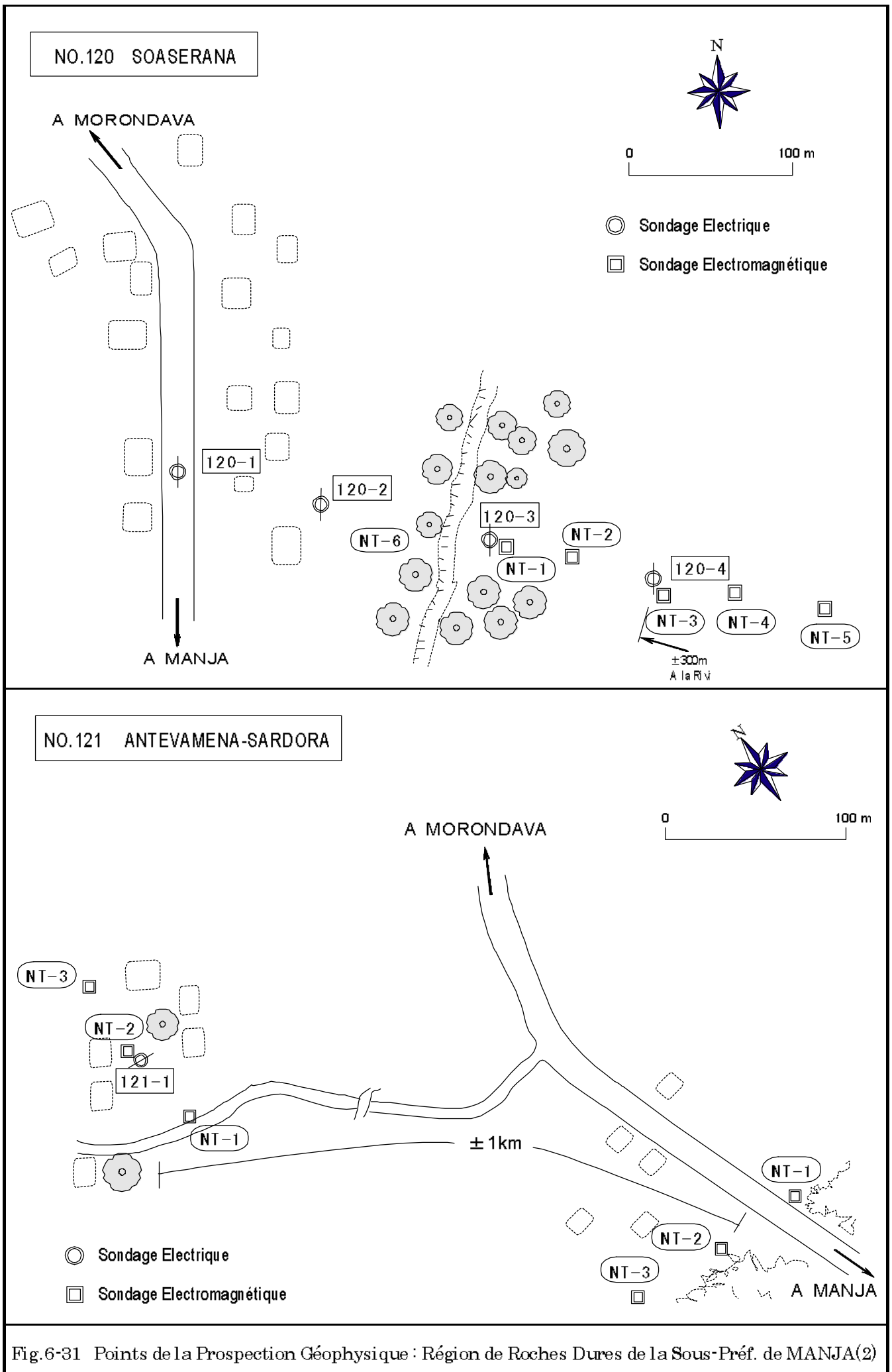
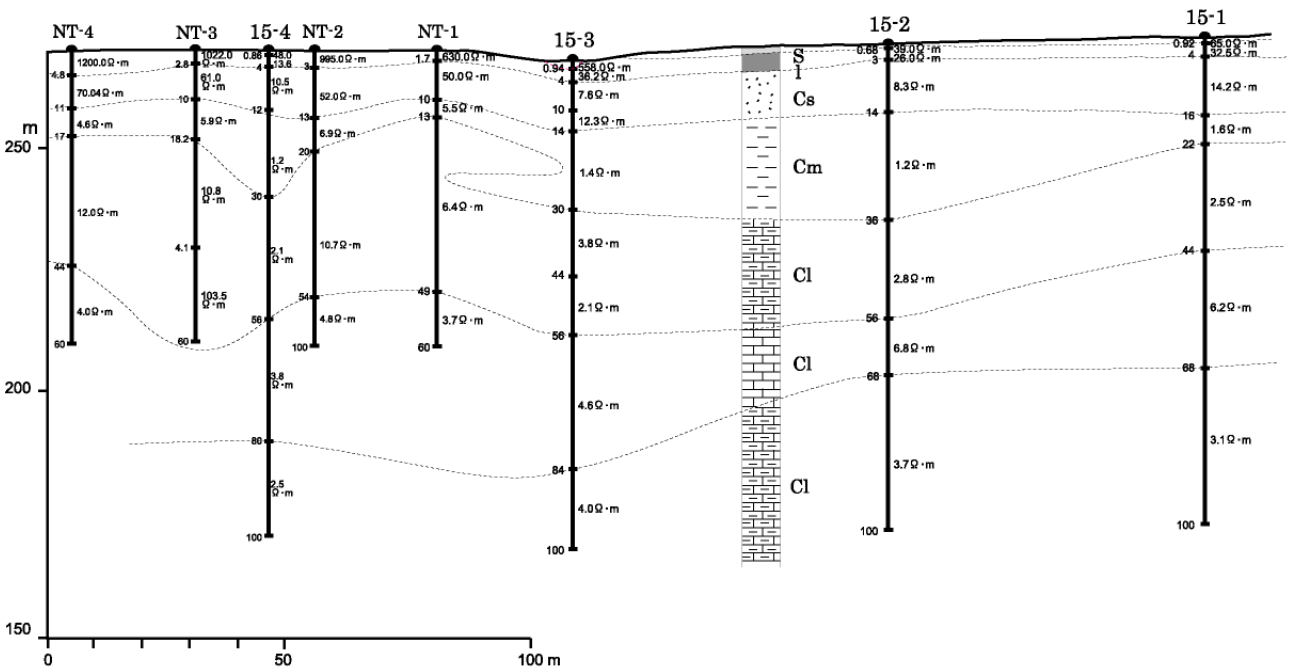
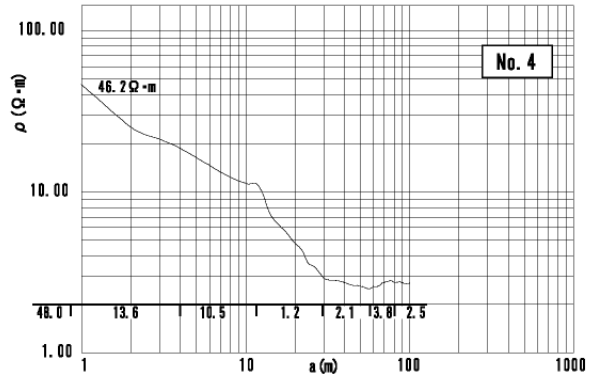
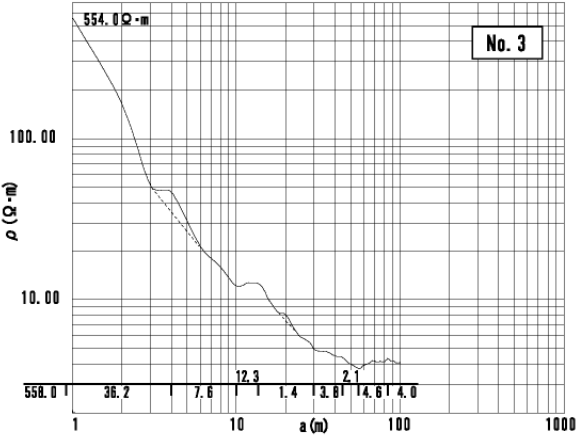
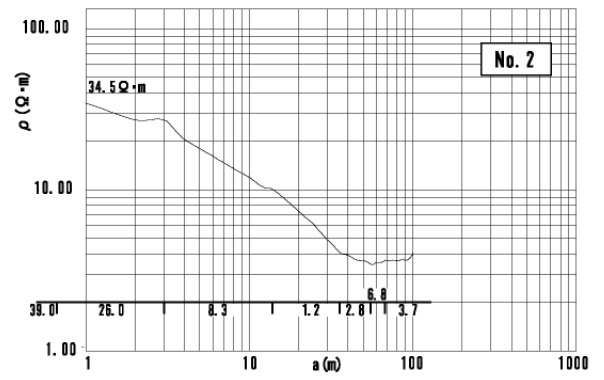
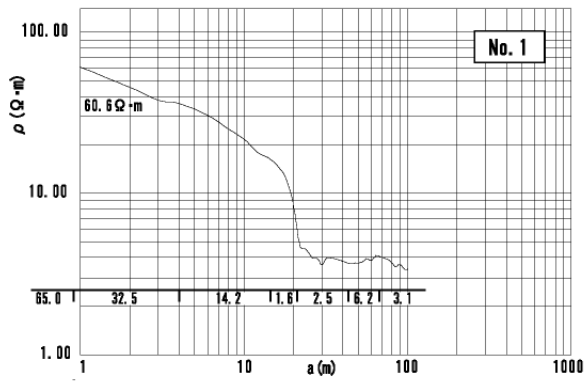


Fig.6-31 Points de la Prospection Géophysique : Région de Roches Dures de la Sous-Préf. de MANJA(2)



S	Terre	
l	Latérite	
Crétacé	Cs	Gres
	Cm	Roche du Boue
	Cl	Calcaire

Fig.6-32 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.15

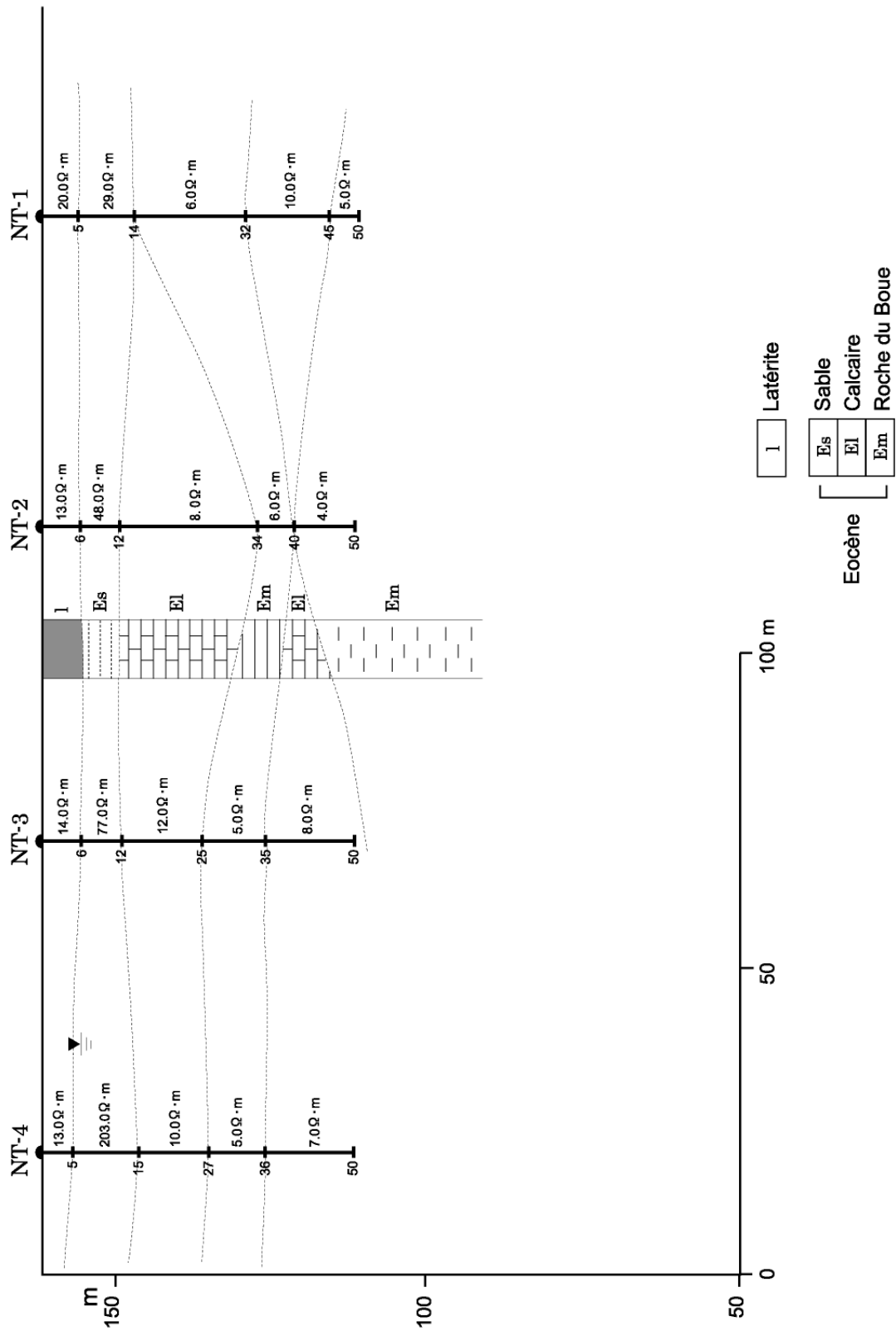


Fig. 6-33 Coupe Géologique de la Prospection Electrique : No.16

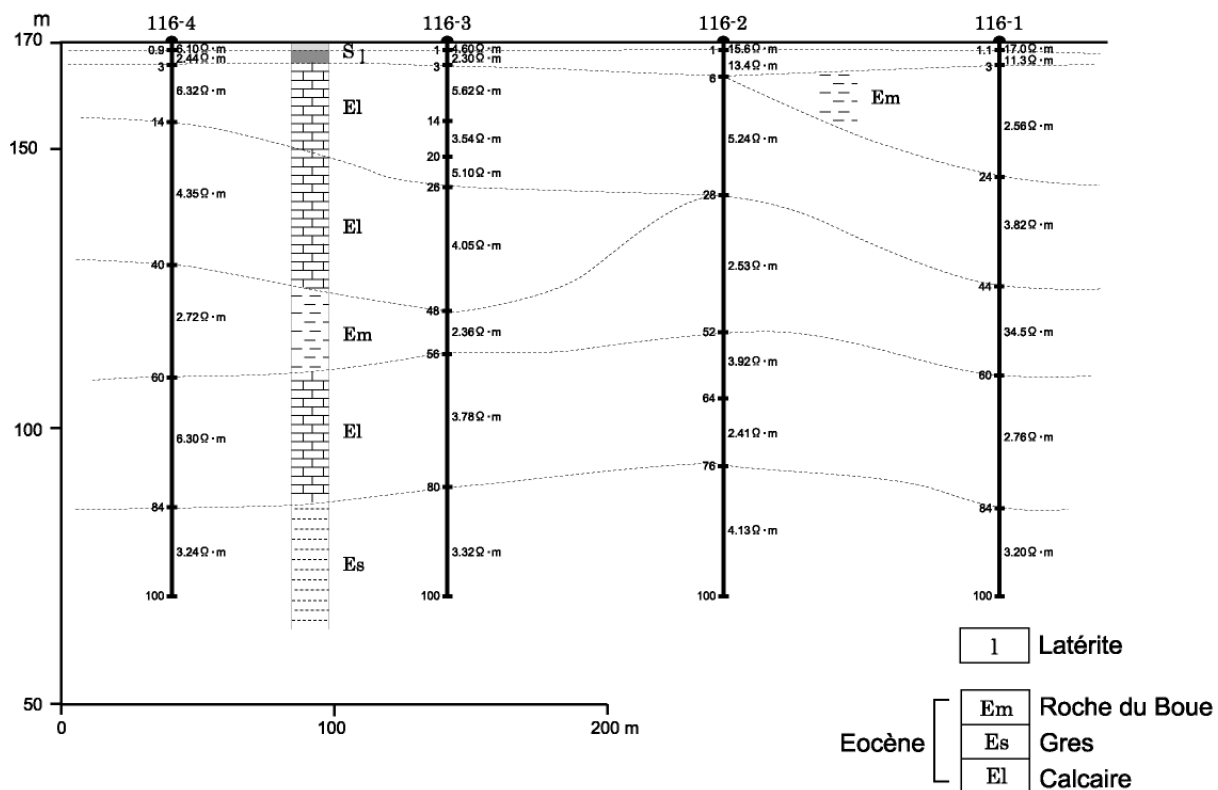
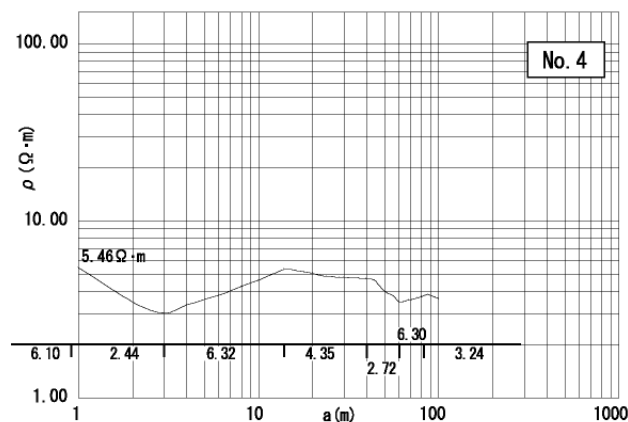
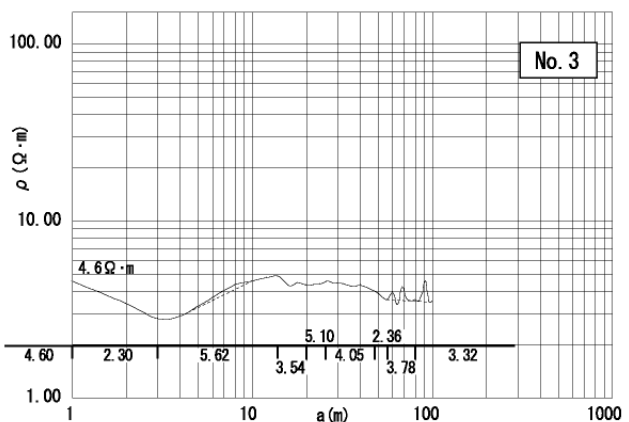
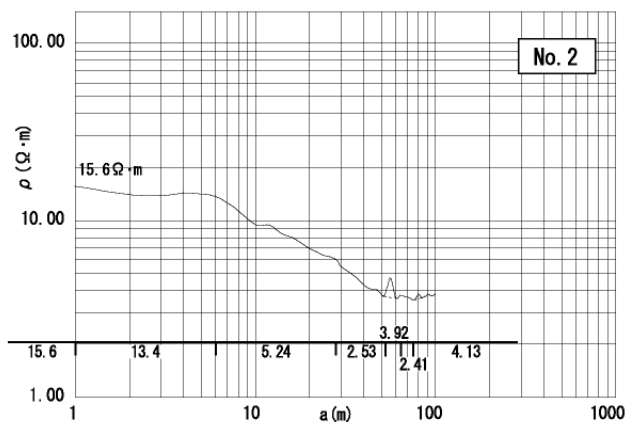
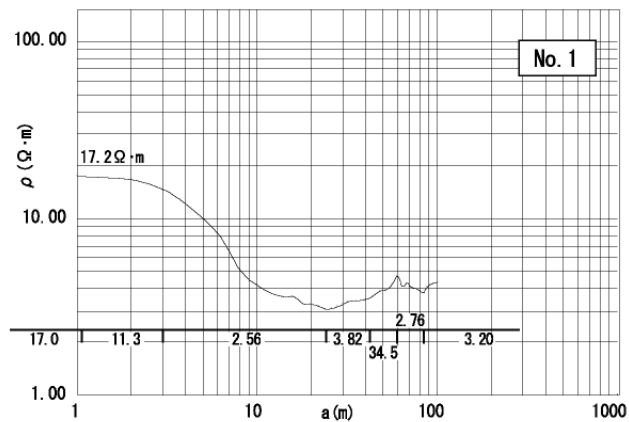


Fig.6-34 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.116

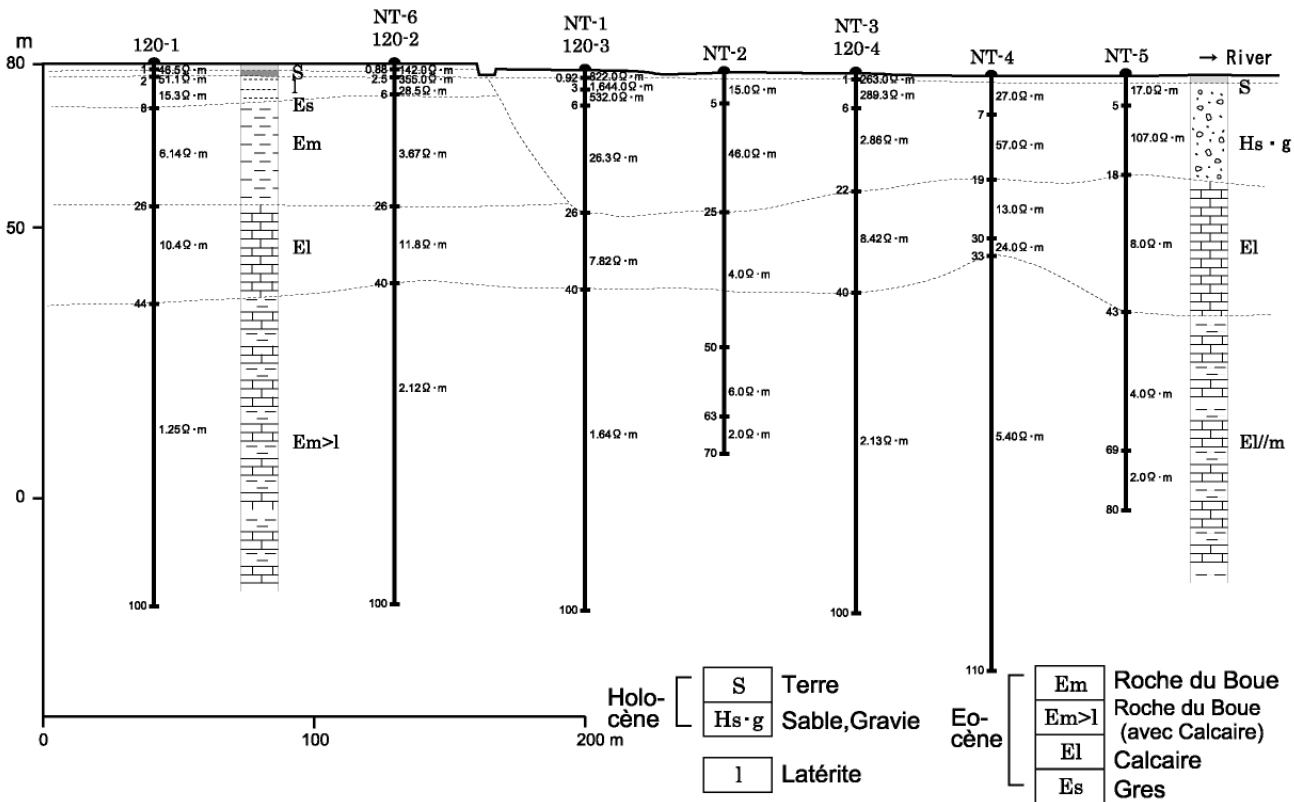
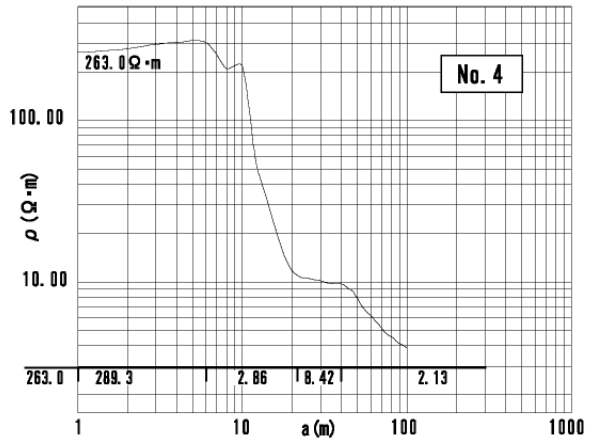
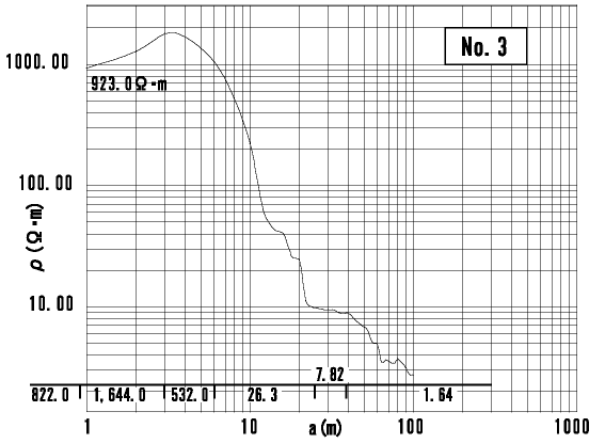
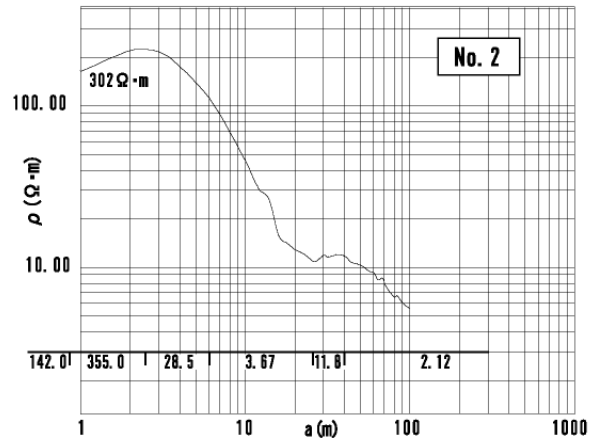
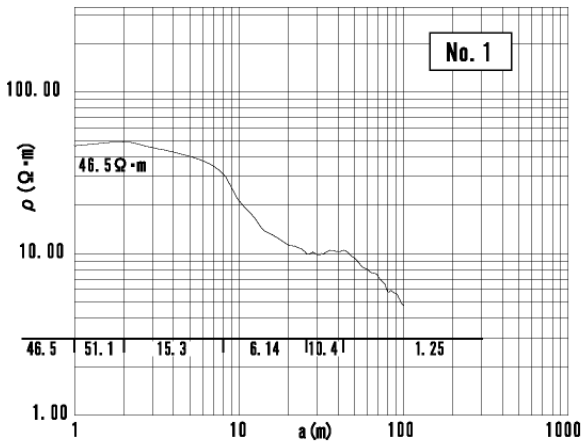


Fig.6-35 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.120

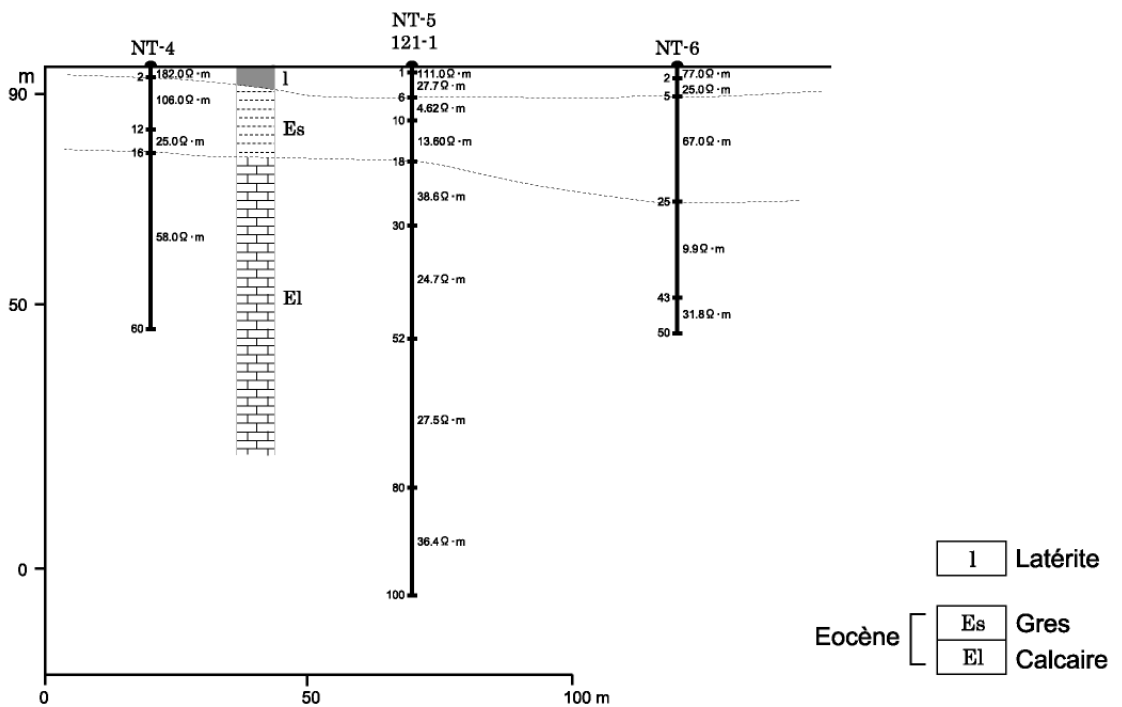
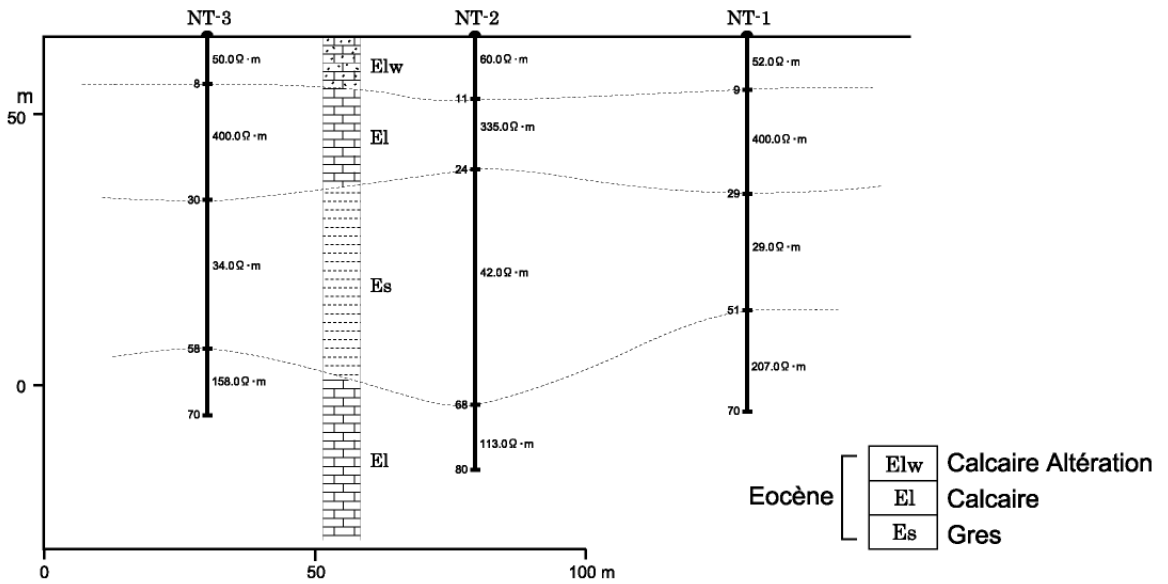
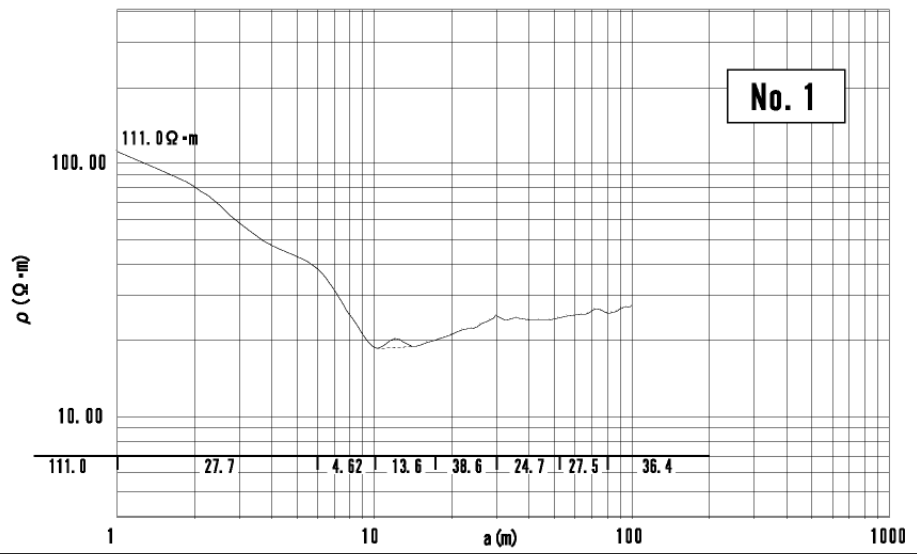


Fig.6-36 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.121

NANOTEM SURVEY
 Village: Miary Site 15
 Stations 1 to 4 spaced 25m

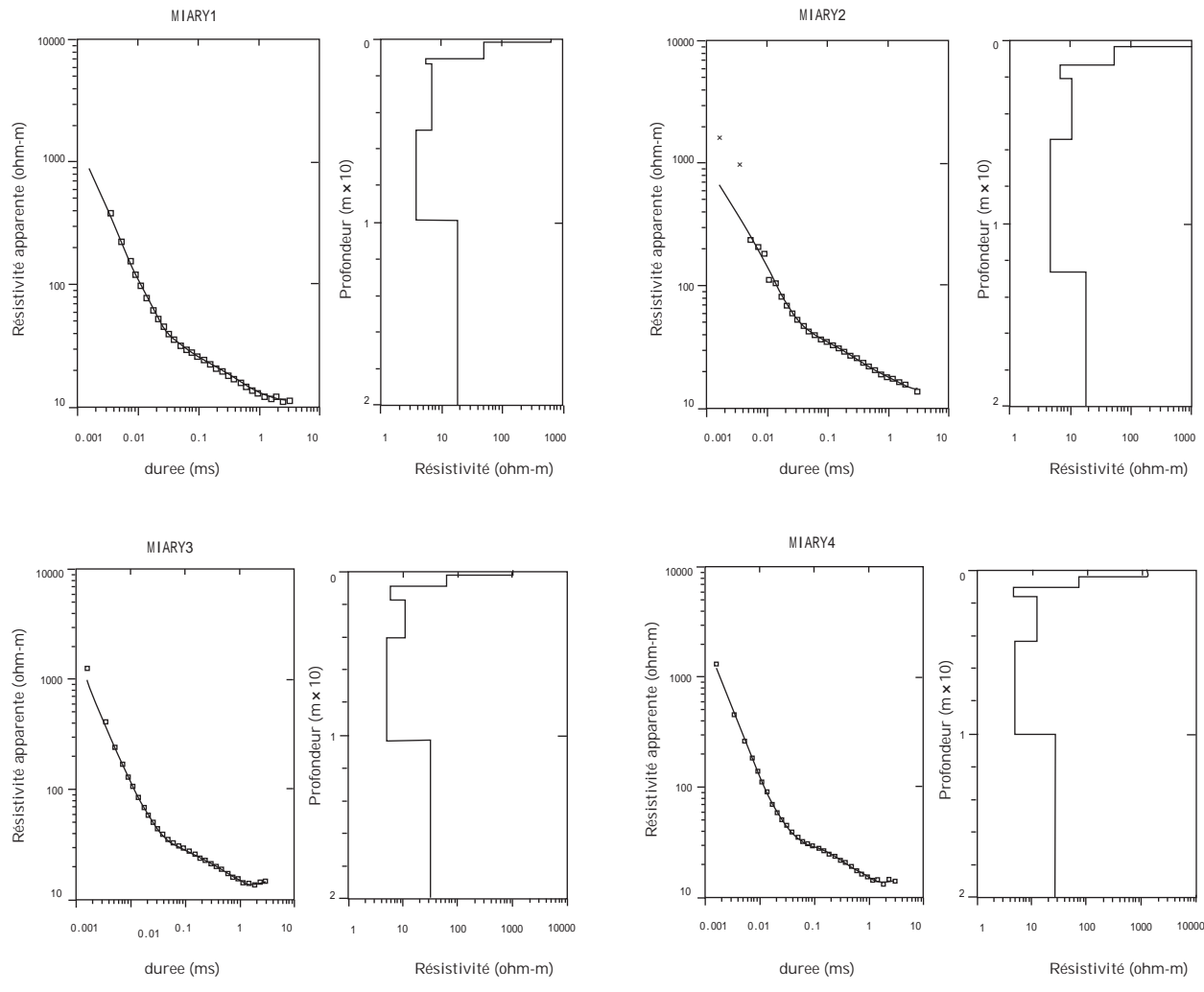
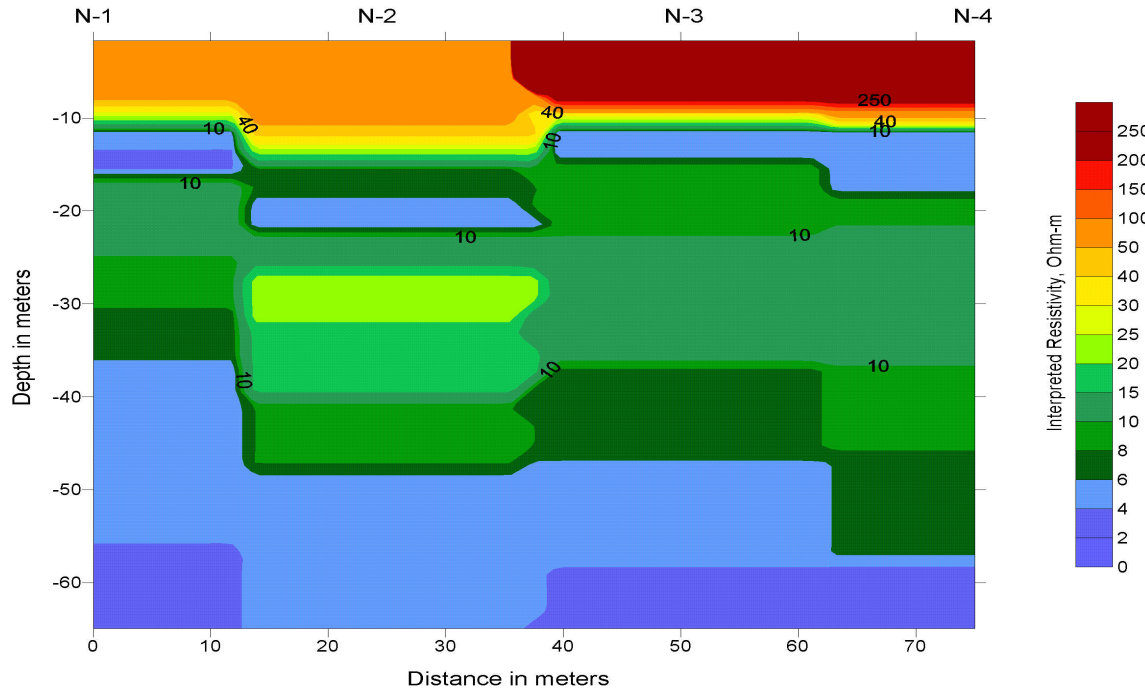


Fig.6-37(a) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.15

NANOTEM SURVEY
 Village: Ambivy 1 Site 16
 Stations 1 to 4 spaced 50m

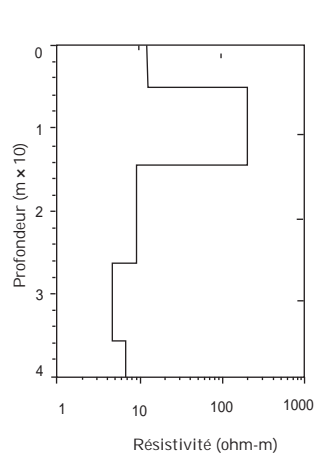
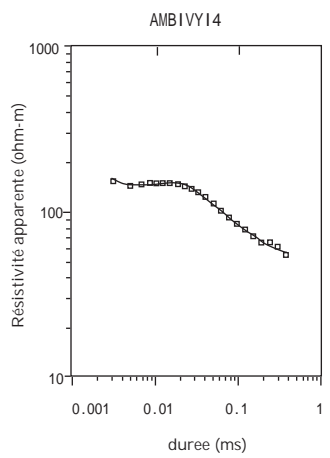
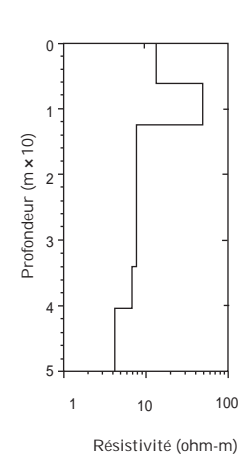
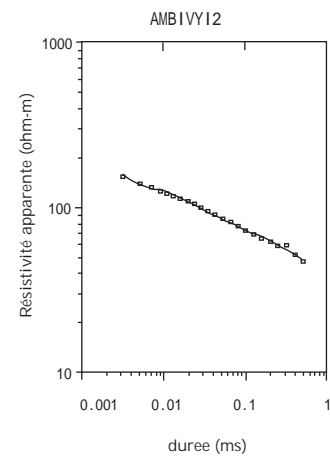
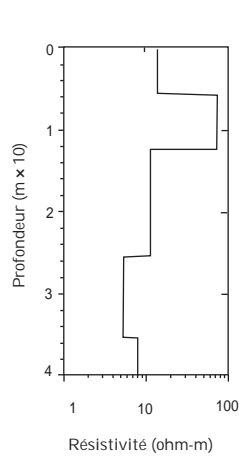
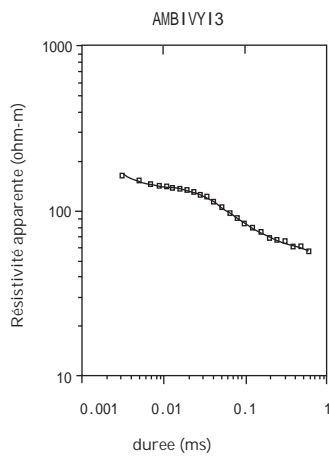
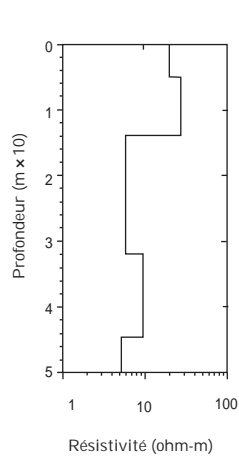
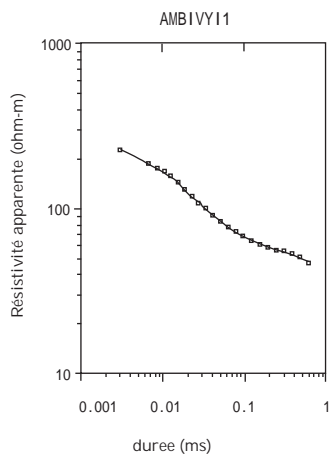
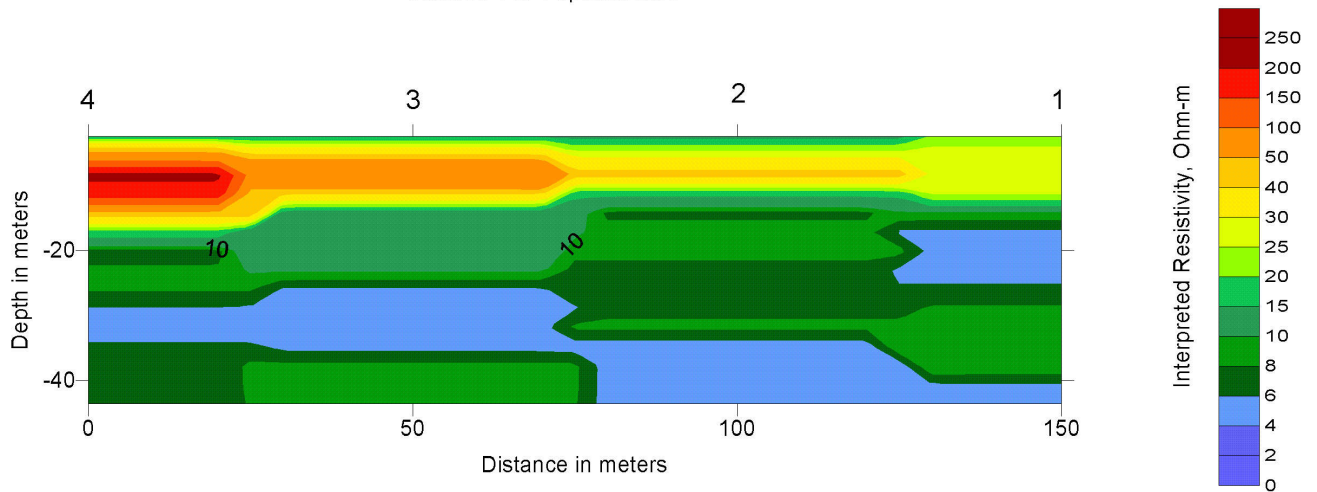


Fig.6-37(b) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.16

NANOTEM SURVEY
 Village: Soaserana Site 120

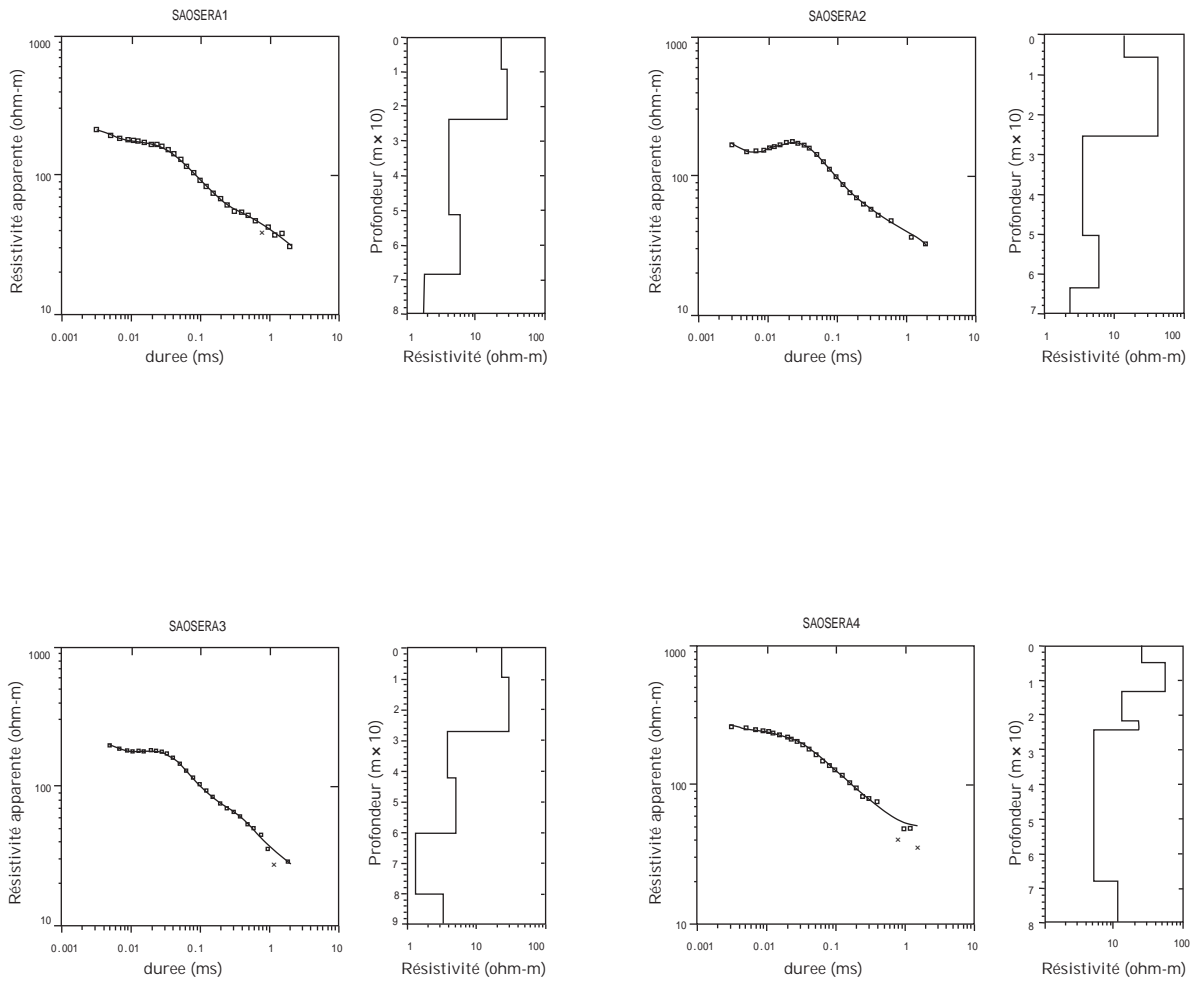
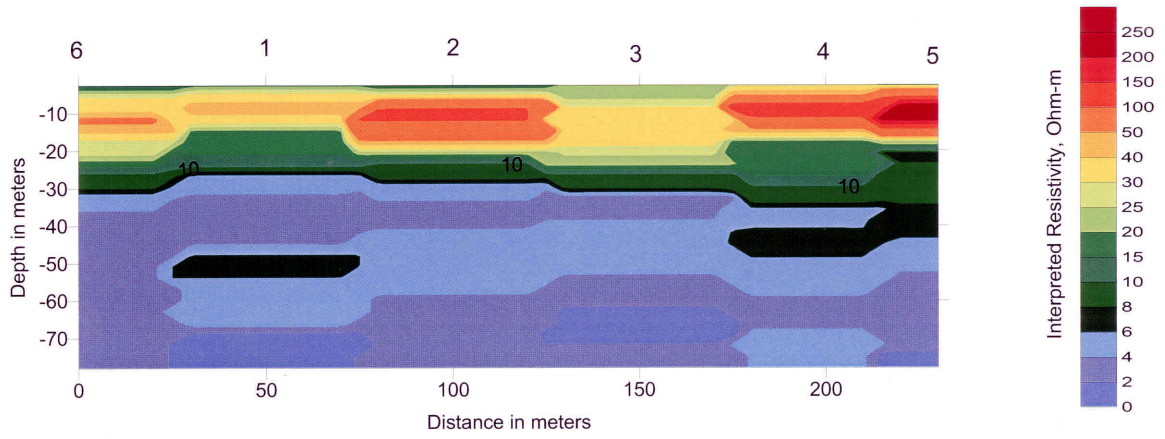


Fig.6-37(c) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.120

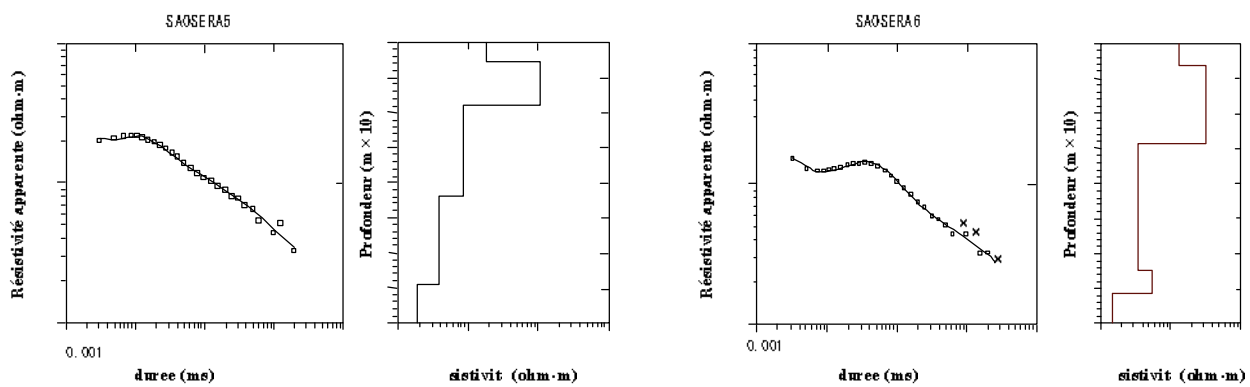
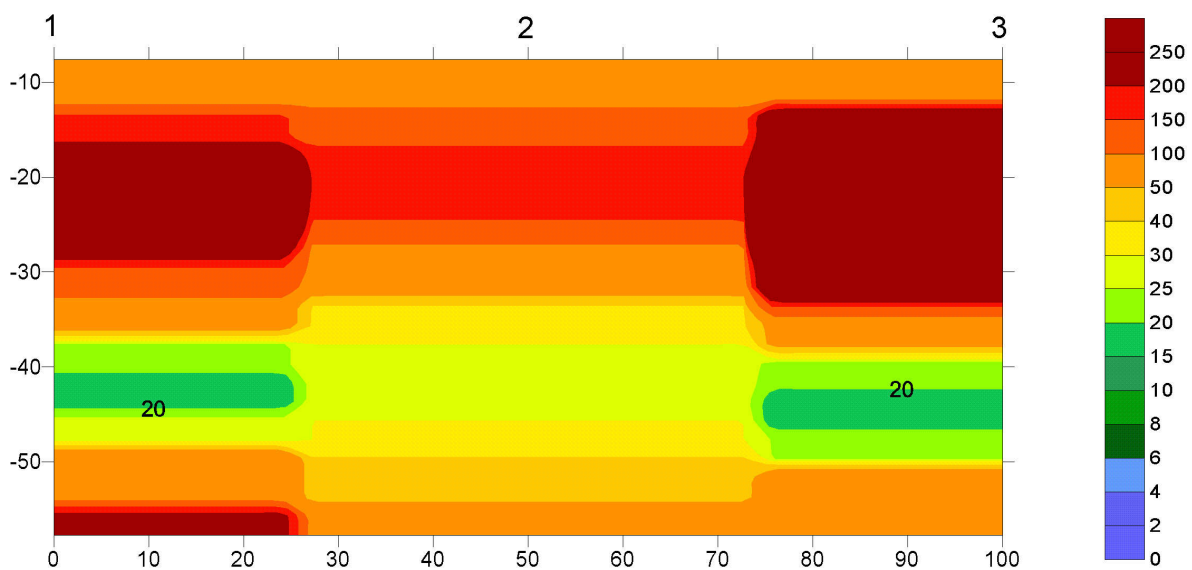


Fig.6-37(c) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.120

NANOTEM SURVEY
Village: Antevamena-sarodrano South Site 121
Stations 1 to 3 spaced 50m



NANOTEM SURVEY
Village: Antevamena-sarodrano North Site 121
Stations 4 to 6 spaced 50m

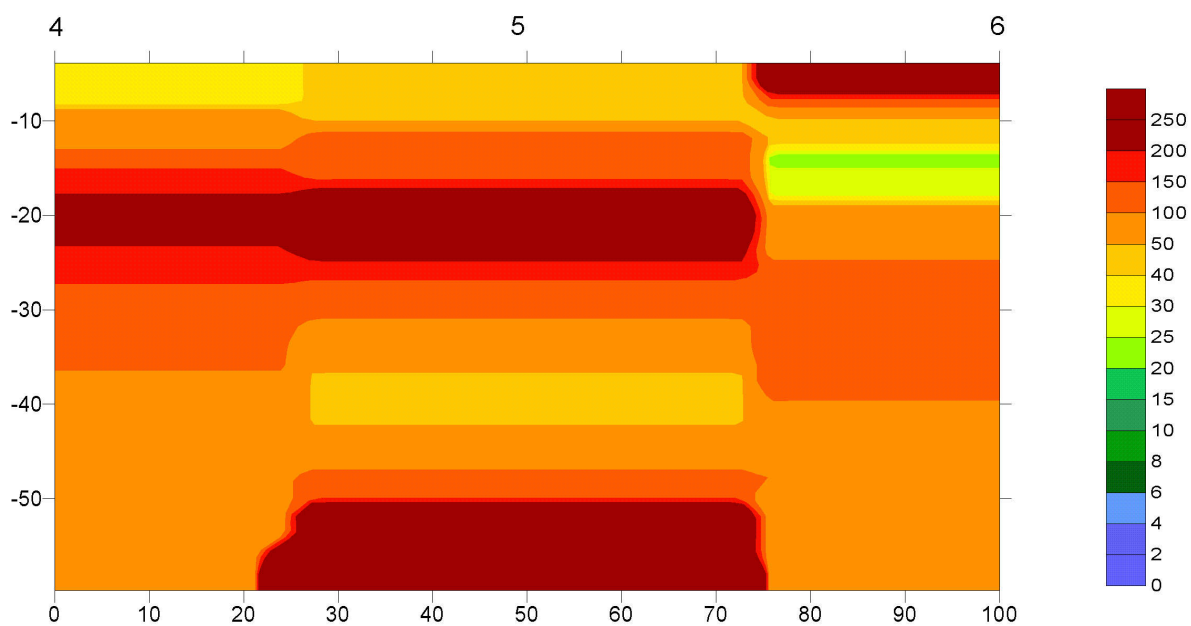


Fig.6-37(d) Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.121

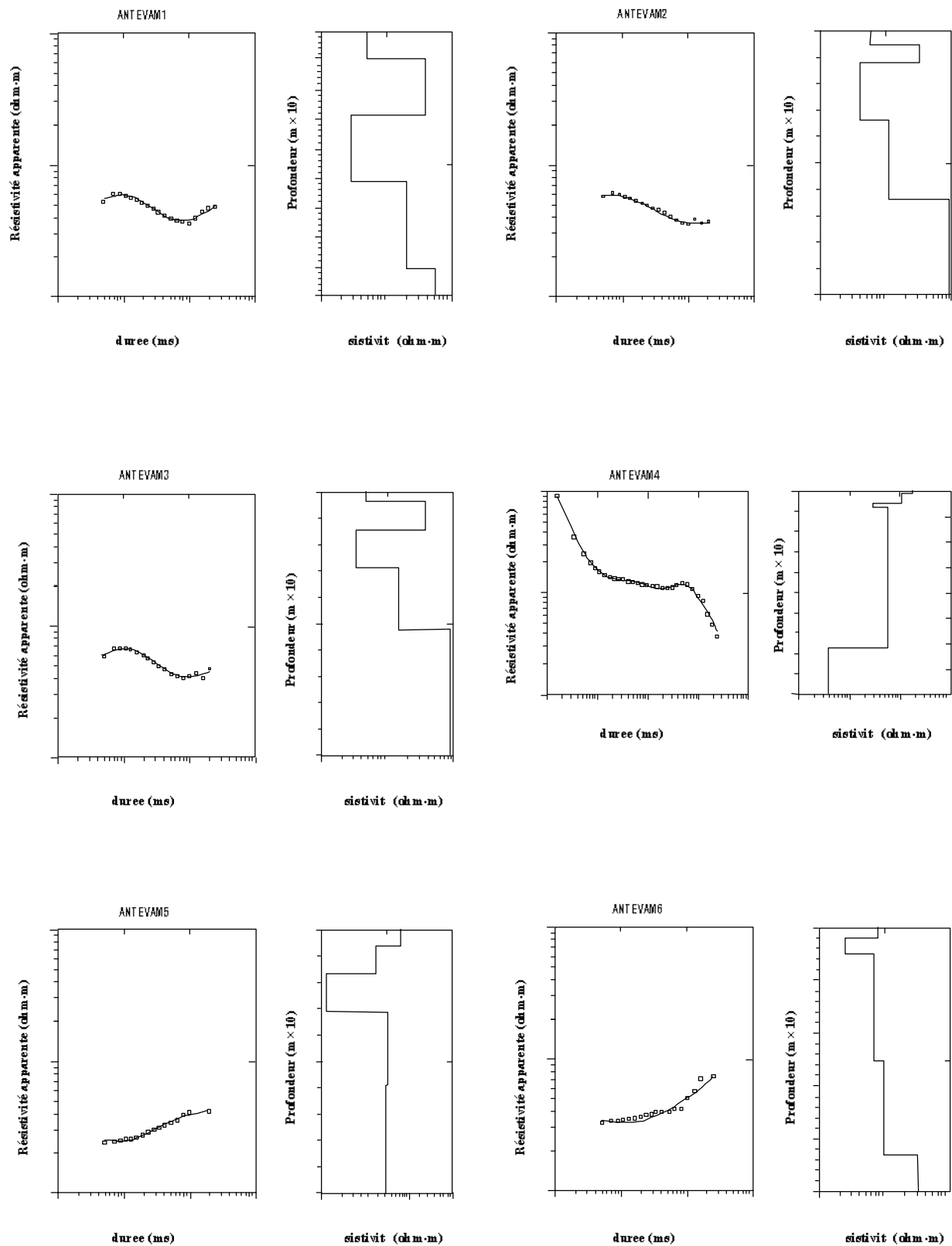


Fig.6-37(d) Résultat d'Analyse de la Prospection Elec toromagnétique: No.121

(10) N°103 Région d'Ankilizato

Ce village est situé en haut d'un plateau s'étendant sur la rive gauche du fleuve Beritsoka, un des affluents du fleuve Morondava, à une altitude de 180 m en son centre, avec une différence de 30 m d'altitude par rapport au lit du fleuve. L'eau du fleuve est conduite par les canaux dans de vastes rizières qui s'étendent sur les basses terres autour du village.

Du point de vue géologique, la région est principalement constituée de pélites et de grès du Crétacé, avec de fines couches de calcaire en sandwich. La plupart des couches sont presque horizontales et, au sud et au sud-est à partir du centre du village (le long de la route nationale n°35), se trouve une veine de basalte intrusive de la fin du Crétacé (en direction NO30, largeur de 30 m environ).

Les villageois utilisent pour la plupart l'eau des canaux mais cette eau est particulièrement boueuse pendant la saison des pluies. Il existe deux puits dans le village, dont la conductivité électrique est comprise entre 224 et 235 uS/cm, mais l'eau des canaux pénètre directement dans l'un d'eux. Un forage excavé lors de l'étude de développement précédente se trouve au sud de la place centrale du village. D'après les profils stratigraphiques élaborés à ce moment-là, l'excavation est allée jusqu'à 170 m au travers de couches alternées de pélites, de grès et de calcaires. Avec un niveau statique de 22 m, la prise d'eau était très faible (moins de 50 lit/min.). L'abaissement du niveau d'eau étant considérable, le forage était pratiquement à sec et il est abandonné à l'heure actuelle. Il existe en outre deux forages d'une profondeur comprise entre 34 et 35 m environ, l'un situé à 50 m à l'est du forage pilote de l'étude de développement précédente (dans le terrain du Centre de santé de base), et l'autre au milieu de la place centrale du village. Ces forages semblent avoir été utilisés pendant 4 ou 5 ans mais sont abandonnés actuellement. Ils s'approvisionnaient à partir des eaux souterraines peu profondes dans une couche de sable allant de 5 à 20 m à partir de la surface. Toutefois, cette couche semble correspondre à une couche de graviers en terrasse qui se retrouve dans les falaises érodées à l'extrémité sud du village.

Une prospection géophysique, comprenant une prospection électrique et une prospection électromagnétique, a été effectuée sur une première ligne transversale de découpe allant du sud au nord à partir du centre du village et sur une deuxième

ligne transversale de découpe allant pratiquement d'est en ouest au point à 2 km environ en direction de l'est.

i) Ligne de découpe allant du nord à partir du centre du village

Une prospection électrique a été menée en 6 points situés à des intervalles de 100 m le long de la ligne transversale. L'analyse de cette prospection montre la présence d'une couche de sol de 10 à 30 m d'une épaisseur de 10 à 24 m au-dessous des latérites qui semble correspondre à une couche de graviers en terrasse. A une plus grande profondeur, se poursuit une couche à faible résistivité de moins de 4 m qui paraît constituée de pélites et de minces couches de calcaire, avec en sandwich des pélites et du sable du Crétacé et l'exploitation des eaux souterraines paraît donc difficile à effectuer. On suppose toutefois que des eaux souterraines en petite quantité se trouvent à l'intérieur de la couche de sable de la partie supérieure et l'exploitation des eaux souterraines semble possible pour un forage jusqu'à une profondeur de 30 m environ, sans toutefois permettre l'approvisionnement en eau des grands villages de l'ensemble de la région.

ii) Ligne transversale de découpe d'est en ouest au point à 2 km environ en direction de l'est

Ce point est une région de petits marais allant du sud au nord avec, à l'ouest, un plateau sur lequel se trouve un village et, à l'est, des collines très ondulées en forme de petites montagnes constituées de veine de basaltes qui forment le point de transformation du relief. Une prospection électromagnétique a été effectuée en 11 points à des intervalles de 50 m sur la ligne transversale établie en direction de traverse des marais, de pair avec une prospection électrique en 2 points à des intervalles de 100 m et une profondeur de 260 m. D'après les résultats de cette prospection, une couche à faible résistivité de 2 à 3 m que l'on suppose composée de pélites et de grès du Crétacé a été trouvée à une profondeur de 60 à 80 m, suivie, plus en profondeur d'une couche de résistivité élevée de 13 à 17 m. On suppose que cette couche à résistivité élevée correspond à une veine de basaltes.

Sur la base des résultats de l'étude mentionnés ci-dessus, les observations suivantes peuvent être énoncées pour ce qui est de l'exploitation des eaux souterraines dans le village.

- a. Un forage sera effectué jusqu'à une profondeur de 40 m - 50 m environ au centre du village, avec pour prise d'eau la partie supérieure de ces eaux. Il semble toutefois difficile, avec les faibles quantités qui seront obtenues avec ce forage, de pouvoir satisfaire les installations d'approvisionnement en eau par bornes-fontaines publiques dans les grands villages.
- b. Un forage sera effectué jusqu'à une profondeur de 250 m environ pour les eaux de fissure dans la veine de basaltes le long de la route nationale n°35 située à 2 km à l'est. Il est toutefois difficile de prévoir les chances de réussite de l'exploitation des eaux souterraines à ce point, étant donné qu'il n'existe pas de documentation sur les forages.
- c. Les eaux souterraines peu profondes seront recherchées dans la région de rizières à 2 km environ au sud.
- d. La prise d'eau à partir de l'écoulement souterrain sur les terrasses fluviales à 3 km environ au sud-est sera prise en considération.

Les méthodes indiquées précédemment ne permettent donc pas de promettre avec certitude des résultats probants pour une exploitation des eaux souterraines correspondant à l'envergure des villages. Une étude plus détaillée sera en particulier requise pour les possibilités d'exploitation de l'écoulement souterrain énoncé en (d). Toutefois, les villageois souhaitent sincèrement être obtenir des ressources en eau stables et les approches suivantes pourront être envisagées pour la réalisation concrète de cette exploitation.

- A. Pour les villages, la proposition (b.) sera appliquée pour prendre les eaux souterraines profondes et en même temps la proposition (a.) pour prendre les eaux souterraines peu profondes.
- B. Les tubages des forages du projet auront un diamètre de 6", avec 1 forage pour la proposition (a) et la proposition (b), en tant que propositions pour le projet.
- C. Au cas où le forage n°1 de la proposition (b) ne présente qu'un faible débit ou s'il est sec, il sera nécessaire de procéder à l'exploitation des eaux souterraines peu

profondes au point de la proposition (a). Si le forage n°1 de la proposition (a) donne un débit avec pompage stable et continu de plus de 100 litres/min., il sera possible de construire des installations de type bornes-fontaines.

D. Au cas où, en définitive, l'exploitation des eaux souterraines profondes et peu profondes semble difficile sur le plan quantitatif, on adoptera la solution de forages avec pompe à main après l'approbation des villageois.

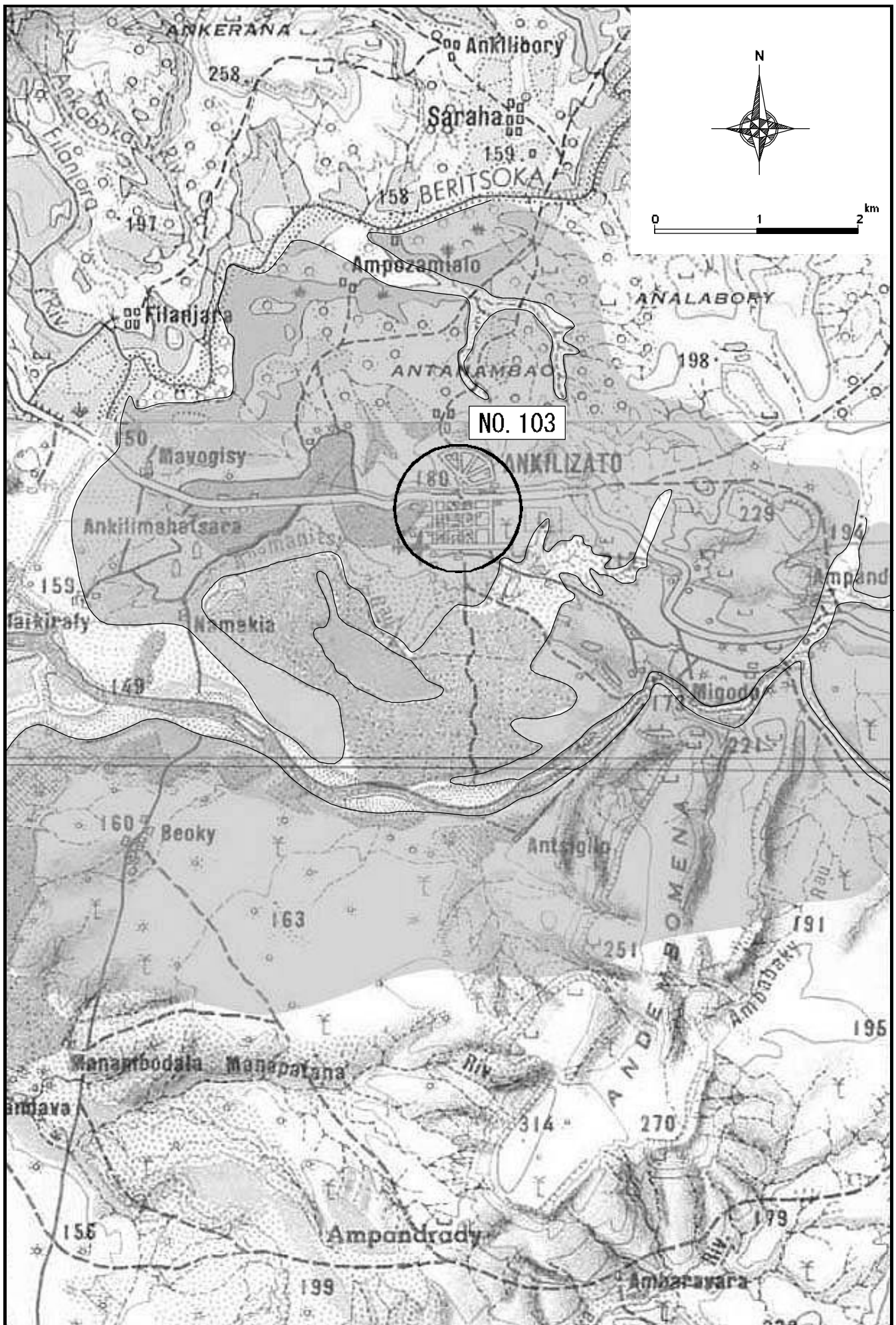
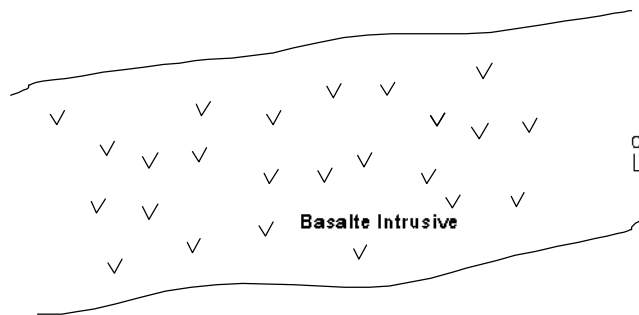


Fig.6-38 Carte Schématique des Sites : No.103 ANKILIZATO

NO.103 ANKILIZATO(1)

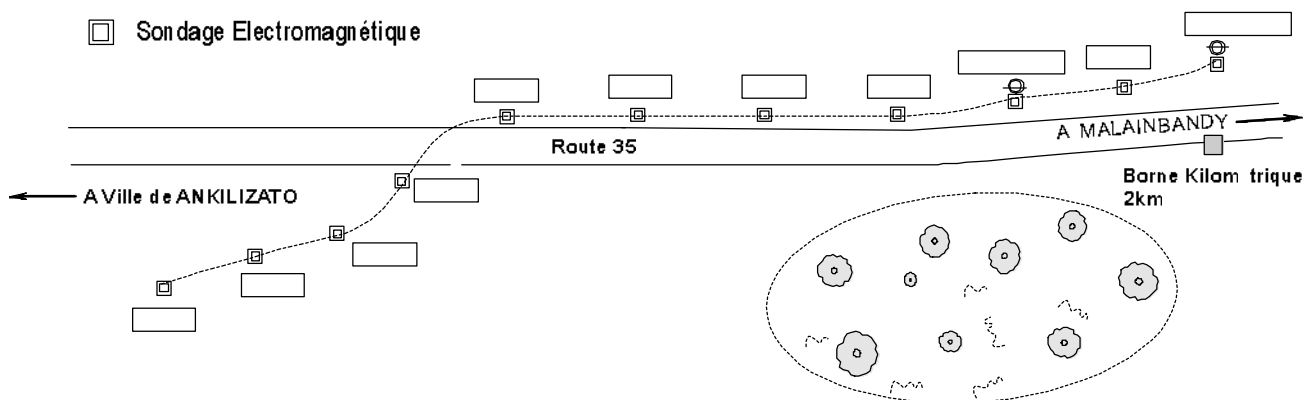


0 100 m



○ Sondage Electrique

□ Sondage Electromagnétique



NO.103 ANKILIZATO(2)



0 100 200 m

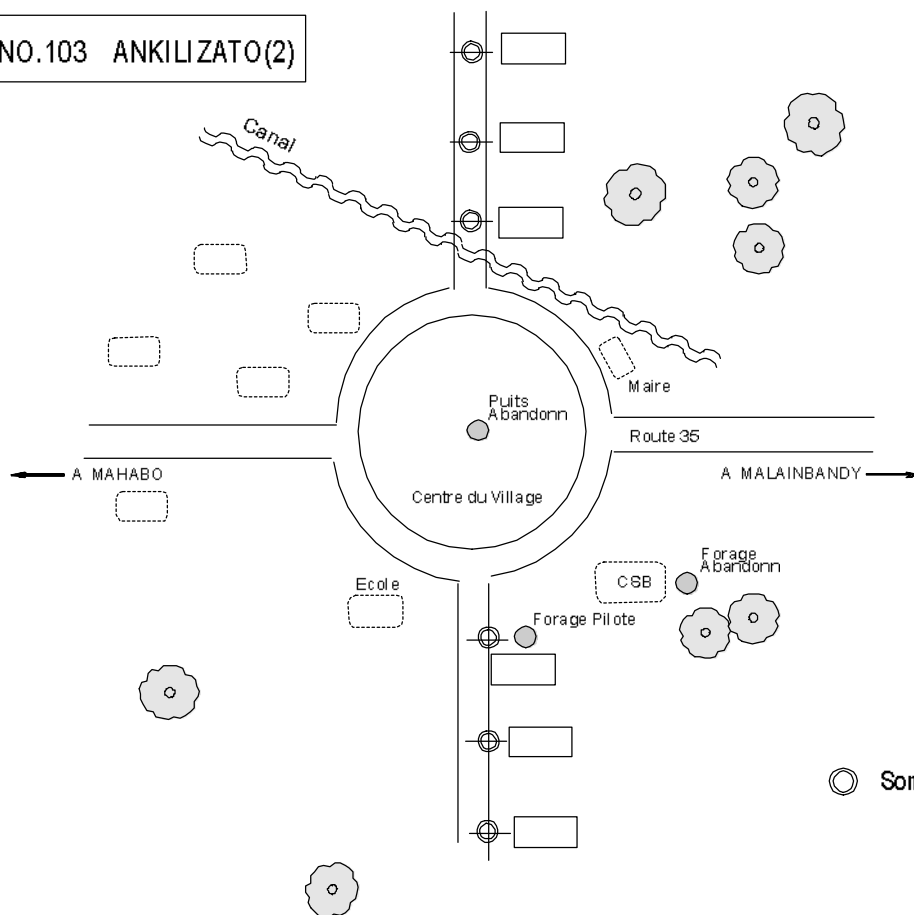


Fig.6-39 Points de la Prospection Géophysique : No.103 ANKILIZATO

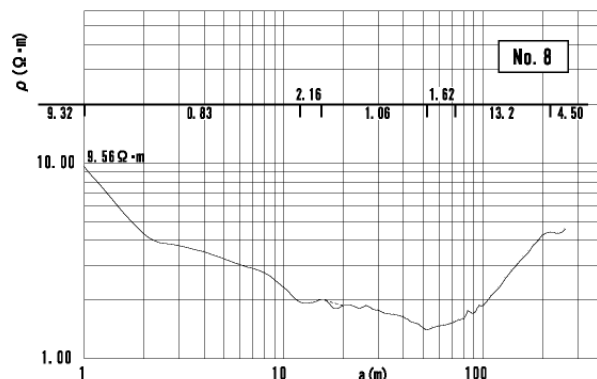
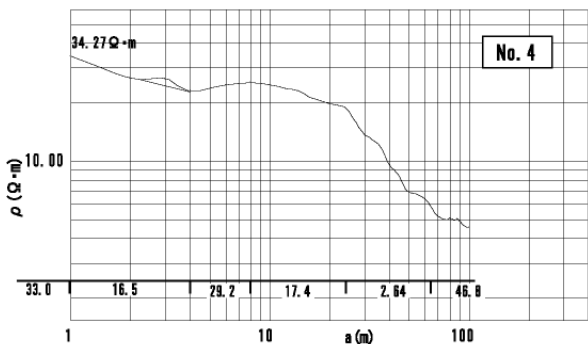
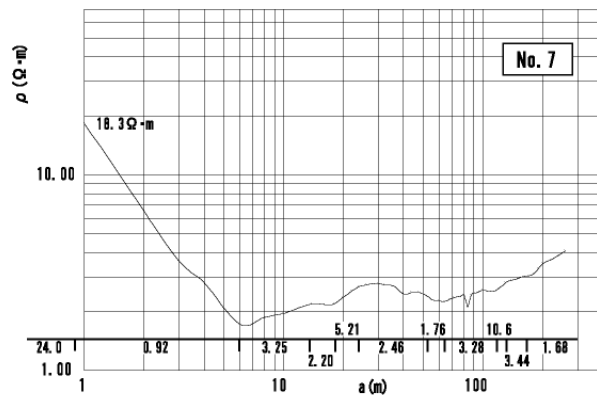
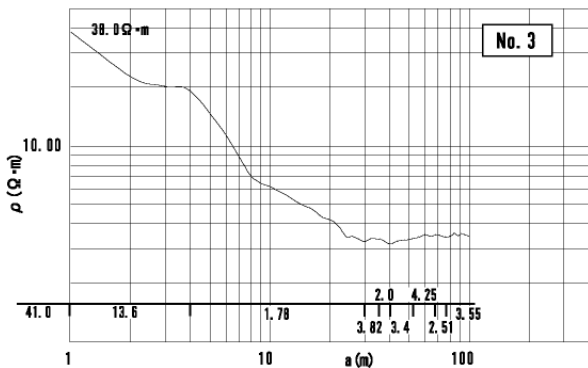
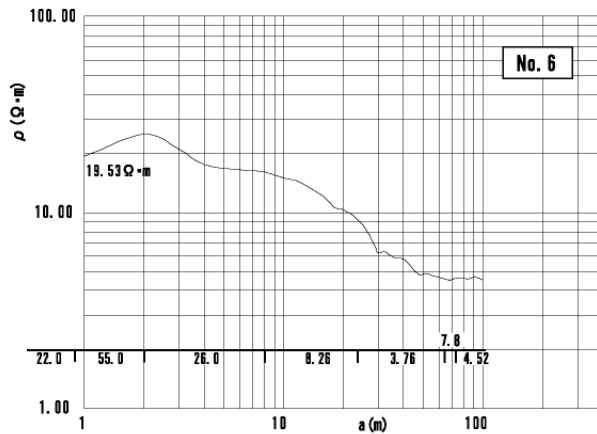
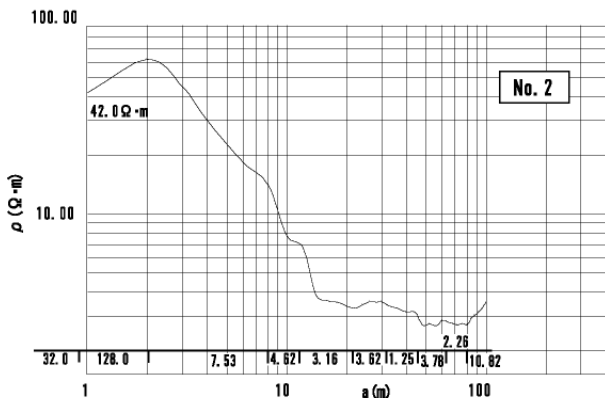
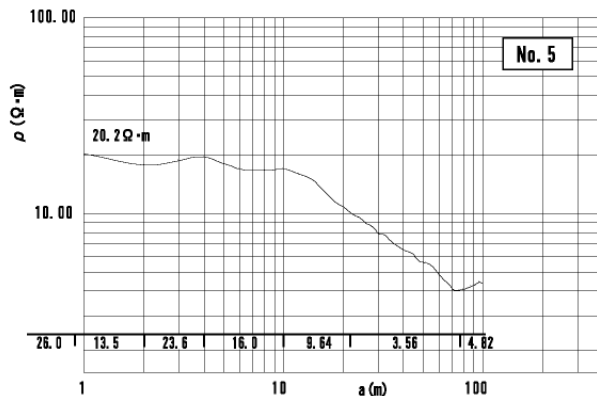
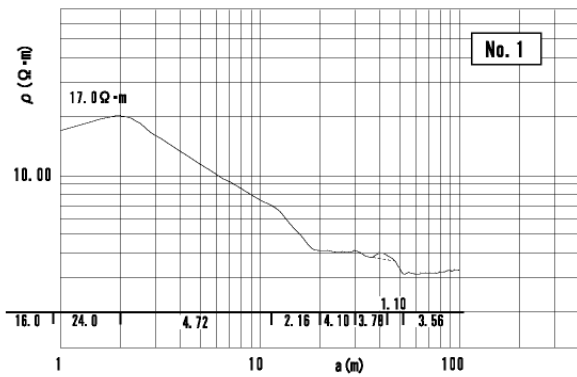


Fig.6-40(1) Résultat d'Analyse de la Prospection Electrique:ANKILIZATO

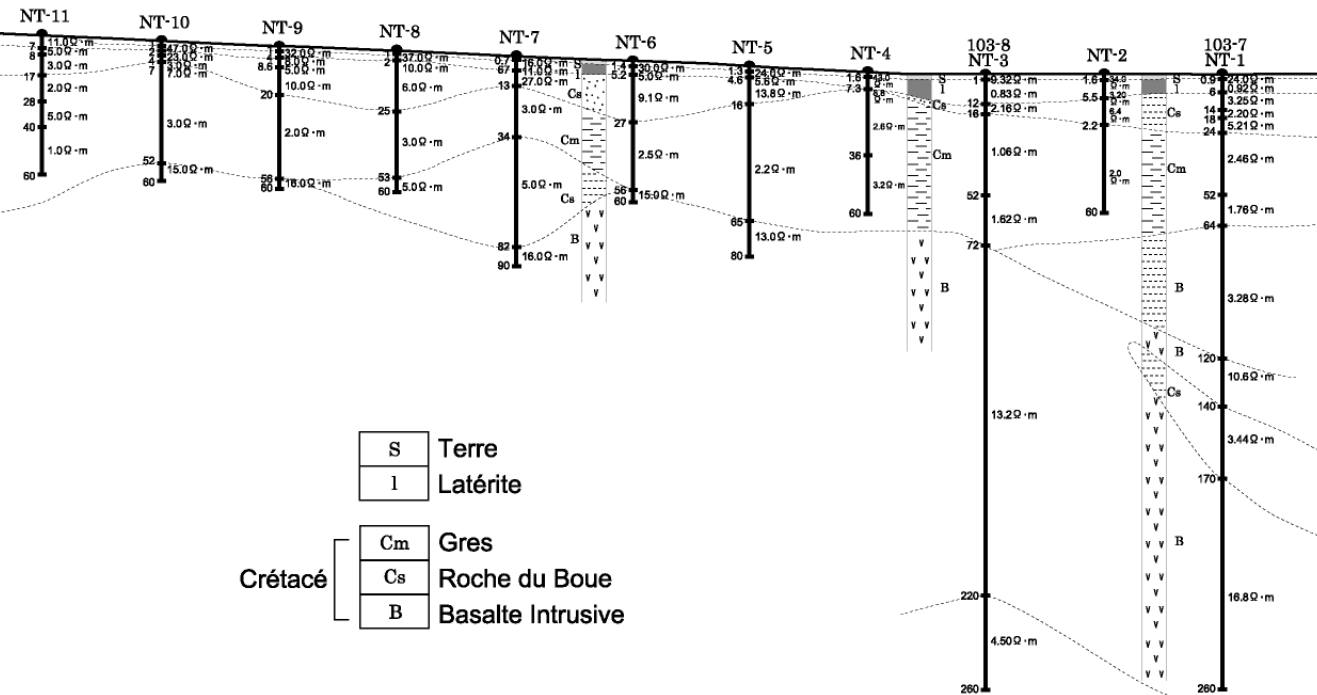
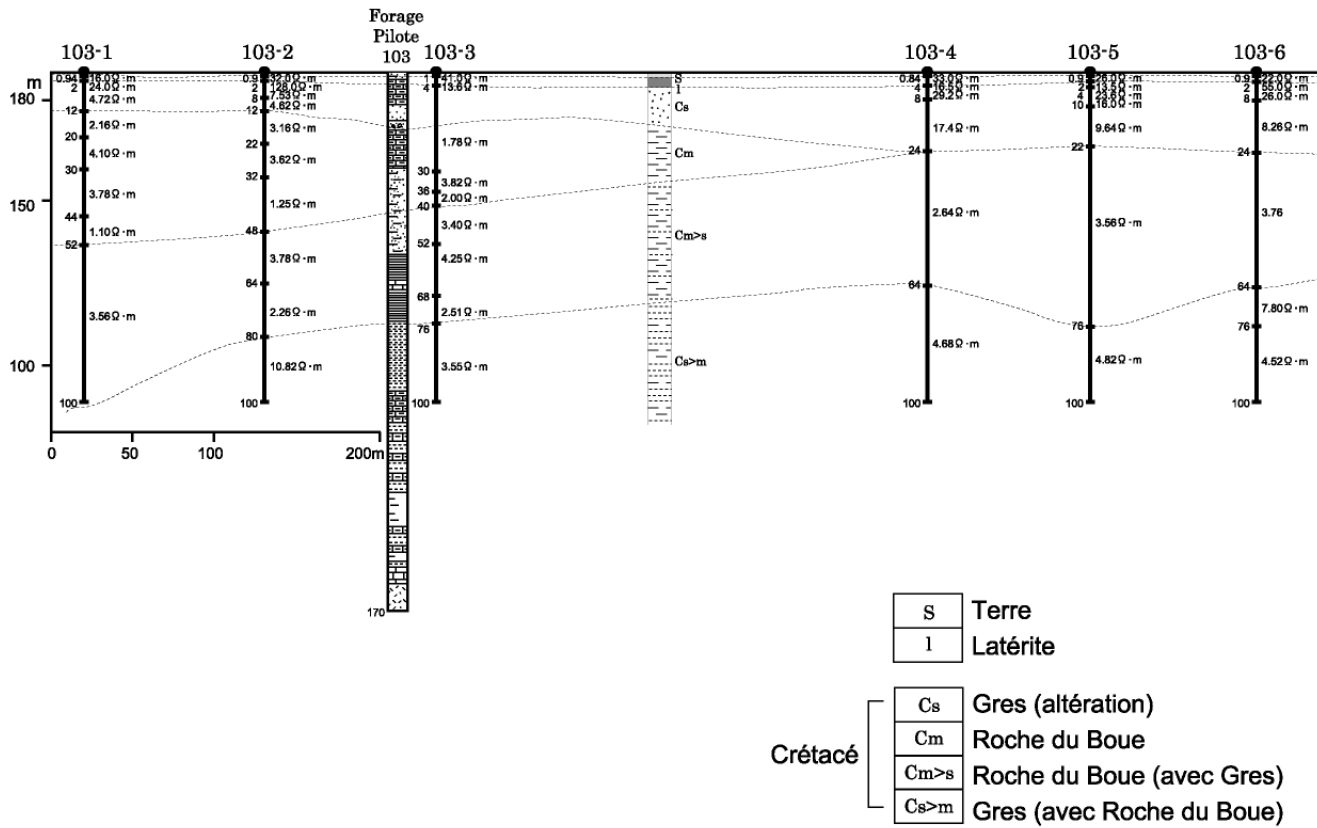


Fig.6-40(2) Coupe Géologique de la Prospection Electrique:ANKILIZATO

No. 1

NANOTEM SURVEY
 Village: Ankilizato Site 103
 Stations 1 to 9 spaced 50m

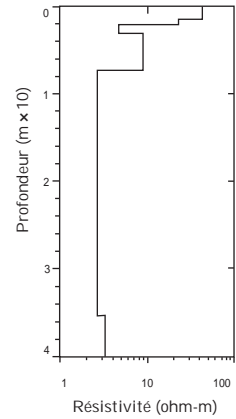
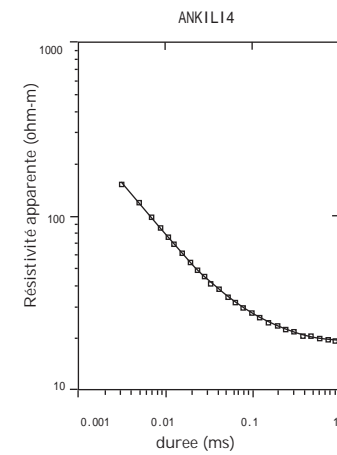
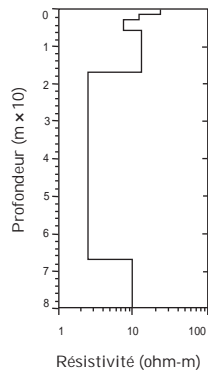
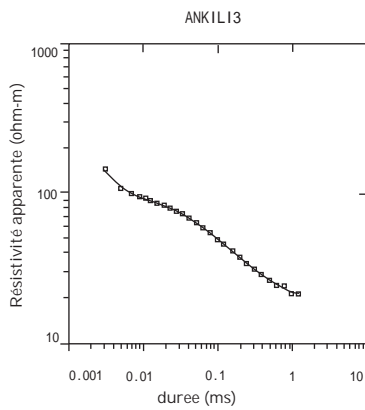
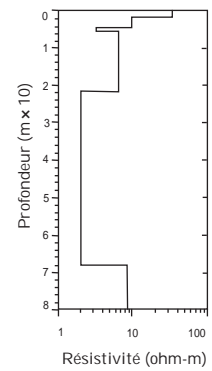
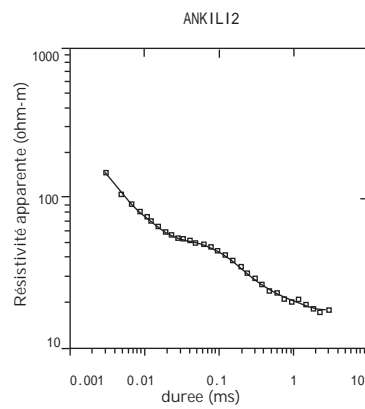
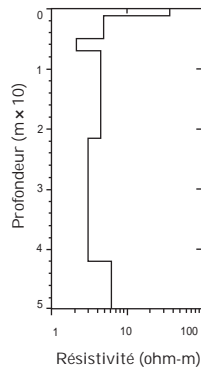
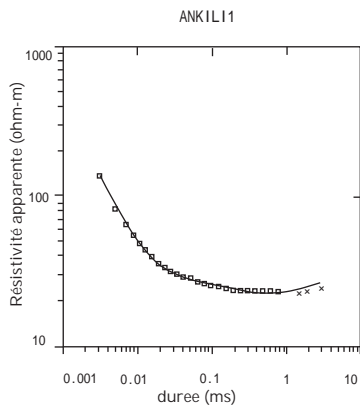
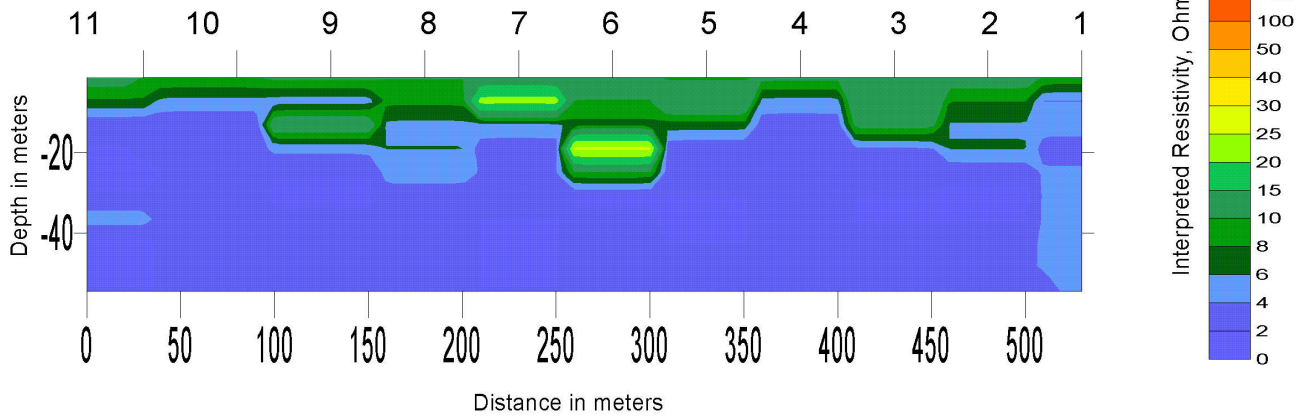


Fig.6-41 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.103

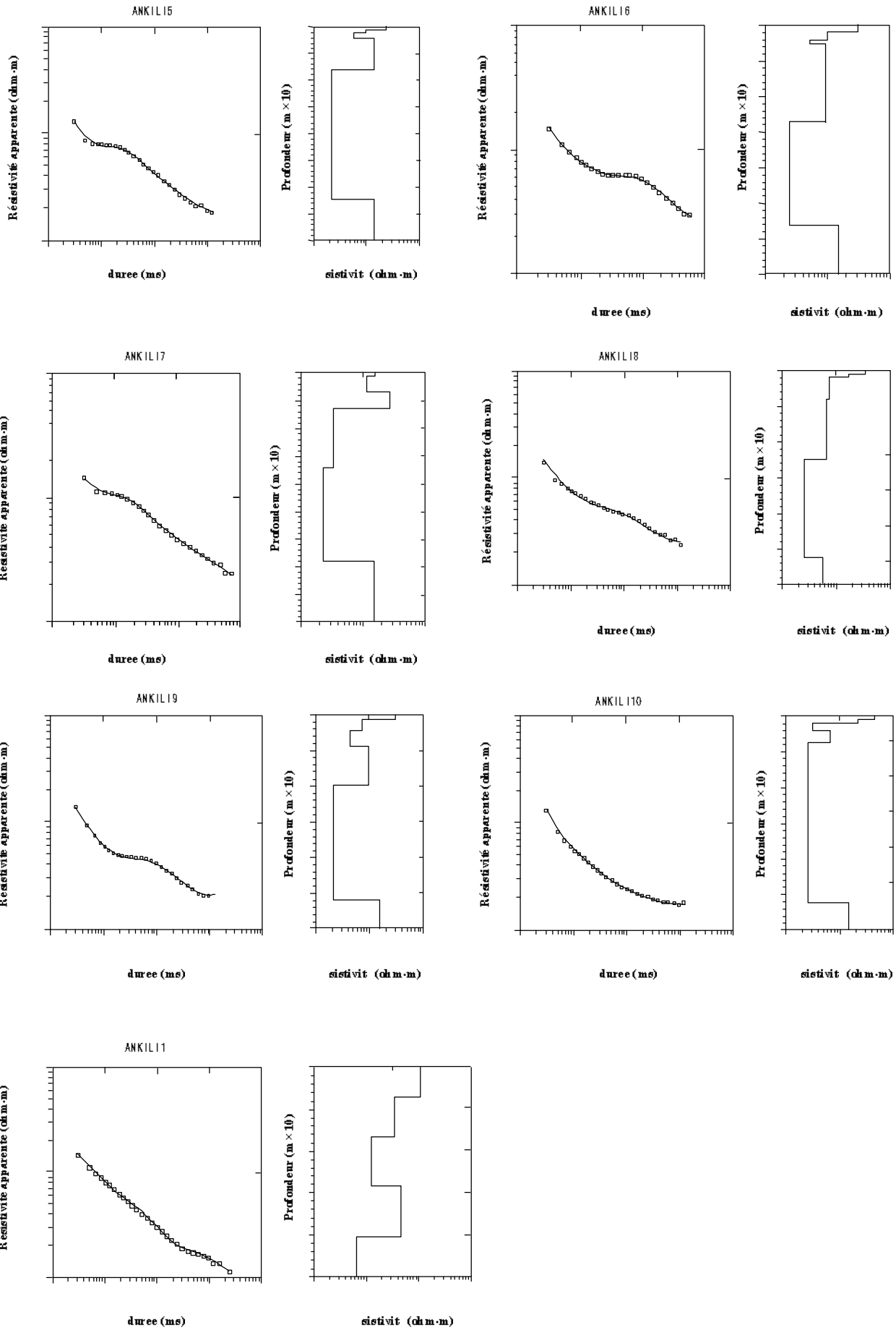


Fig.6-41 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.103

(11) Site No.d

Elle est située sur le terrain plat au sommet des collines à environ 12 km en direction est, le long de la route nationale n°35 à partir du n°103. Du côté sud, le fleuve Sakamaly s'écoule vers l'ouest, et les eaux de surface du Lohanianja, petit affluent du fleuve précédent, servent d'eau potable. Cette région est composée de calcaire, grès et pélites du Jurassique mais, à la surface, une partie est recouverte de latérites, ce qui empêche l'observation du sommet exposé.

Une prospection électrique a été effectuée en 4 points le long de la route nationale n°35, ainsi qu'une prospection électromagnétique en 6 points. Ces prospections ont permis de découvrir une couche de calcaire mélangée de grès de la surface jusqu'à 56 à 64 m de profondeur suivie, à une plus grande profondeur, de calcaire mélangé de pélites. Une couche de résistivité élevée, comprise entre 25 et 40 Ω -m, est insérée en sandwich à une plus grande profondeur que 56 à 64 m. L'exploitation des eaux souterraines dans une zone calcaire est relativement difficile mais les espoirs sont permis pour des quantités d'eau prises par pompage à main. La profondeur des forages sera de 60 mètres.

NO.d AMPANDRABE

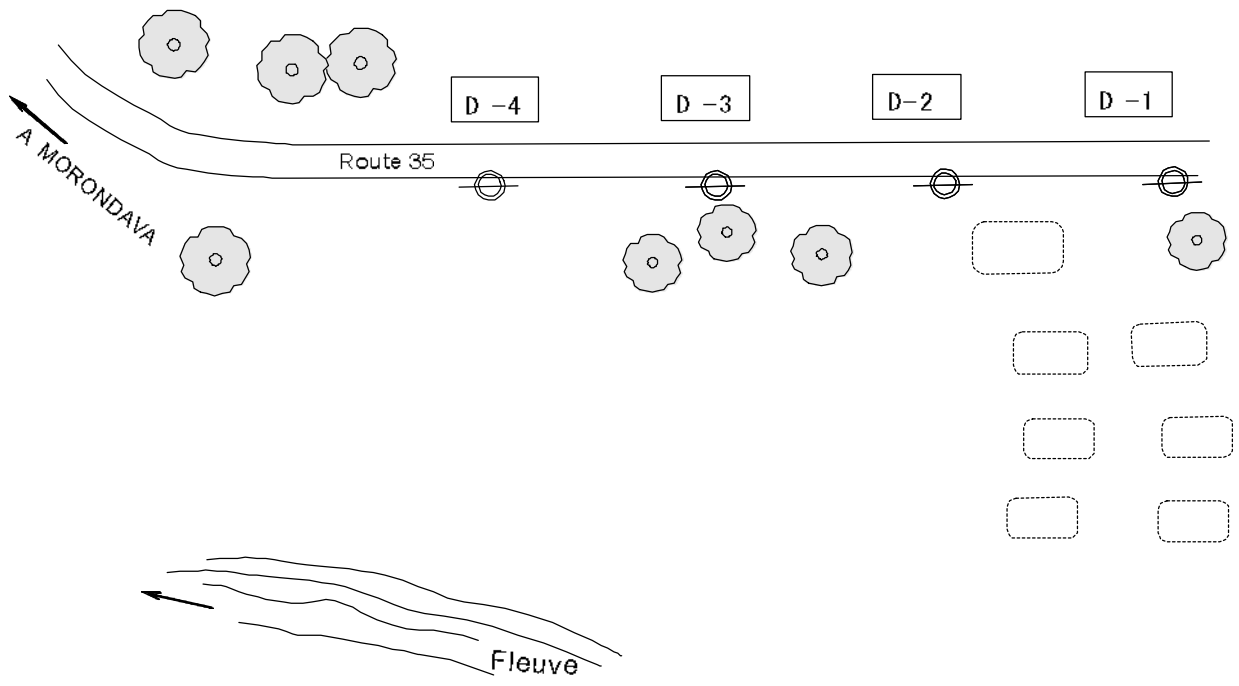
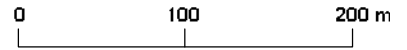


Fig.6-43 Points de la Prospection Géophysique : Site No. d

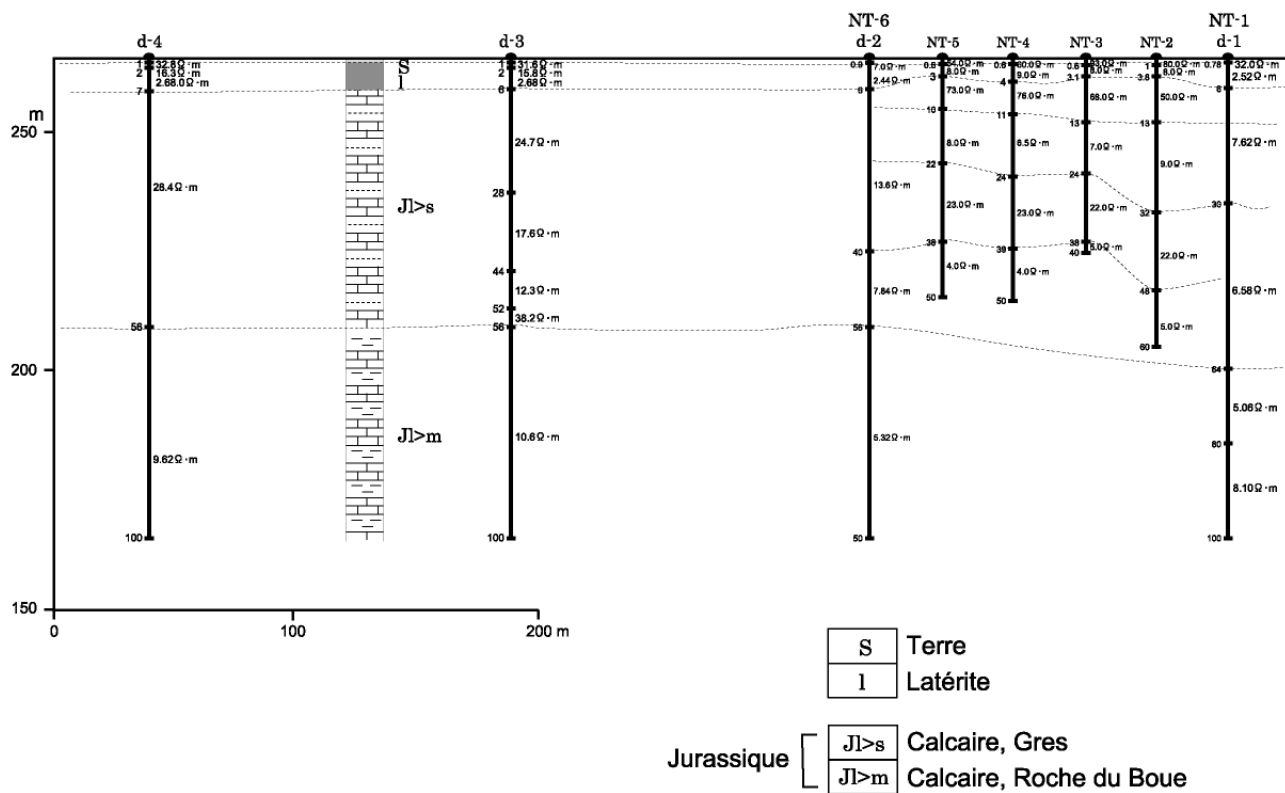
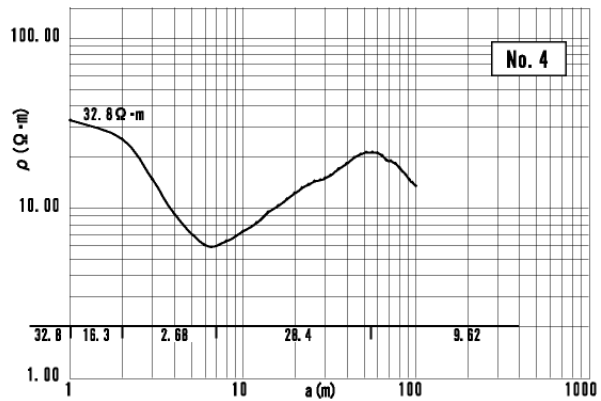
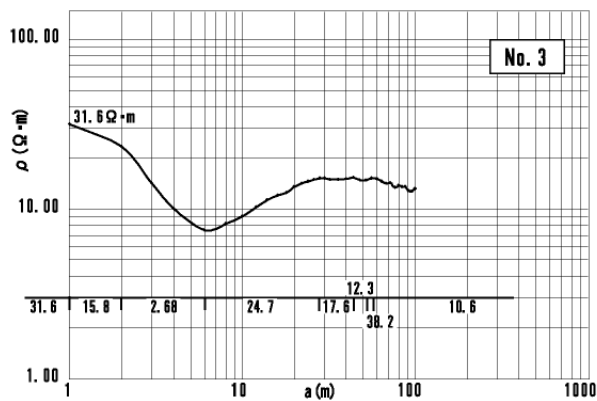
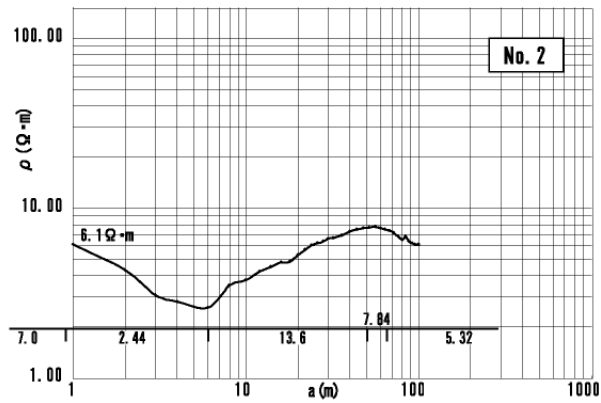
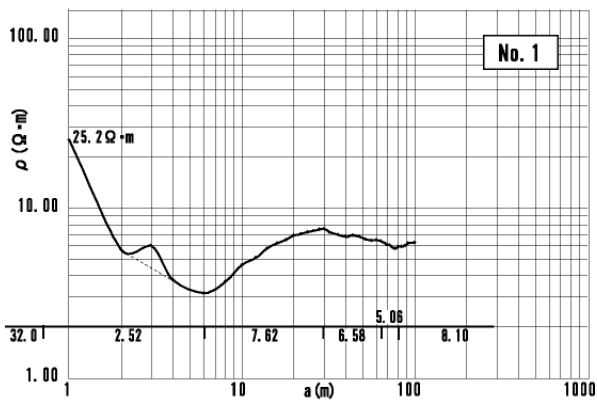


Fig.6-44 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.d

NANOTEM SURVEY
 Village: Ampandrade Site D
 Stations 1 to 6 spaced 30m

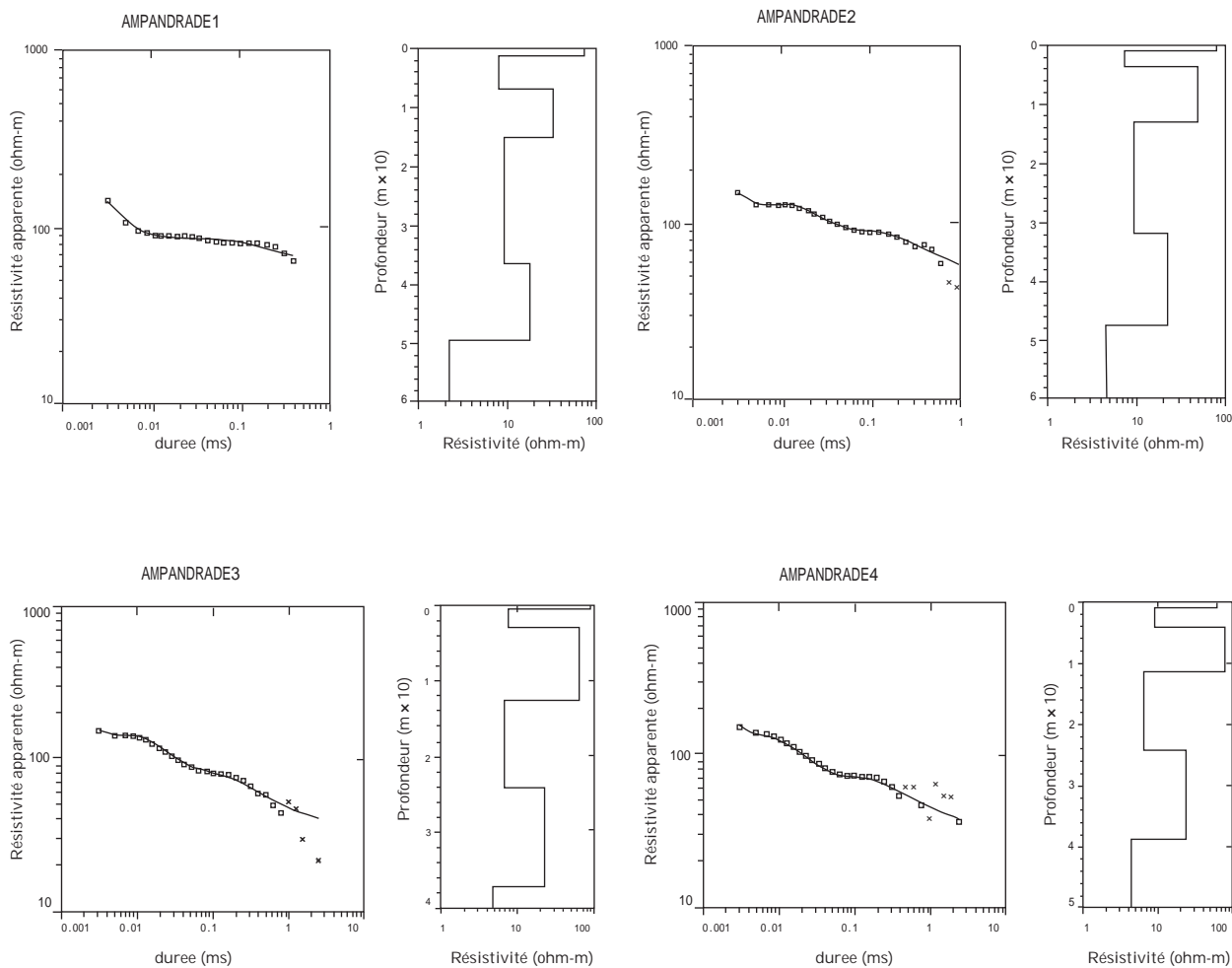
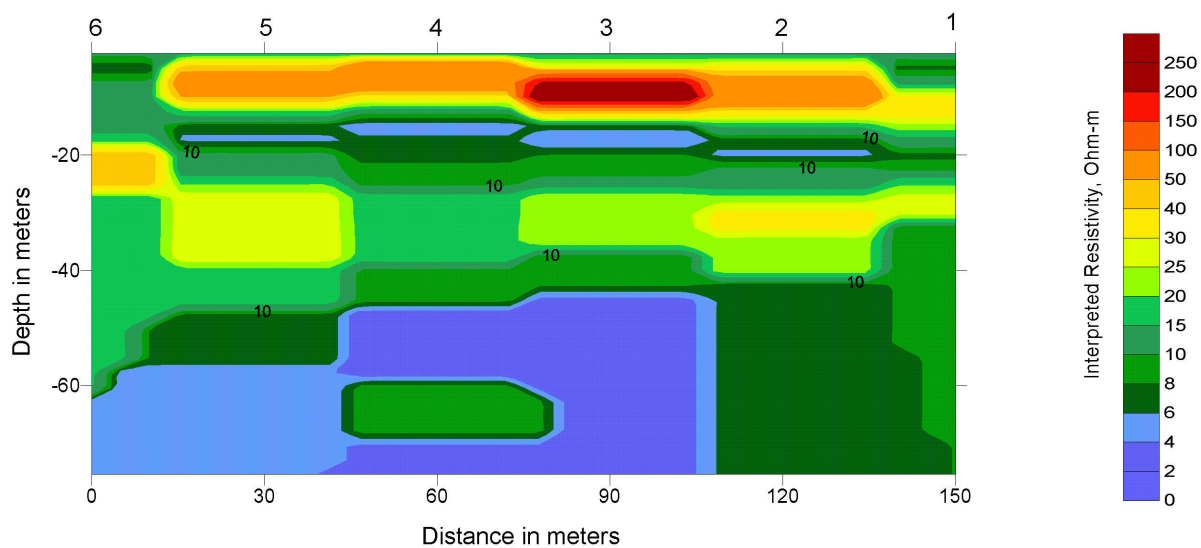


Fig.6-45 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.d

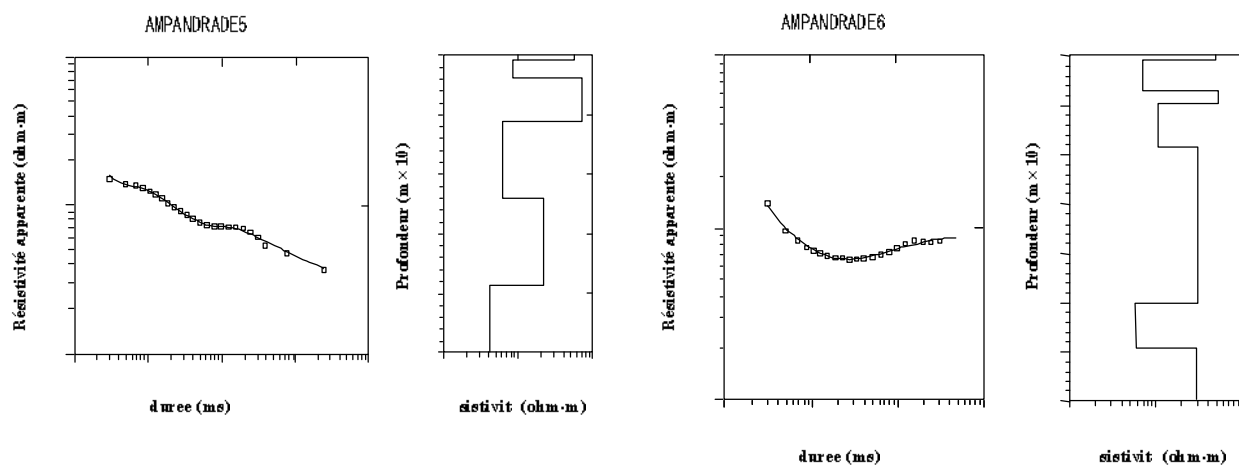


Fig.6-45 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.d

(12) N°106 Région de Malaimbandy

Le village se trouve au sommet de collines, à une altitude de 160 m, sur la rive droite du fleuve Manampanda. La partie centrale du village est située sur la ligne de crête de montagnes reliées en direction sud-nord, les deux versants est et ouest présentant de fortes inclinaisons. A proximité de l'extrémité sud du village, un forage pilote a été excavé jusqu'à une profondeur de 222 m dans le cadre de l'étude de développement précédente. La géologie de ce forage présente essentiellement des pélites, avec une mince couche de grès en sandwich. Le niveau statique est de 31,1 m, à une plus grande profondeur que le lit du fleuve Manampanda. Si au moment de l'excavation, les quantités d'eau ont été minimales, des pompes à main ont été installées et les villageois ont utilisé ce forage jusqu'à présent. Toutefois, après 2 ou 3 minutes de pompage, le niveau d'eau chute et le pompage devenant impossible, il est nécessaire d'attendre que le niveau d'eau revienne à la normale avant de continuer.

D'après la situation ci-dessus mentionnée, on a jugé difficile l'exploitation des eaux souterraines à l'intérieur du village au-dessus des collines et le point à 500 m environ à l'ouest de la route en T à l'entrée du village ayant été sélectionné comme zone d'exploitation, une prospection électrique ainsi qu'une prospection électromagnétique ont été effectuées, dont les résultats sont présentés ci-après.

i) Première ligne de mesure

Du côté nord de la route principale se poursuivant vers le village, une ligne de mesure a été établie le long de la route et une prospection électromagnétique a été effectuée en 8 points à 30 m d'intervalle. Les résultats de la prospection ont montré une couche à prédominance de pélites avec des grès en sandwich, présentant une petite différence de résistivité de 3 à 5 Ω -m entre la couche de grès et la couche de pélites, et la présence d'un aquifère n'a pu être confirmée.

ii) Deuxième ligne de mesure

Une ligne de mesure a été déterminée dans la direction de traverse des petits marais dans la direction nord par rapport à la première ligne de mesure et une prospection électromagnétique a été menée en 8 points à des intervalles de 30 m, de pair avec une prospection électrique en 2 points à des intervalles de 100 m. L'analyse des résultats des mesures montre que la résistivité de la couche est en

totalité inférieure à 10 -m et, comme pour la première ligne de mesure, la présence d'un aquifère n'a pu être décelée.

Sur la base des résultats de la prospection électrique ci-dessus, les possibilités d'exploitation des eaux souterraines dans la région concernée peuvent se résumer de la manière suivante.

- a. Il semble extrêmement difficile d'assurer de l'eau utilitaire par la réalisation de forages.
- b. Ce village est le seul de la région concernée par le présent projet à avoir une population d'environ 8.000 habitants et le gouvernement malgache ainsi que la population souhaitent obtenir des ressources stables en eau ainsi que la construction d'installations d'approvisionnement en eau. Afin de répondre à cette demande pressante, les possibilités pourraient porter sur l'exploitation de l'écoulement souterrain sur la rive droite du fleuve Manampanda. La distance entre le lit du fleuve et le village est d'environ 2 km. Dans les années soixante, des installations d'approvisionnement en eau avec prise d'eau par pompage à partir de ce fleuve avaient été construites dans le cadre d'un projet de l'USAID. Toutefois, aucun traitement d'épuration n'étant effectué, les eaux du fleuve sont utilisées telles quelles. Après une panne des pompes de ces installations, elles ont été abandonnées.
- c. Au cas où la prise d'eau serait effectuée à partir de l'écoulement souterrain, il sera nécessaire de prendre les mesures appropriées en tenant compte des conditions suivantes du site.
 - D'après une enquête effectuée récemment par l'UNICEF, des schistosoma seraient apparus dans la région du fleuve. Lors de la période intermédiaire où ces parasites sont appelés "schistes", ils sont difficiles à éliminer même par stérilisation au chlore et des mesures appropriées devront être dûment étudiées.
 - Parmi les villages concernés par le présent projet, nombreux sont ceux qui utilisent l'eau des fleuves ou l'eau des canaux provenant des fleuves pour leurs besoins en eau. D'après les résultats de la présente étude dans les villages, le problème principal semble provenir des eaux boueuses lors de la

saison des pluies. Etant donné que ces eaux boueuses se continuent pendant une longue période durant la saison des pluies, et que l'écoulement souterrain est également influencé directement, il faut prévoir une installation de traitement d'eau.

- Il sera en outre nécessaire de prévoir des structures permettant de limiter au minimum l'influence des inondations de la saison des pluies sur les installations de prise d'eau.

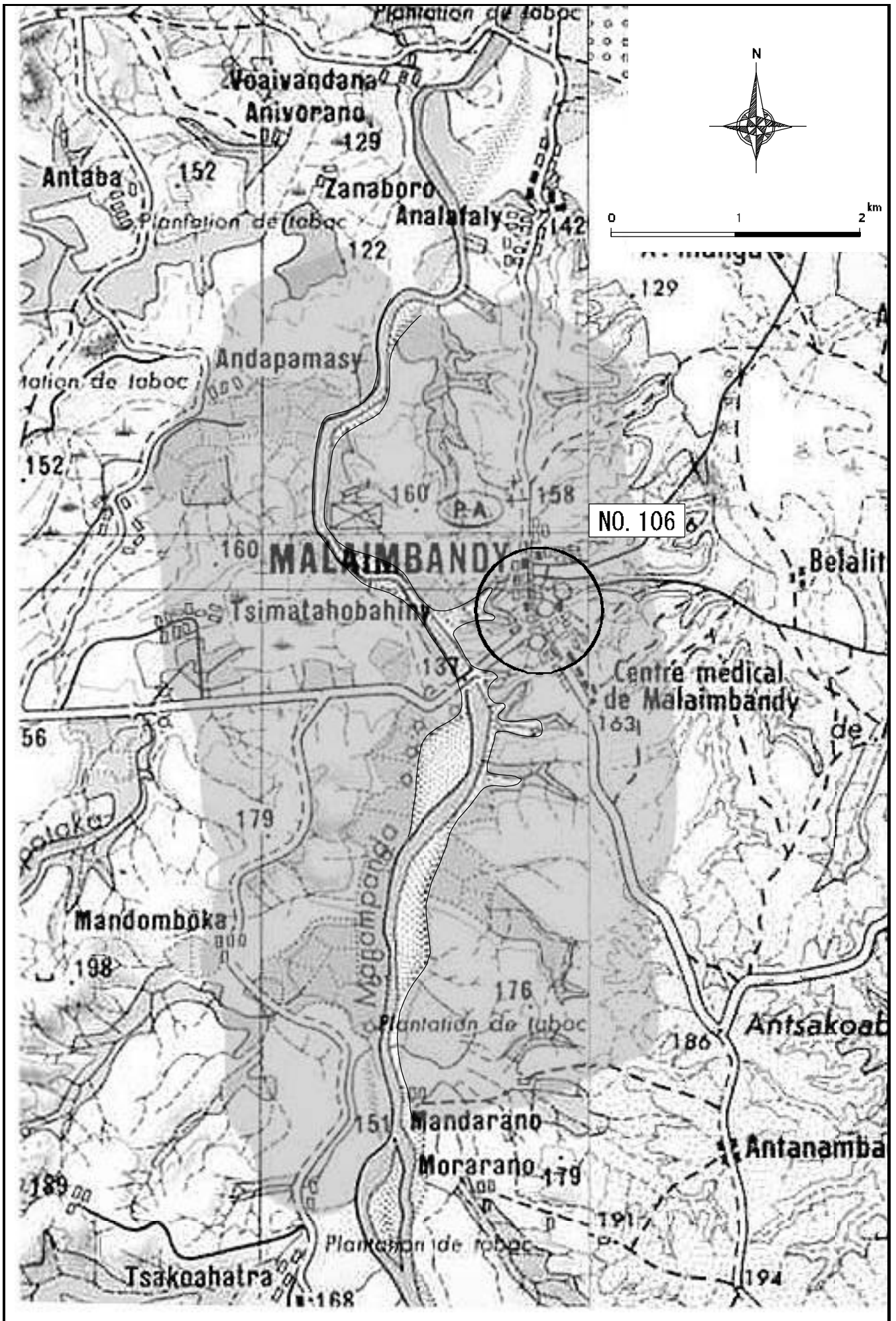


Fig.6-46 Carte Schématique des Sites : No.106 MALAIMBANDY

NO.106 MALAIMBANDY

- Sondage Electrique
- Sondage Electromagnétique



0 100m

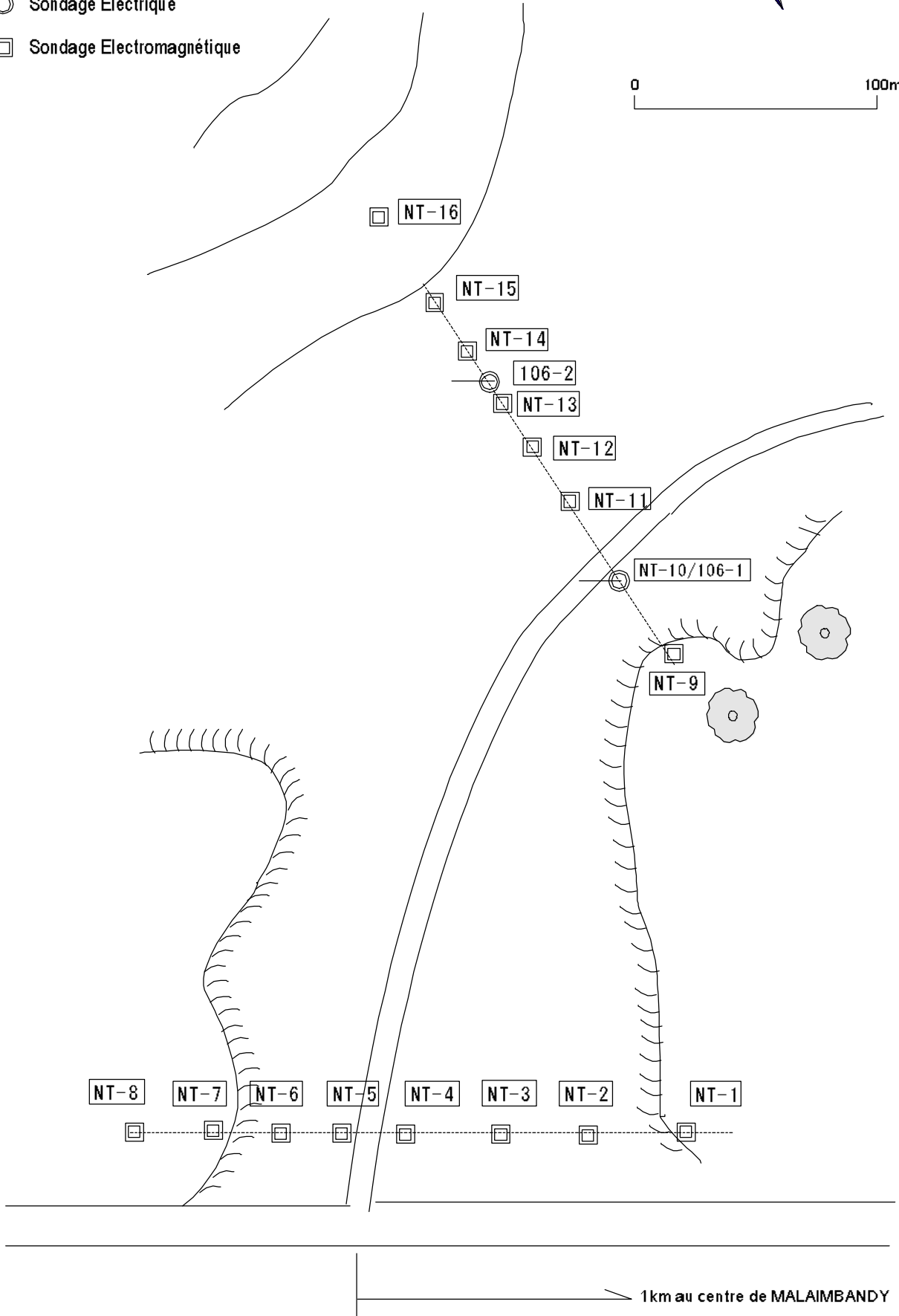


Fig.6-47 Points de la Prospection Géophysique : No.106 MALAIMBANDY

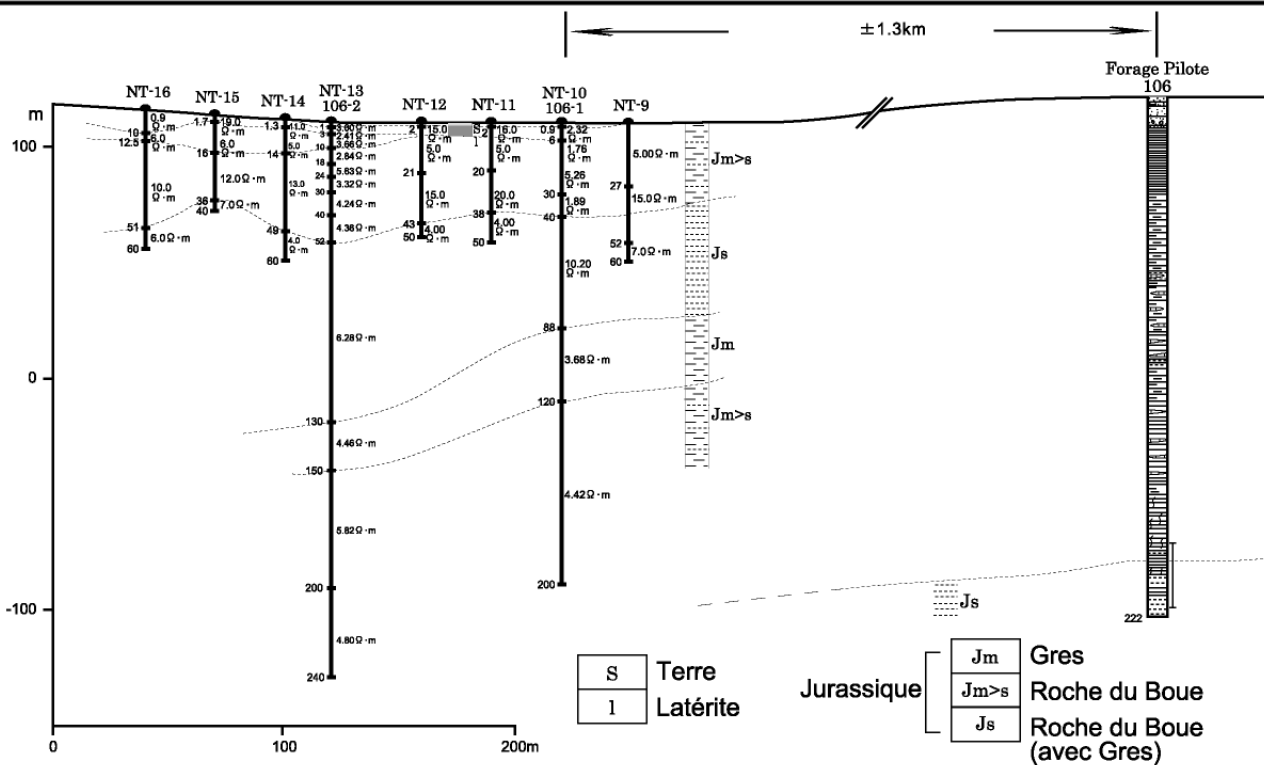
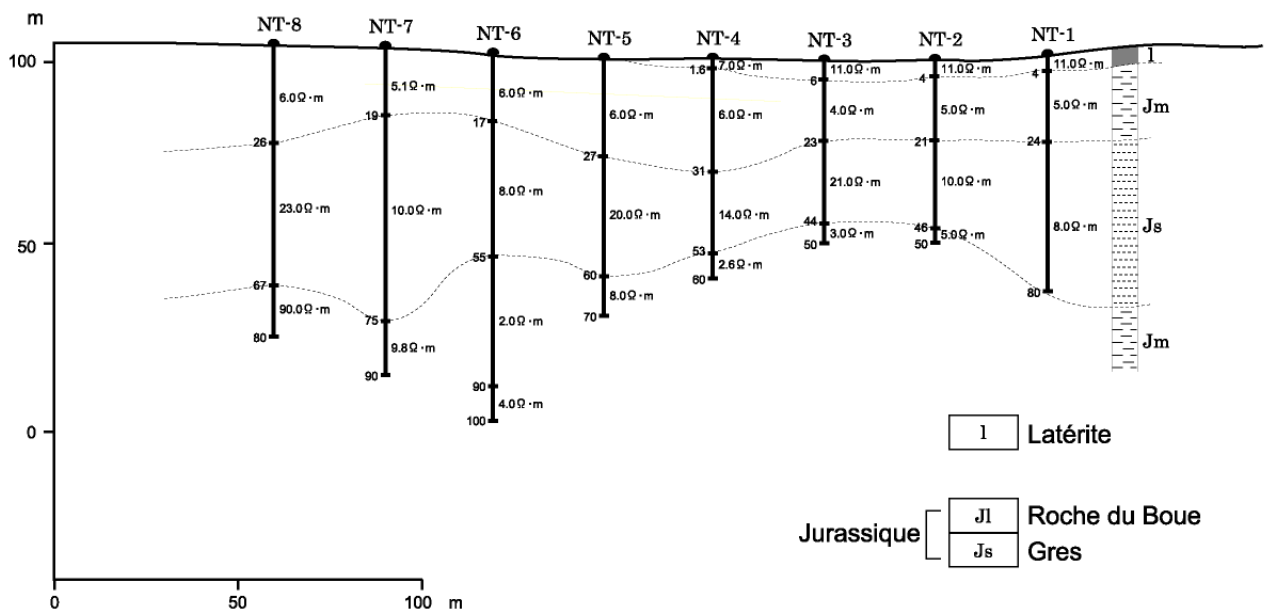
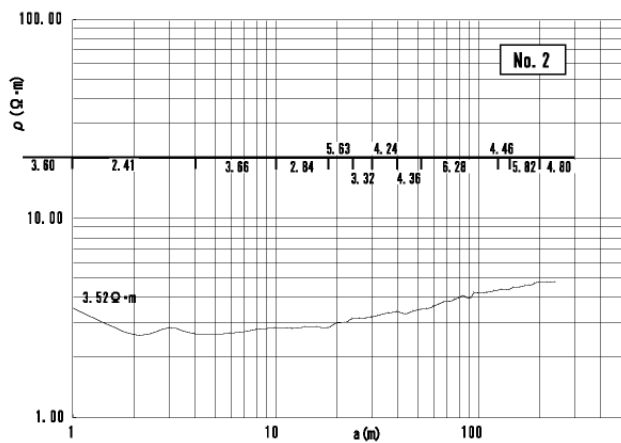
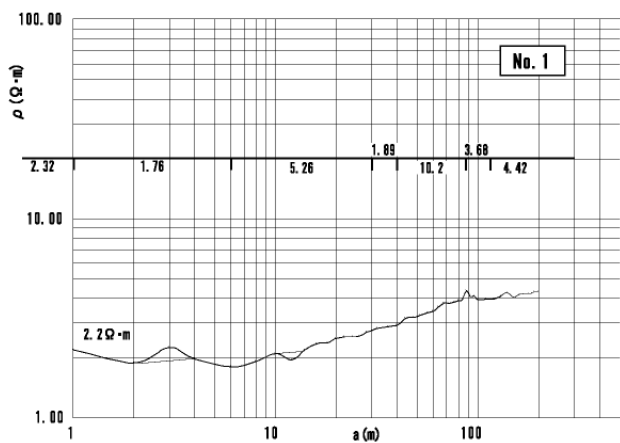
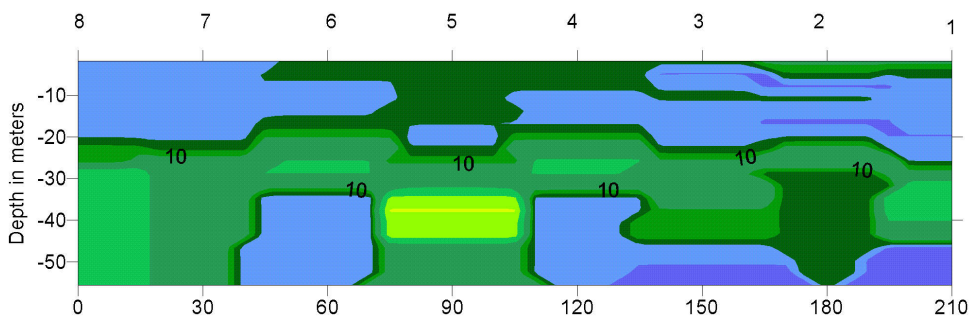


Fig.6-48 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.106

NANOTEM SURVEY
 Village: Malaimbandy Site 106
 Stations 1 to 8 spaced 30m



NANOTEM SURVEY
 Village: Malaimbandy Site 106
 Stations 9 to 16 spaced 30m

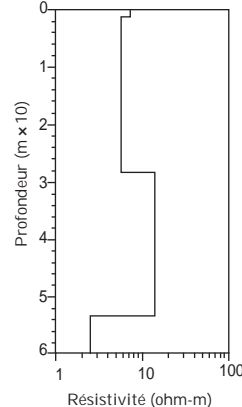
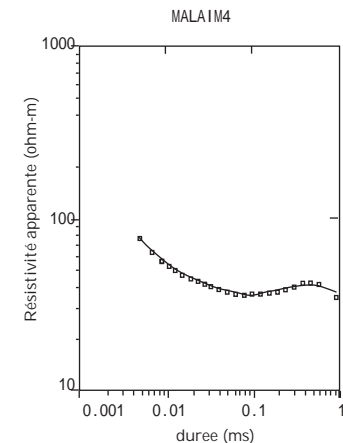
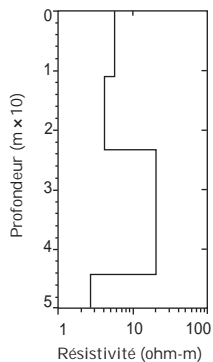
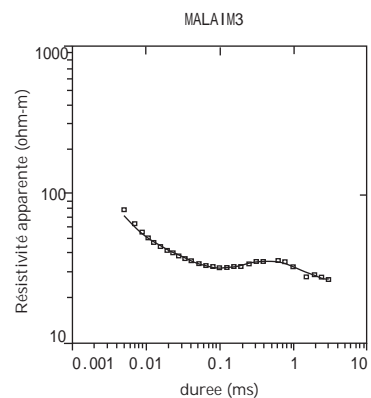
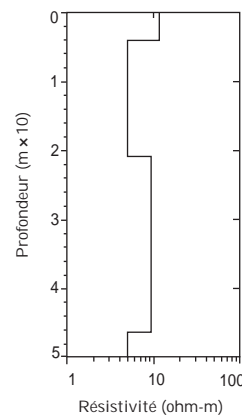
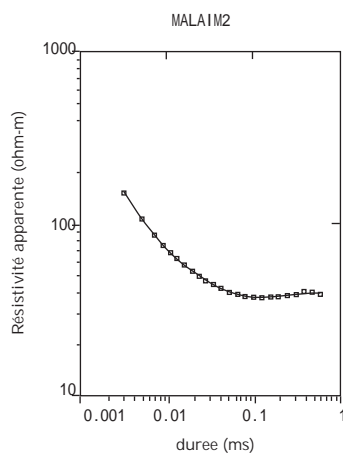
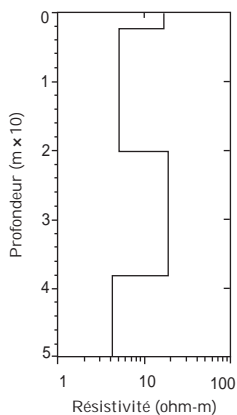
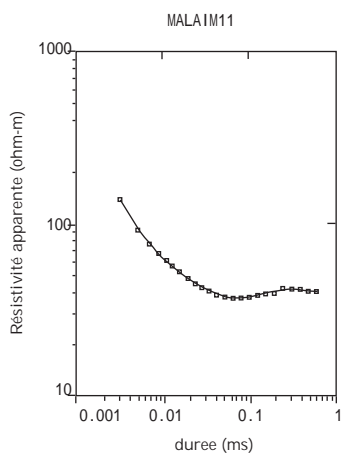
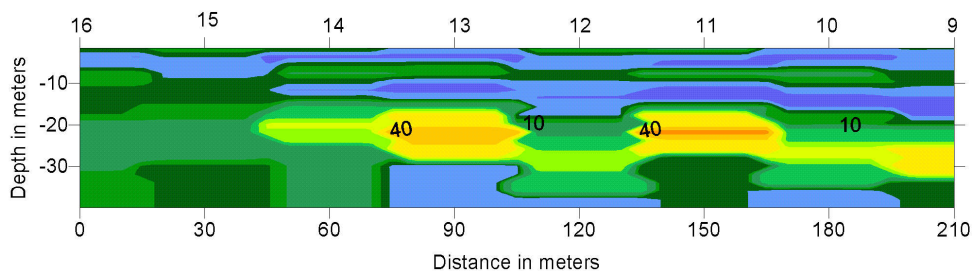


Fig.6-49 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.106

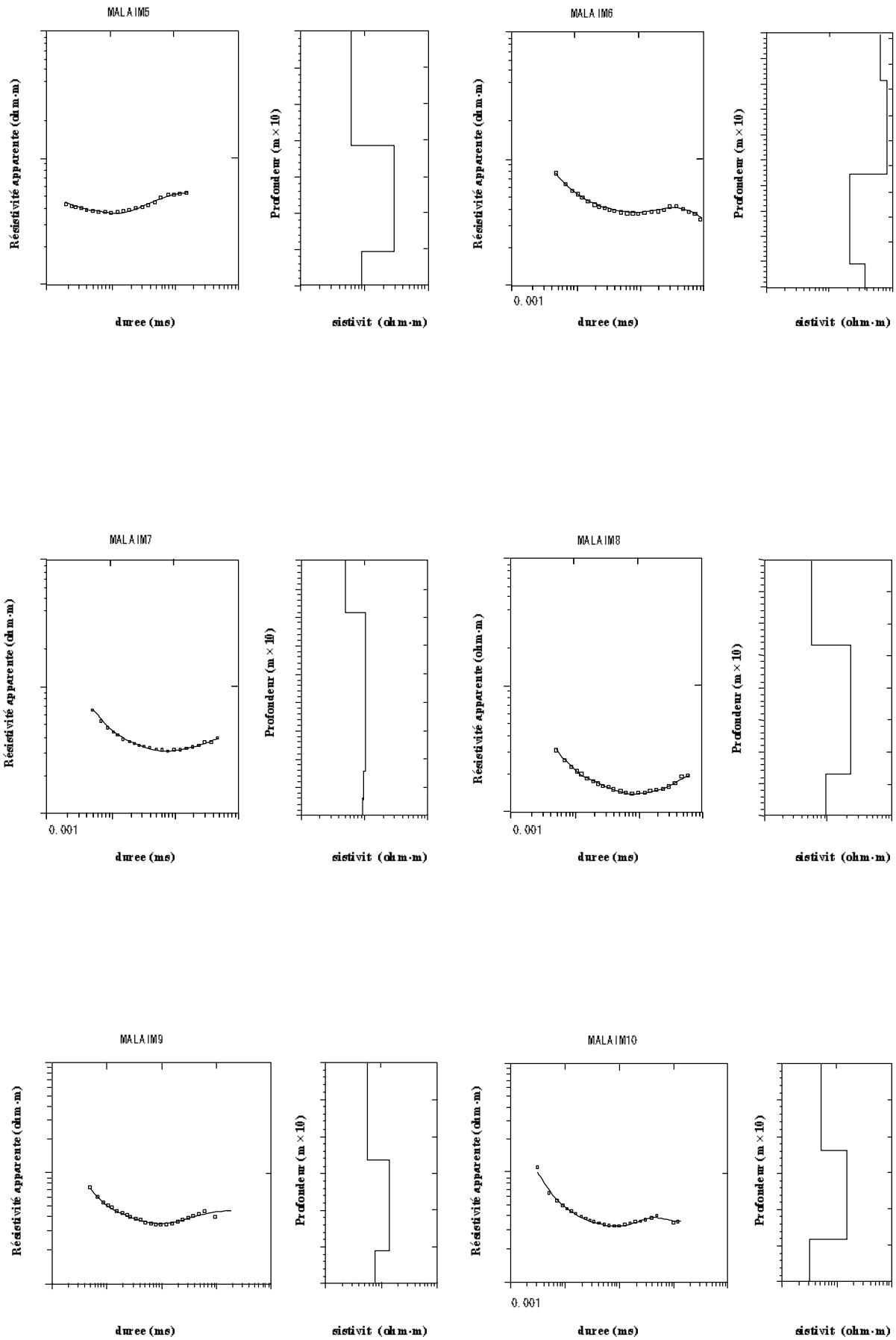


Fig.6-49 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.106

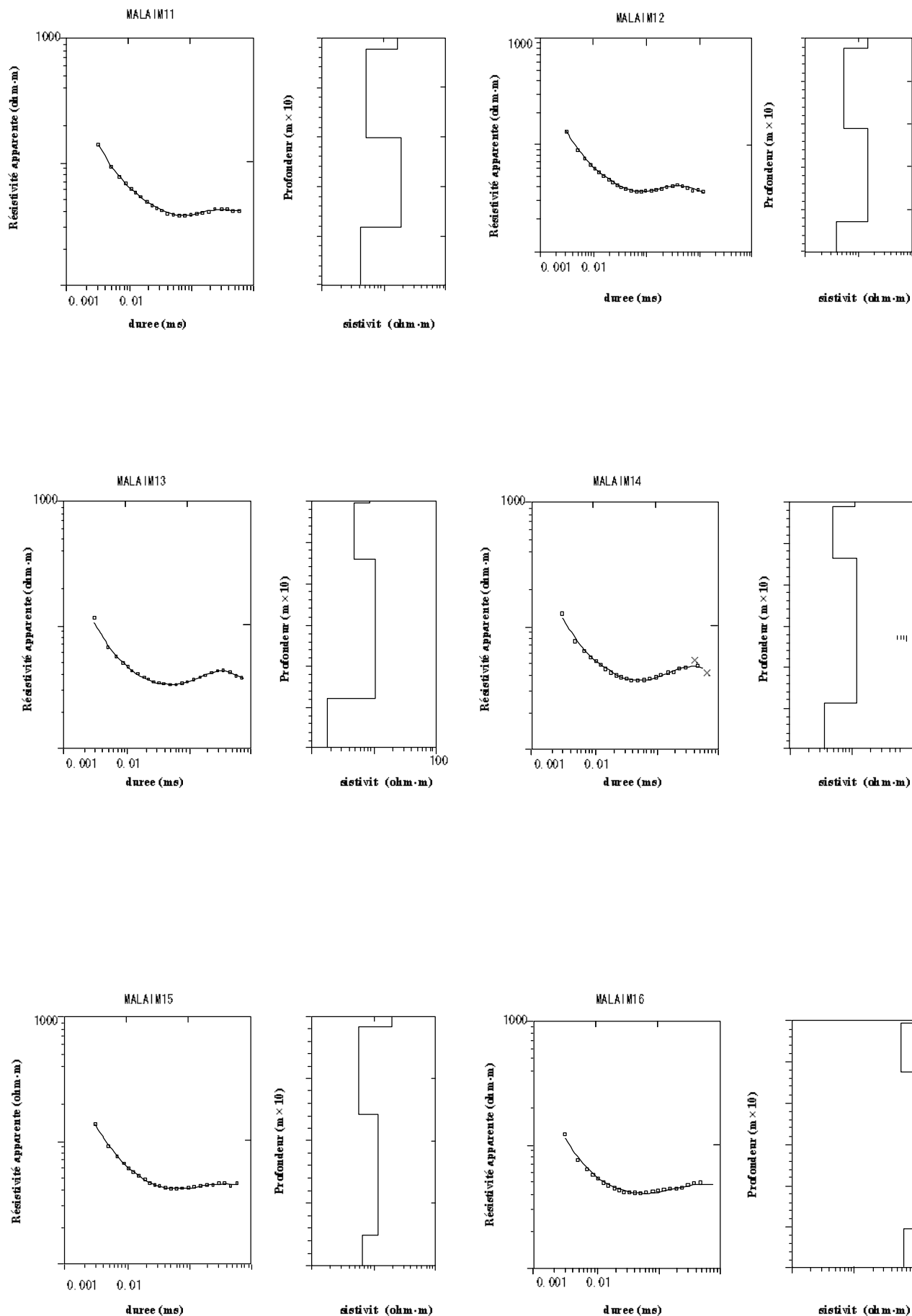


Fig.6-49 Résultat d'Analyse de la Prospection Electromagnétique: No.106

(13) N°107 Ampanotoka

Ce village se trouve au sommet de collines à environ 15 km en direction sud-est du n°106, à une altitude de 170 m. Il est constitué d'une couche Sakamena de la fin du Paléozoïque, formée principalement de grès et secondairement de pélites. Des puits simples d'une profondeur d'environ 1,5 m se trouvent à la tête de la petite vallée du côté nord et du côté sud du village et servent de ressources en eau potable. L'eau est blanchâtre mais sa qualité est bonne avec une EC = 248 à 630 μ S/cm. Le puits avec margelle en béton construit en mars 1983 au centre du village n'est pas utilisé en raison d'une panne de la pompe à main.

Une prospection électrique a été effectuée en 3 points à des intervalles de 200 m sur le côté de la route principale de cette région. On suppose la présence d'une couche de grès ou de conglomérats à une profondeur comprise entre 50 et 64 m, avec une résistivité élevée suivie, plus en profondeur, de couches alternées de pélites et de grès. La résistivité légèrement élevée jusqu'à une profondeur de 50 à 64 m permet d'espérer des eaux de fissures en forme de réseau dans une couche relativement plus sableuse que celle du n°106. La profondeur du forage sera d'environ 70 m.

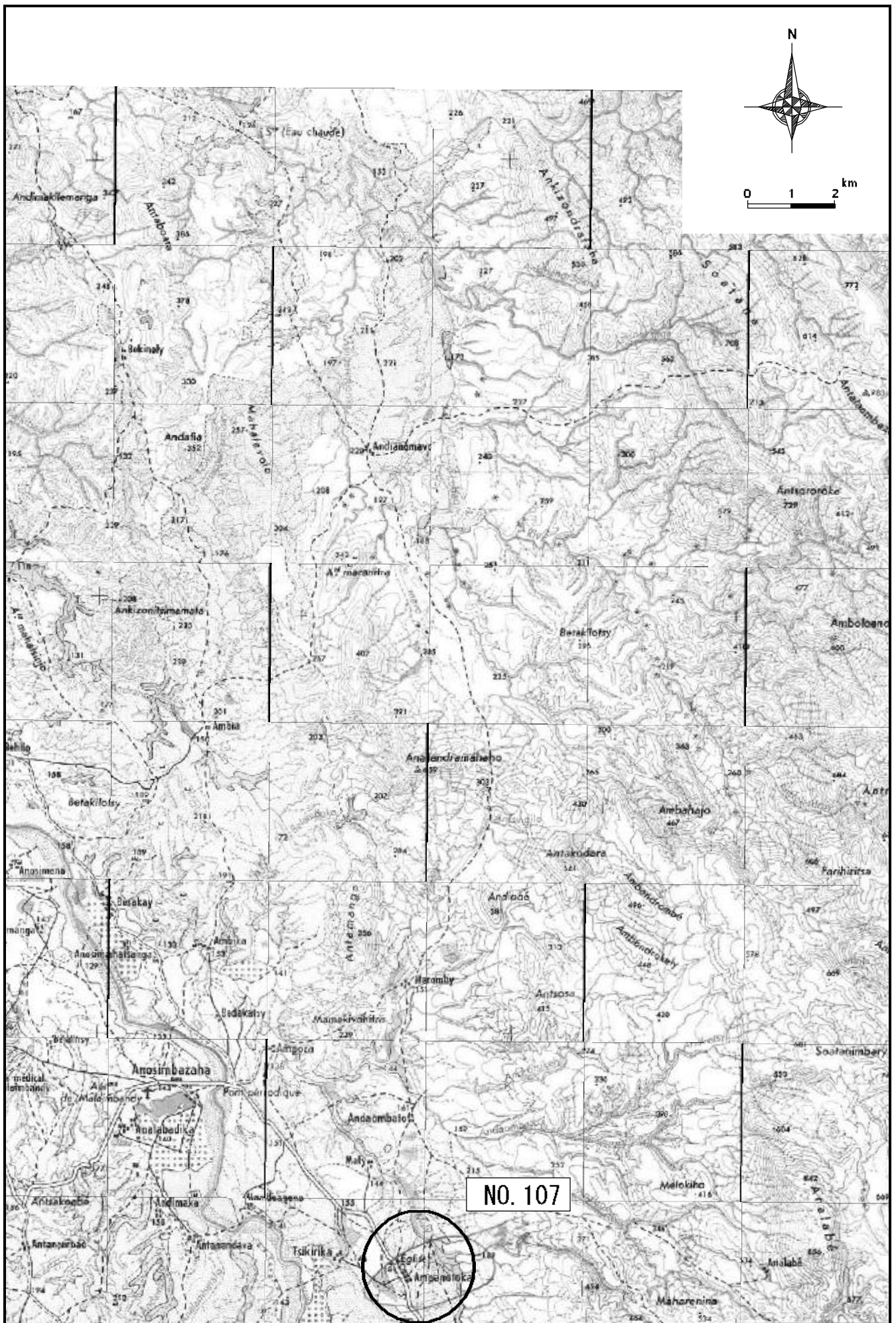
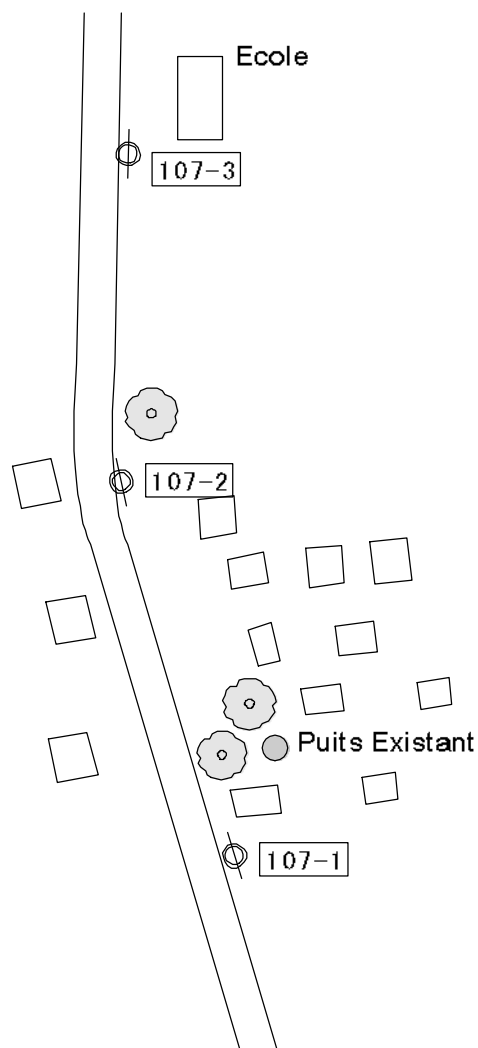
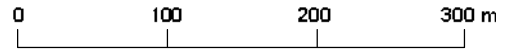


Fig.6-50 Carte Schématique des Sites : No.107 AMPANOTOKA

NO.107 AMPANOTOKA



○ Sondage Electrique

Fig.6-51 Points de la Prospection Géophysique : No.107 AMPANOTOKA

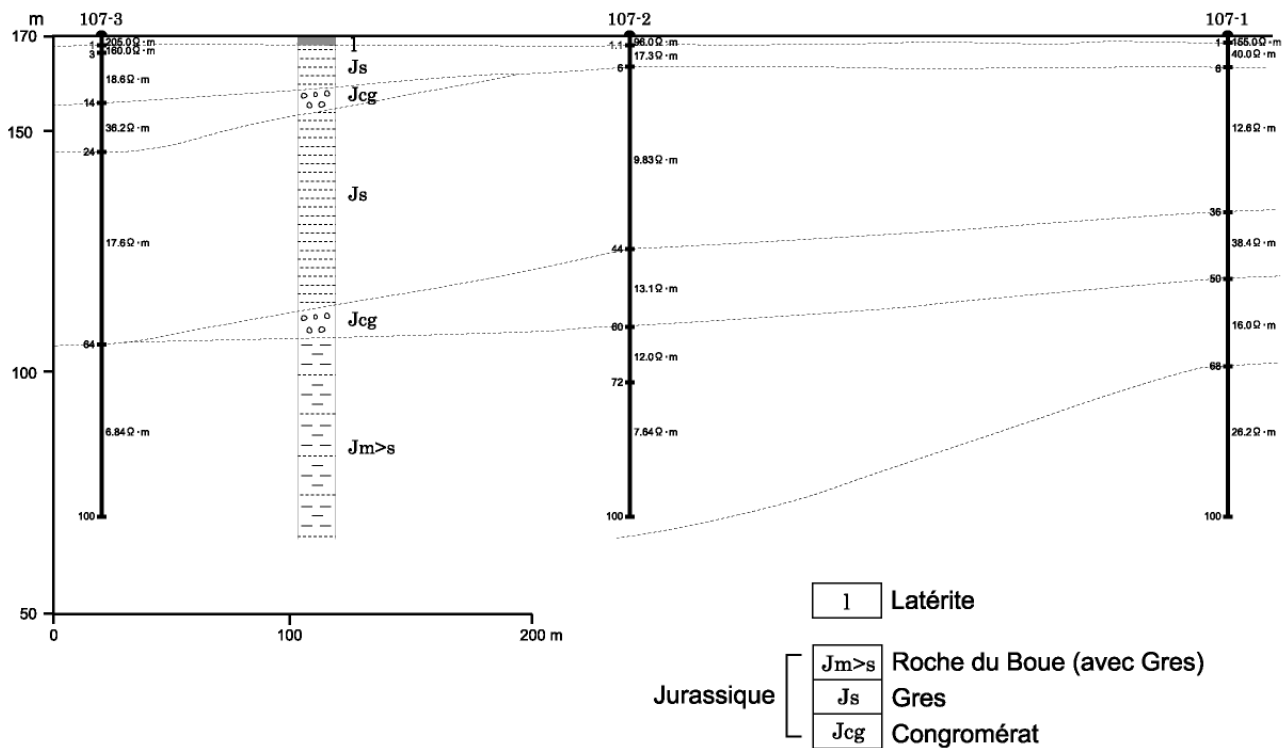
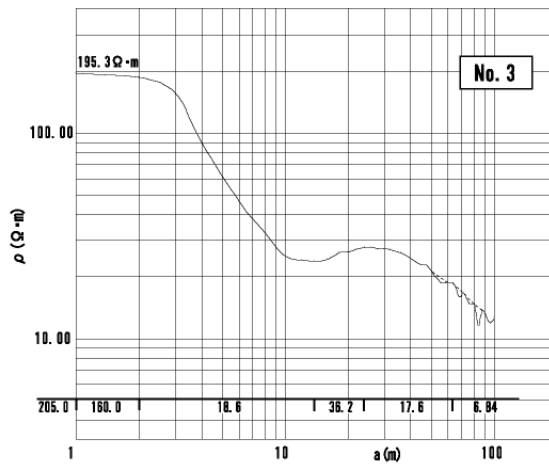
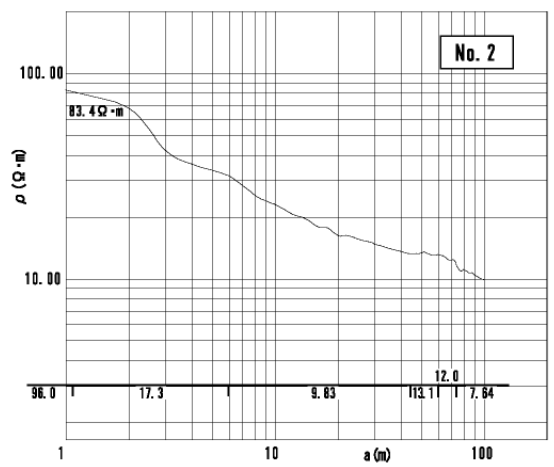
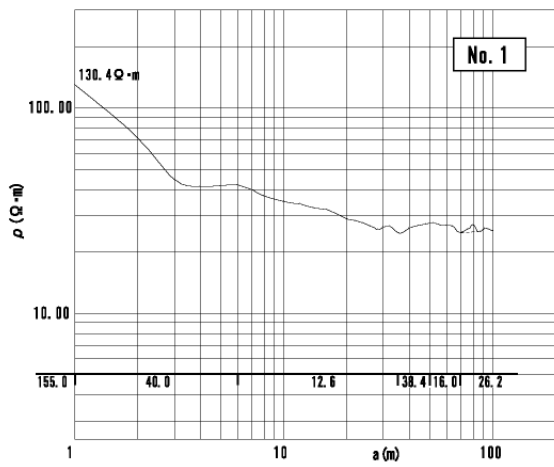


Fig.6-52 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.107

(14) Région du N°114 Ambatolahy et N°115 Ankotrofotsy

i) N°114 Ambatolahy

Ce village se trouve à proximité du point de confluence du fleuve Sakeny et de son affluent le Manambolo et il est également proche de la démarcation entre des collines ayant environ 103 m d'altitude et une plaine alluviale. Constitué d'une couche de grès comportant des pélites du Jurassique, son inclinaison est proche de l'horizontale. Dans les falaises découpées de la route nationale n°35 du côté sud du village, une couche de graviers en terrasse de 4 à 5 m de profondeur recouvre une couche du Jurassique.

La conductivité électrique du puits est de 144 μ S/cm, celle du forage de l'étude de développement précédente étant de 570 μ S/cm et celle des eaux du fleuve de 585 μ S/cm. La profondeur du forage de l'étude précédente était de 96 m, dans une formation de grès et de pélites mais avec prédominance des grès à la partie supérieure jusqu'à 60 m. Trois crépines ont été installées à des intervalles de 18 à 54 m et on a réussi à obtenir une prise d'eau de 504 m³/j avec un niveau statique de 13,41 m et $s = 10,86$ m. En fonction du fait que la couche du Jurassique répartie dans la région concernée est à prédominance de grès et que les eaux abondantes des fleuves Sakeny et Manambolo constituent probablement une source de recharge, on peut considérer que l'exploitation des eaux souterraines sera relativement aisée.

En outre, le résultat de l'analyse de la qualité d'eau exécuté pendant la présente étude est comme le tableau ci-dessous.

Tableau 6-7 Analyse de la qualité de l'eau par le laboratoire national (JIRAMA)

N° de site	TH	Ca	Fe	Mn	F	Cl	NH4	NO3	Turbidité	Couleur	DCO
114	20,2	47,20	0,3	-	- 0,82	53,25	0,00	132,51	-	-	-

Les résultats de l'analyse ont montré une valeur nettement supérieure à la valeur critère de 50 ppm pour l'azote de nitrate. Toutefois, il a été impossible de déterminer si cette valeur était due aux ions nitrate de haute densité provenant de la contamination des eaux souterraines peu profondes, à la présence d'une valeur anormale caractéristique dans une partie de la couche ou encore au fait

que des crépines sont installées en trois différents endroits. L'observation de la qualité de l'eau souterraine de ce forage a été effectuée comme suit.

Estimation de la nature des sols composants des couches souterraines par prospection électrique lors de l'étude de développement

La courbe – a obtenue lors de l'exécution de l'étude de développement a été de nouveau analysée et les couches souterraines de la région ont été divisées dans les 4 grandes catégories suivantes selon leur nature des sols.

1. Première couche

Il s'agit d'une couche de sable comportant des graviers et du sable grossier de l'Holocène (couche alluviale), présentant une résistivité élevée de plus de 100 -m et répartie en surface (de 12 m à 18 m de profondeur). Cette couche renferme des eaux souterraines peu profondes qui sont puisées par les puits existants.

2. Deuxième couche

La couche ayant une résistivité comprise entre 20 et 80 -m et située sous la première couche a été regroupée en tant que deuxième couche. Présentant une prédominance de sable et entrecoupée de couches de limons et de pélites, c'est un aquifère avantageux dans lequel 3 crépines ont été installées lors de l'excavation des forages d'essai de l'étude de développement. La couche a une épaisseur de 30 m environ, avec des couches de limons entre 22 et 30 m et de pélites entre 36 et 45 m (Voir Profil stratigraphique des forages d'essai de l'étude de développement). Sous cette couche et plus en profondeur, se trouvent des couches du Jurassique.

3. Troisième couche

Couche de faible résistivité, comprise entre 8 et 18 -m, située sous la deuxième couche, elle a une épaisseur d'environ 30 m mais devient de plus en plus épaisse au fur et à mesure que l'on s'avance vers le sud. Principalement composée de limons et de pélites, elle comporte une fine couche de sable à l'intérieur, couche supposée aquifère. Les crépines installées entre 79 et 82 m du forage de l'étude de développement précédente en sont un bon exemple.

4. Quatrième couche

Située sous la troisième couche, elle a été déterminée en tant que couche du Jurassique avec prédominance de grès et de conglomérats, avec haute résistivité de plus de 20 Ω -m. La couche de grès trouvée à plus de 94 m de profondeur du forage de l'étude de développement précédente correspond à cette couche et l'on peut espérer la présence d'une nappe aquifère.

NO₃ haute densité dans les puits existants

- a. Lors de l'étude de la qualité de l'eau durant l'étude du plan de base, le NO₃ ayant présenté une valeur de 132,5 ppm pour les forages de l'étude de développement précédente, une seconde étude a été demandée à la DEE à l'issue de laquelle du 7 décembre cette valeur était tombée à 69 ppm. Toutefois, cette valeur excédait encore la valeur critère de 50 ppm déterminée par l'OMS.

Le NO₃ présent dans l'eau est une forme finale de diverses combinaisons d'azote oxydées, mais ces combinaisons d'azote d'ammoniaque et d'azote organique étant la cause de la contamination des eaux souterraines, ledit NO₃ devient l'indice de la contamination. L'absorption de NO₃ en grandes quantités est à l'origine de la méthémoglobinémie – par une baisse de l'acide des sucs gastriques - chez le nourrisson de moins de 6 mois, sans toutefois que les adultes soient touchés par cette maladie. Une valeur critère a été établie dans le Code de l'eau afin d'éviter que le NO₃ soit présent en grandes quantités dans l'eau potable, mais elle diffère selon les pays (10 ppm pour le Japon et la France, 45 ppm pour les Etats-Unis, 50 ppm pour l'OMS et 100 ppm pour les Pays-Bas). La valeur obtenue lors de la seconde étude est plus élevée que la valeur critère de l'OMS, elle reste toutefois inférieure à celle des Pays-Bas.

- b. En ce qui concerne la haute densité en NO₃ des forages de l'étude de développement précédente, elle peut s'expliquer par une contamination due à l'intervention humaine des eaux souterraines peu profondes de la première couche par prospection électrique dans le forage de l'étude de développement précédente ou la présence de composants

dans l'aquifère du Jurassique. Dans le cas , étant donné que la nappe aquifère de la première crépine et la nappe aquifère de l'Holocène (couche alluviale) sont reliées, il est possible d'empêcher la pénétration des eaux souterraines contaminées par la couche de limons sableux située sous la première crépine (entre 22 et 30 m). Toutefois, dans le cas , le développement des eaux souterraines en couche profonde semble difficile à effectuer.

Si la contamination par le NO₃ est due à l'intervention humaine, c'est le cas qui prévaut.

Volume de prise d'eau par puisage en couches profondes uniquement, sans puisage en couches peu profondes

- a. La première crépine du forage de l'étude de développement précédente (18 à 24 m) a été interrompue, et l'extérieur du tubage a été rempli d'argile ou de ciment pour empêcher la pénétration des eaux souterraines peu profondes (les limons sableux entre 22 et 30 m correspondant à la couche interrompue).
- b. En cas de réalisation de la prise d'eau à partir des crépines 2, 3 et 4 du forage de l'étude de développement précédente, il est possible d'obtenir un débit de 300 L/min à une baisse de niveau d'eau d'environ 20 m (pour le forage de l'étude de développement précédente, un volume de 350 L/min a été obtenu à une baisse de niveau d'eau de 10,86 m à partir de la couche de la crépine 4).
- c. D'après le profil stratigraphique de la nature des sols et les résultats de la prospection électrique du forage de l'étude de développement précédente, la nappe aquifère dans la couche des crépines 2 et 3 n'est pas inférieure à celle de la crépine 1.
- d. Par mesure de sécurité, la prise d'eau peut être effectuée à partir de la 4^{ème} couche et il serait souhaitable que les forages aient une profondeur de 150 m.

En général, étant donné que l'eau des puits existants dans ce village serait une eau contaminée en provenance des eaux souterraines peu profondes (probablement en raison de la contamination de l'eau des fleuves complémentaires), le présent projet, en installant des crépines visant à la prise d'eau de la nappe aquifère profonde, sans chercher à prendre l'eau au niveau le plus superficiel, permettra d'améliorer la qualité de l'eau. Pour ce qui est du débit également, il sera probablement possible d'obtenir, uniquement à partir de la nappe aquifère profonde, les volumes d'eau requis par le projet.

ii) N°115 Ankotrofotsy

Ce village se trouve à environ 30 km au nord en ligne droite du n°114. Il est situé dans la région de collines sur la rive gauche du fleuve Mania, l'est étant formé d'une zone montagneuse dont le relief est parvenu au stade de maturité. Géologiquement, il présente une couche à prédominance de grès du Jurassique avec en sandwich des conglomérats à granulométrie fine. Une faille existe à la frontière entre la zone montagneuse et les collines et la fissure en direction nord-est à sud-ouest est bien développée.

Un puits existe et sert de source en eau potable mais la plupart des villageois utilisent l'eau du fleuve. Les résultats d'analyse de la prospection électrique (profondeur de 100 m) effectuée en 3 points à l'intérieur du village ont indiqué la présence d'une couche à résistivité élevée de 20 à 50 Ω -m, et fait supposer l'existence d'une couche à prédominance de grès et de conglomérats. Par conséquent, en fonction des raisons suivantes, l'exploitation des eaux souterraines dans cette région semble aisée, avec de nouveaux forages réalisés à une profondeur de 100 m environ.

- a. La couche géologique est une couche de sédiments grossiers de grès et de conglomérats.
- b. La fissure en direction NE-SO s'agrandit.
- c. La recharge des eaux souterraines est probablement effectuée à partir de l'écoulement de surface abondant du fleuve Mania.

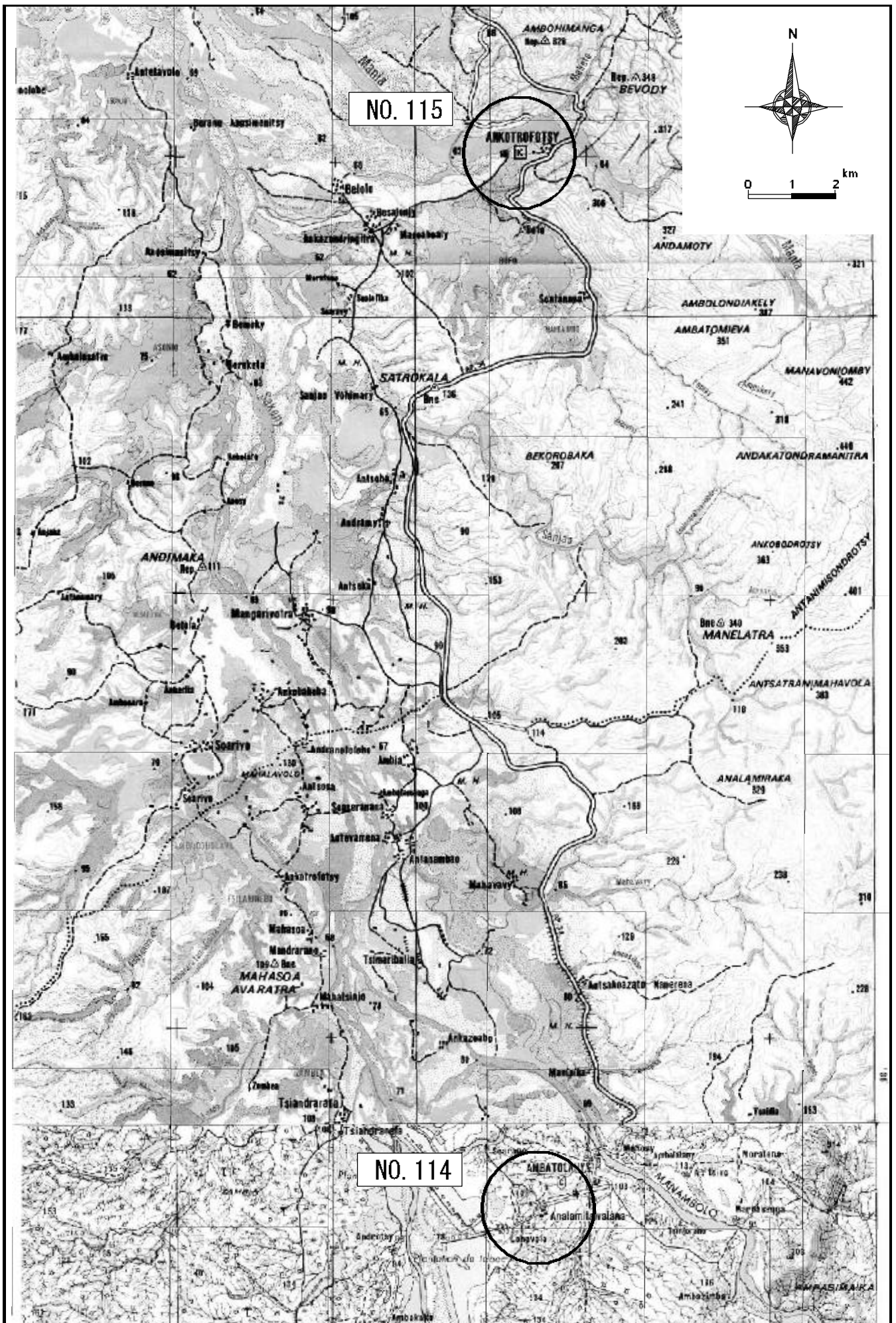


Fig.6-53 Carte Schématique des Sites : No.114 AMBATOLAHY et No.115 ANKOTROFOTSY

NO.115 ANKTROFOTSY



○ Sondage Electrique

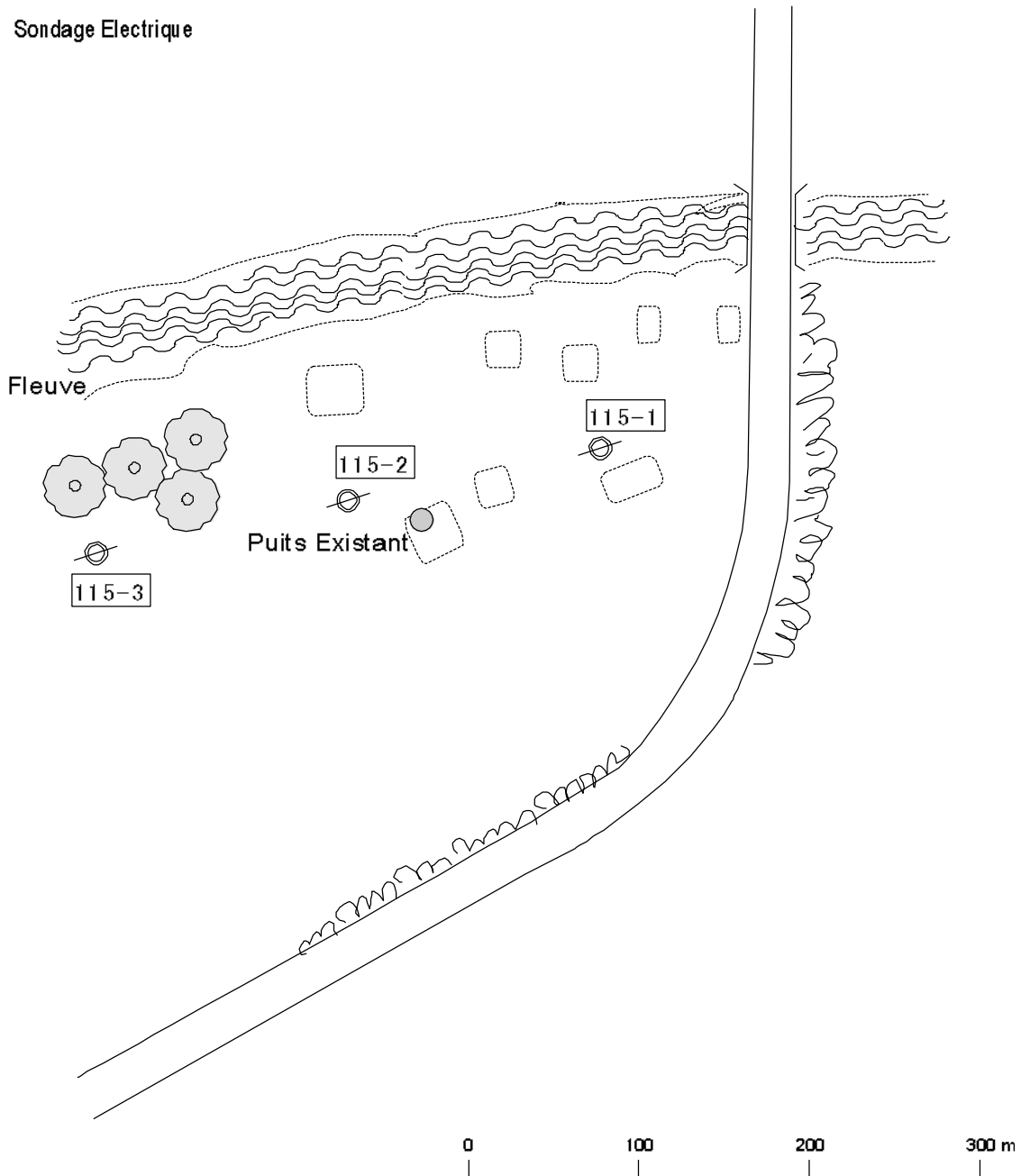


Fig. 6-54 Points de la Prospection Géophysique: No.114 Ambatolahy et No.115 Ankotrofotsy

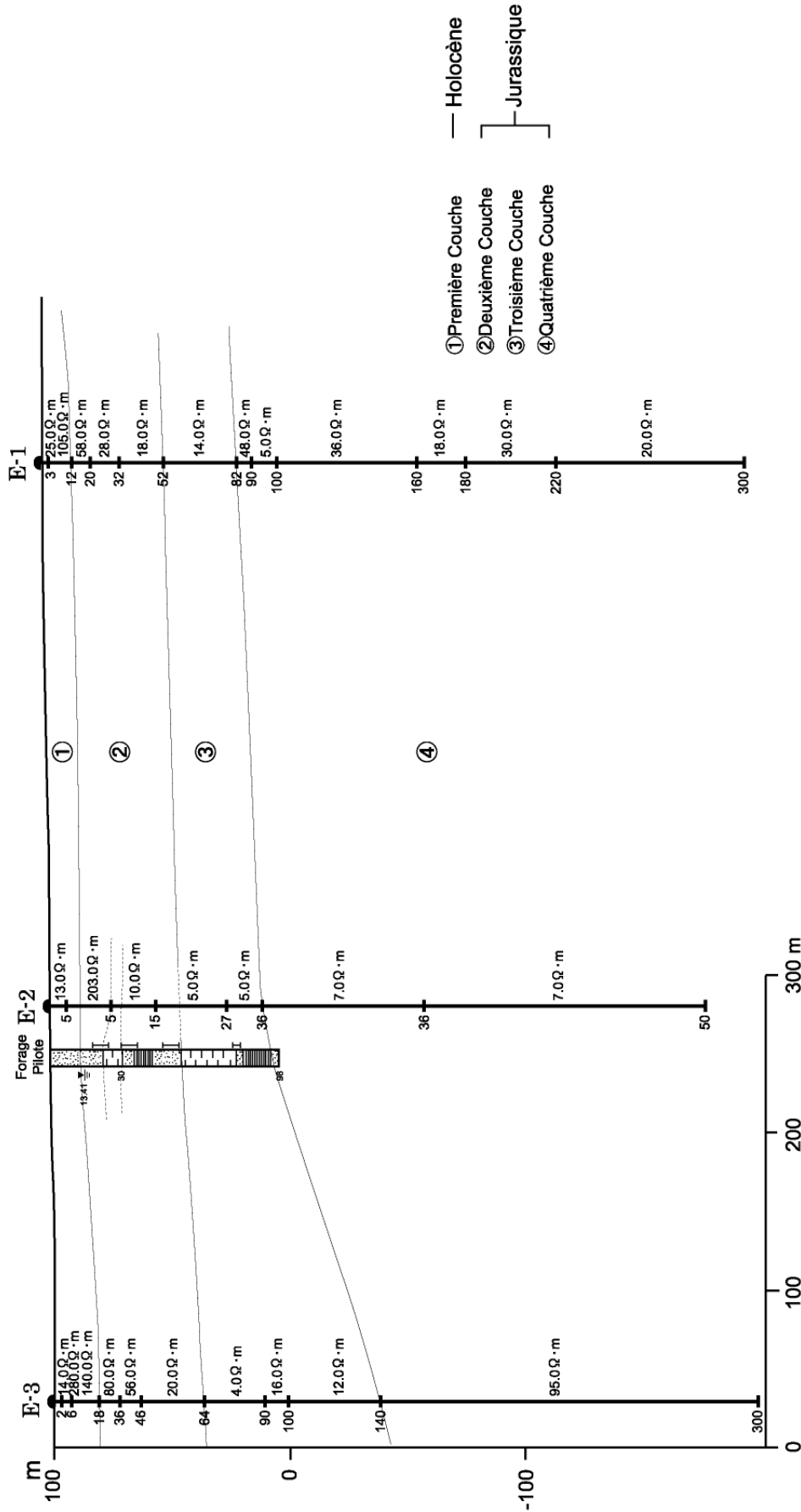


Fig.6-55 Coupe de la Prospection Electrique de l'Etude de Développement : No.114

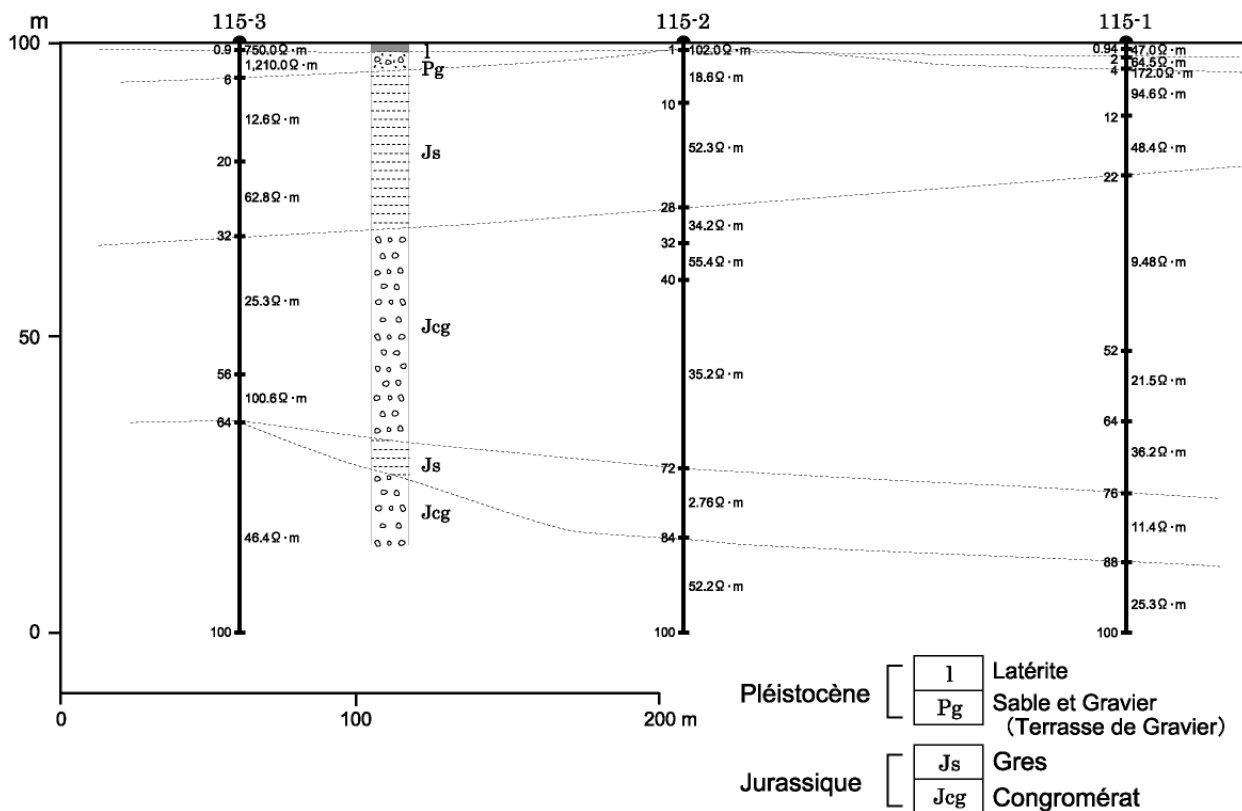
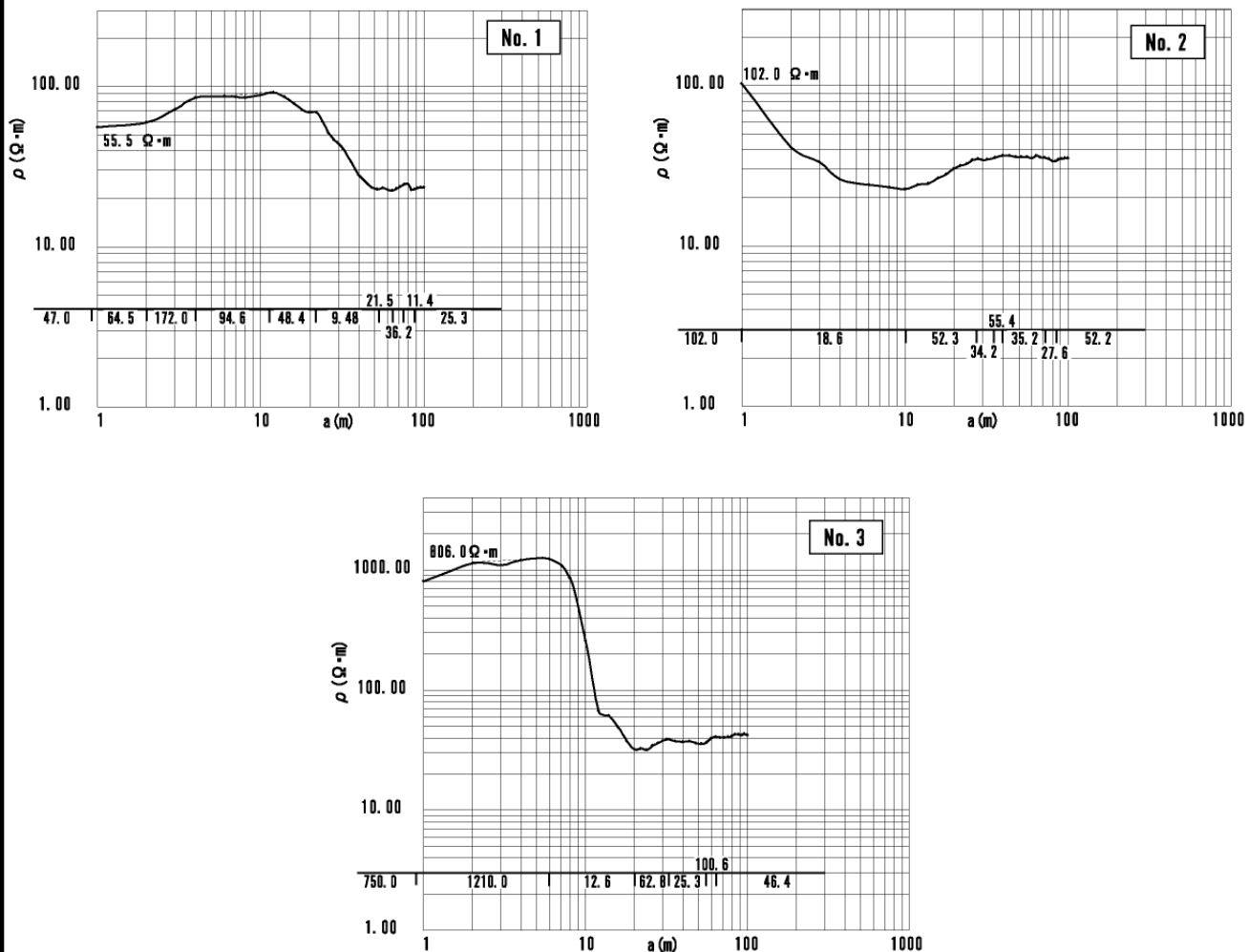


Fig.6-55 Résultat d'Analyse et Coupe de la Prospection Electrique : No.115

ANNEXE6(2) Résultat d'Etude sur l'Intention des Villageois de Payer de l'Eau

Tableau Croisé de Village et d'Intention des Villageois

Fréquence

No. Village	Payer de l'Eau				Total
	Payer	Ne Pas Payer	Ne Pas Savoir	Sans Données	
001	2				2
015	4				4
016	2		1		3
017	6				6
018			2		2
020	4		1		5
025	8		1		9
026	4		1		5
027	4				4
031				2	2
033	6	1			7
034	2				2
036	4				4
039	1		1		2
040	5				5
041	3				3
047	5				5
048	2				2
052	7				7
053	4				4
055	4				4
058	16		1		17
060	4				4
066	3				3
067	11				11
067-b	4				4
068	3				3
070	6				6
074	2				2
076	3				3
079	3				3
080	5				5
082	2				2
083	2				2
089	2				2
093	2				2
094	19				19
095	1			1	2
097	14				14
099	1				1
103	3			1	4
106	16				16
107	7	1			8
109	2				2
110	2				2
111	2				2
112	9	1	1		11
114	15				15
115	12				12
116				2	2
116-b	1			2	3
117	13				13
118	4				4
120	7				7
121-b	2				2
c	4				4
d	4				4
Total	283	3	9	8	303

Montant d'Eau Possible à Payer

No. Village	Moyenne	Fréquence	Ecart Absolu Moyen
001	18,000.0000	2	16,970.5627
015	12,000.0000	4	.0000
016	6,000.0000	2	.0000
017	13,000.0000	6	11,009.0872
020	6,375.0000	4	750.0000
025	20,666.6667	9	17,000.0000
026	7,250.0000	4	3,201.5621
027	4,625.0000	4	2,750.0000
031	12,000.0000	2	8,485.2814
033	35,785.7143	7	30,226.7226
034	17,500.0000	2	3,535.5339
036	5,000.0000	4	1,414.2136
039	6,000.0000	1	
040	33,600.0000	5	25,667.0996
041	10,000.0000	3	3,464.1016
047	25,200.0000	5	20,957.0990
048	9,000.0000	2	4,242.6407
052	16,285.7143	7	19,508.2400
053	19,500.0000	4	7,141.4284
055	9,450.0000	4	3,034.7982
058	46,058.8235	17	41,064.6907
060	22,500.0000	4	25,159.4913
066	28,000.0000	3	13,856.4065
067	53,090.9091	11	76,999.2916
067-b	19,500.0000	4	12,369.3169
068	16,000.0000	3	12,489.9960
070	23,833.3333	6	13,686,1944
074	22,500.0000	2	10,606.6017
076	31,666.6667	3	27,537.8527
079	16,000.0000	3	12,489.9960
080	34,800.0000	5	24,149.5342
082	31,000.0000	2	26,870.0577
083	11,000.0000	2	1,414.2316
089	4,500.0000	2	2,121.3203
093	15,000.0000	2	4,242.6407
094	41,052.5316	19	25,080.9217
095	27,500.0000	2	3,535.5339
097	18,000.0000	14	15,251.7338
099	6,000.0000	1	
103	52,333.3333	3	58,960.4387
106	40,125.0000	16	56,102.1390
107	14,642.8571	7	20,393.4513
109	6,000.0000	2	.0000
110	6,000.0000	2	.0000
111	12,300.0000	2	16,546.2987
112	41,777.7778	9	45,171.2790
114	17,800.0000	15	19,124.4048
115	17,750.0000	12	15,898.1131
116	5,500.0000	2	707.1068
116-b	10,000.0000	3	5,000.0000
117	49,692.3077	13	37,989.8772
118	40,500.0000	4	54,194.0956
120	16,285.7143	7	9,621.4047
121-b	9,000.0000	2	4,242.6407
c	14,250.0000	4	1,500.0000
d	15,750.0000	4	13,817.2597
Total	26,059.3857	293	31,853.6017

Statistique

	Fréquence	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart Absolu Moyen
Nombre de Cas Valide	293 293	500.00	24,000.00	24,059.3857	31.853.6017

Tableau de Fréquence

Statistique

Montant d'Eau Possible à Payer par An

Fréquence	Cas Valide	293
	Cas Déficit	10
Moyenne		26,059.3857
Médiane		12,000.0000
Mode		12,000.00

Montant d'Eau Possible à Payer par An

	Fmg/An	Fréquence	%	% Valide	% Accumulé
Cas Valide	500.00	2	.7	.7	.7
	600.00	1	.3	.3	1.0
	2,000.00	1	.3	.3	1.4
	2,500.00	1	.3	.3	1.7
	3,000.00	3	1.0	1.0	2.7
	5,000.00	8	2.6	2.7	5.5
	6,000.00	70	23.1	23.9	29.4
	7,500.00	1	.3	.3	29.7
	7,800.00	1	.3	.3	30.0
	9,000.00	1	.3	.3	30.4
	10,000.00	6	2.0	2.0	32.4
	12,000.00	73	24.1	24.9	57.3
	15,000.00	9	3.0	3.1	60.4
	18,000.00	11	3.6	3.8	64.2
	20,000.00	1	.3	.3	64.5
	24,000.00	13	4.3	4.4	68.9
	25,000.00	2	.7	.7	69.6
	30,000.00	25	8.3	8.5	78.2
	36,000.00	10	8.3	3.4	81.6
	45,000.00	1	.3	.3	81.9
	50,000.00	2	.7	.7	82.6
	60,000.00	34	11.2	11.6	94.2
	84,000.00	1	.3	.3	94.5
	96,000.00	1	.3	.3	94.9
	120,000.00	12	4.0	4.1	99.0
	150,000.00	1	.3	.3	99.3
	180,000.00	1	.3	.3	99.7
	24,000.00	1	.3	.3	100.0
	Total	293	96.7	100.0	
Cas Déficit		10	3.3		
Total		303	100.0		

Tableau Croisé

Résumé des Cas Traité

	Cas					
	Cas Valide		Cas Déficit		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Revenu Annuel 2 * Montant Possible à Payer	303	100.0%	0	0%	303	100.0%

Tableau Croisé de Revenu Annuel 2 et Montant Possible à Payer

Fréquence

		Montant Possible à Payer				
		1-1000	1001-5000	5001-10000	10001-15000	15001-20000
Revenu Annuel 2	10,001-100,000			3	1	
	100,001-1,000,000	1	5	23	11	3
	1,000,001-2,000,000		5	29	26	2
	2,000,001-3,000,000	1	1	13	15	3
	3,000,001-4,000,000			4	11	1
	4,000,001-5,000,000			1	4	
	5,000,001-10,000,000			2	7	3
	10,000,001-20,000,000	1	1		3	
	20,000,000- Sans Données		1	4	2	
Total		3	13	79	82	12

Fréquence

		Montant Possible à Payer			Total
		20001-50000	50000-	Autres	
Revenu Annuel 2	10,001-100,000				4
	100,001-1,000,000	7	7	1	58
	1,000,001-2,000,000	8	9	2	81
	2,000,001-3,000,000	6	6	3	48
	3,000,001-4,000,000	7	5	1	29
	4,000,001-5,000,000	9	2		16
	5,000,001-10,000,000	11	9		32
	10,000,001-20,000,000	2	8		15
	20,000,000- Sans Données	1	4		7
		2	1	3	13
Total		53	51	10	303

Corrélation

Coefficient de Corrélation

		Revenu Annuel /1000fmg	Montant Possible à Payer par An
Revenu Annuel /1000fmg	Corrélation de Pearson	1.000	.194**
	Taux de Significance (Une Part)		.001
	Nombre	290	283
Montant Possible à Payer par An	Corrélation de Pearson	.194**	1.000
	Taux de Significance (Une Part)	.001	
	Nombre	283	293

**Coefficient de Corrélation est statistiquement important (Une Part) au niveau de 1%.

**L'ETUDE DU CONCEPT DE BASE POUR
LE PROJET DE L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA REGION
SUD-OUEST DE LA REPUBLIQUE DE MADAGASCAR**

PROPOSITION POUR LES ACTIVITES D'ANIMATION ET DE LA SENSIBILISATION

1. Arrière-plan

**1) Problèmes de la gestion et la maintenance
des installations hydrauliques dans la zone du Projet**

Le présent projet a pour objectif la fourniture d'eau potable stable et sûre par le biais de la construction d'installations hydrauliques s'appuyant sur des forages dans des villages ruraux de la région de Menabe, province de Tuléar dans le Sud-Ouest de Madagascar, et ainsi d'améliorer l'état de santé et l'environnement sanitaire des villageois concernés. Les installations construites permettant l'alimentation stable en eau, il sera demandé aux villageois, qui en seront les utilisateurs, de bien comprendre l'importance de cette eau sûre, et d'opérer un système d'exploitation et de maintenance à leur propre initiative pour l'utilisation et la maintenance adaptée de ces installations. Mais il est constaté l'insuffisance de la maintenance dans la zone du Projet.

La construction de forages par le gouvernement malgache (en particulier le premier et le deuxième gouvernements républicains) et des organisations d'aide internationales se fait depuis longtemps dans la zone objet du projet, mais beaucoup des forages ne sont plus utilisés 2 à 3 ans après leur construction, et il existe aussi dans la zone d'étude des forages abandonnés tels quels sans réparation.

Cette situation est due au fait que la formation à la maintenance des habitants n'avait été prise en compte pour aucune des installations construites entre la période des gouvernements républicains des années 1960 à 1970. par ailleurs, la particularité de cette zone est que son environnement permet facilement l'obtention d'eau, si l'on n'est pas regardant sur la qualité, et l'abandon des installations découle du fait qu'en cas de panne de la pompe, les habitants reviennent à l'utilisation de sources d'eau existantes comme les rivières et canaux.

2) Nécessité des activités d'animation et sensibilisation pour la maintenance

Pour éviter que les installations du projet suivent le même chemin, il sera nécessaire d'établir un système d'exploitation et de maintenance quotidienne centrée sur les habitants bénéficiaires, et de changer la mentalité des habitants pour leur donner un sentiment de propriété des installations. Pour cela, les activités d'animation et de sensibilisation dans le cadre du Projet est nécessaire.

Depuis quelques années, les habitants ont pris conscience des risques de l'utilisation de l'eau

actuelle (qualitatif et quantitatif), et sont passés graduellement à une attitude de demande sérieuse d'assurance d'eau stable et sûre. A titre d'exemple, les villages de la forêt naturelle protégée au nord de la rivière Morondava participent activement à la construction de puits, après avoir agi auprès d'ONG ayant obtenu l'aide suisse pour le soutien continu dans la zone forestière protégée de la région. Ces puits sont aussi en construction sur plusieurs sites dans les villages de la zone d'étude. Pour la construction de ces puits, sur instructions de l'ONG, la création d'un comité du point d'eau dans le village et le versement des frais d'eau sont obligatoires. Si l'on considère toute la zone, on s'aperçoit que la construction de ce type de puits est encouragée par d'autres ONG et des associations religieuses. L'utilisation des eaux de surface n'est pas excellente sur le plan sanitaire, et les problèmes de manque d'eau pendant la saison sèche et de mauvaise qualité des eaux souterraines proches de la surface font que les habitants attendent avec impatience l'alimentation en eau sûre des forages.

3) Système de la maintenance sous le Code de l'Eau

Cette tendance existe dans la zone objet du projet, le gouvernement ayant promulgué le Code de l'eau en janvier 1999 qui définit l'orientation vers la responsabilité de l'exploitation et de la maintenance des installations par les habitants et le paiement des frais d'eau, la création de l'ANDEA (Autorité de l'Eau et de l'Assainissement : organisme gouvernemental chargé de l'établissement et de la réalisation de projets d'exploitation des eaux souterraines et d'adduction d'eau /d'égouts) et de l'Organisme régulateur, chargé de la gestion des services d'adduction d'eau /d'égouts, du service public d'adduction d'eau /d'égouts (sur la base de l'exploitation/maintenant par unité de village–ville-commune), ainsi que l'utilisation énergique des organisations privées et ONG. En arrière-plan, il y a les difficultés de l'organisme d'exécution pour la prise en charge du point de vue budgétaire des frais pour les activités d'exploitation et de maintenance, et sur le plan des ressources humaines.

L'exploitation et la maintenance des installations d'alimentation en eau rurales existante est placée sous la tutelles du Ministère de l'Energie et des Mines (MEM), chargé du secteur de l'eau à Madagascar, qui est l'organisme d'exécution du projet, de chaque province. La Direction inter-régionale de Tuléar, qui sera responsable du projet, dispose d'un atelier et d'un magasin d'équipements et pièces, mais ses activités se concentrent sur la maintenance technique, il n'y a pas de section spécialisée dans la sensibilisation. Par ailleurs, le nouveau code de l'eau a adopté l'orientation de confier aux ONG toute la série d'activités de sensibilisation et d'organisation des habitants, de monitoring et de suivi. Cette méthode est déjà appliquée pour les projets d'alimentation en eau des organisations internationales comme la Banque Mondiale et pour l'aide de l'Agence de développement suisse, et elle a aussi été demandée pour l'aide du Japon dans ce projet.

Par ailleurs, les grandes lignes du nouveau code de l'eau sont aussi connus dans les villages concernés, et lors de l'enquête dans les villages, beaucoup des habitants ont montré qu'ils savaient que l'eau des sources d'eau actuelles n'est pas adaptée à la boisson et connaissaient la sécurité des forages, ainsi que leur ferme volonté de payer les frais d'eau en cas de construction d'installations d'alimentation en eau avec forage.

4) Sélection des sites objets du Projet

Dans les villages objets du présent Projet, l'avis des populations à charger la gestion et la maintenance et payer le coût d'eau a été déjà confirmé au moment de l'étude. Pourtant l'état actuel des installations existantes aux villages projetés montre la difficulté de l'accomplissement de ces conditions fondamentales. Face à l'état actuel, il est proposé de choisir les villages définitifs du Projet suivant l'évaluation des villages faites après un certain nombre de périodes d'exécution d'activités de sensibilisation auprès des habitants. Donc seulement les villages accomplissant certaines conditions seront choisis pour la construction des installations hydrauliques. Concernant les sites candidats des installations d'adduction d'eau (par bornes fontaines) où la population est relativement grande, les conditions sont plus exigeantes pour bien maintenir le système. Donc, après l'évaluation, les sites candidats des installations d'adduction d'eau pourront être jugés adaptés pour le site de forage à pompe manuelle ou site inadapté pour le présent Projet. Même pour les sites accordés au moment d'évaluation comme objet définitif du Projet, il faut programmer le plan des activités continues pour toute la période du Projet à renforcer le système de la maintenance à chaque étape du Projet.

5) Problèmes du système de la maintenance des équipements de l'atelier de la DEE

La DEE, l'agence d'exécution du présent Projet, possède un bureau avec l'atelier des équipements et des véhicules à Antananarivo, où sont déposés les foreuses, les véhicules et les autres équipements et outils qui ont été fournis antérieurement dans les projets de la coopération japonaise. Cependant, la plupart de ces équipements ont dépassé la durée d'utilisation, ils sont laissés dans l'atelier en état vétuste et hors d'usage.

Les frais de la maintenance des équipements sont inclus dans le budget du projet et ne sont pas inscrits dans le budget ordinaire de la DEE. Donc en cas d'emploi des équipements de la DEE dans un projet financé par le bailleur du fonds international, les pièces d'échange sont à la charge du bailleur du fonds et la réparation est faite à la charge de la partie malgache. Dans ce système, il y a le risque d'insuffisance de la maintenance régulière par la DEE, d'où la vétusté des équipements s'accroît. Au moment de l'étude de concept de base du présent Projet, la partie japonaise a demandé la disposition pour la maintenance à la DEE, qui a abouti à l'accord de la partie malgache sur l'inscription au budget du MEM des frais de la maintenance.

Le présent Projet va fournir les équipements dans la condition requise à la DEE de les utiliser avec efficacité, en bon état, à long terme, même après la fin du Projet. Pour cela, il est prévu d'exécuter un programme de soutien pour le renforcement de la capacité de la maintenance de l'atelier de la DEE, à savoir, examiner le système actuel de la DEE, proposer les actions nécessaires, entraîner le personnel de l'atelier.

2. Objectifs

2-1 Objectifs du projet

Sur la base de la situation actuelle et des problèmes de gestion et de maintenance des installations hydrauliques dans la zone concernée et des équipements de la DEE indiqués plus haut, le présent Projet prévoit un programme de volet d'animation et de sensibilisation permettant d'atteindre les grands objectifs ci-dessous, combinée à la construction d'installations et la fourniture des équipements.

- 1) Augmentation du taux d'alimentation en eau dans la zone concernée.
- 2) Utilisation continue d'eau stable et sûre par les villageois concernés.
- 3) Amélioration des capacités de maintenance des installations hydrauliques par les habitants de la zone concernée
- 4) Amélioration des capacités d'exploitation des eaux souterraines, de gestion et de maintenance des installations hydrauliques et des équipements concernés

2-2 Objectifs à réaliser à chaque étape des activités pour la maintenance des installations par les villageois concernés

1) Avant le démarrage des travaux de construction

1-1) Prise de décision par participation des habitants à l'étape de la planification du projet

- * Participation aux réunions de sensibilisation
- * Obtenir la compréhension des obligations à la charge des habitants (constitution d'un fonds, paiement des frais d'eau, fourniture de travail, obligation de la maintenance etc.)

1-2) Instructions pour l'éducation sanitaire (faire prendre conscience aux habitants des problèmes liés aux puits et aux eaux de surface, et enrayer la tendance à l'abandon des installations)

- * Renforcer la prise de conscience des habitants des notions d'hygiène élémentaires en ce qui concerne l'eau et leur mode de vie

1-3) Etablissement d'un système de maintenance du comité du point d'eau

- * Etablissement du comité du point d'eau et formation des membres
- * Décision de la participation des habitants à la fixation des emplacements des forages/bornes fontaines

2) Pendant la période des travaux / lors de l'installation de la pompe :

Instructions techniques (développement du sentiment de participation de leur propre initiative des habitants et du sentiment de la propriété d'installations)

- * Aménagement sans retard par les habitants du village des sites prévus pour les forages
- * Participation active des habitations aux travaux de construction
- * Formation de réparateurs dans le village
- * Aménagement sans retard de la clôture du forage avec participation des habitants

3) Après l'installation de la pompe :

Formations/suivi (développement des capacités d'exploitation et de maintenance dans le village et de la capacité de résoudre les problèmes)

- * Paiement des frais d'eau et gestion comptable, si nécessaire, mise en place d'un système de réparation et leur fonctionnement régulier
- * Renforcement de la compréhension des problèmes des sources d'eau (eaux de surface, puits) par les habitants et enrayement de l'abandon des installations et du retour aux sources d'eau existantes
- * Exécution des canaux d'évacuation d'eau par les habitants et résolution des problèmes d'évacuation d'eau dans le village
- * Construction par les habitants eux-mêmes du lavoir public, installation auxiliaire de l'installation hydraulique.

2-3 Objectifs à réaliser des activités de renforcement de la gestion et de la maintenance des équipements de la DEE

- 1) Etablissement d'un grand-livre des équipements possédés de la DEE, par la suite de l'inventaire des équipements existants
- 2) Vérification de la méthode actuellement employée de gestion et maintenance des équipements, proposition du plan d'amélioration
- 3) Amélioration des capacités des agents techniques par entraînement
- 4) Aménagement de l'Atelier de la DEE

3. Activités (détail du contenu des travaux) et résultats (effets directs)

3-1 Activités pour la maintenance des installations hydrauliques auprès des villageois

Le détail des activités pour les villages est comme suivant. Le plan des activités correspond à chaque étape des travaux de construction. En particulière le présent Projet exige les conditions de la réalisation ; seulement les villages qui satisfont certaines conditions pendant la période des activités d'animation et de sensibilisation seront choisis. Mais non pas seulement avant les travaux, mais également pendant les travaux et après la livraison, les activités de suivi et évaluation continues sont indispensables

1) Participation des habitants à l'état de la planification du projet

[But] Avant l'exécution du projet, le plan détaillé le mieux adapté conformément aux souhaits des habitants et à la situation réelle dans les villages sera établi avec participation des habitants à partir de l'étape de la conception, pour développer la conscience de participation à leur propre initiative des habitants.

[Objectifs à atteindre] Définition finale du contenu détaillé par les habitants.

[Période, durée] Avant les travaux de construction des phases 2 et 3

Dans chaque village à forage à pompe manuelle: 4 à 5 jours

Dans les villages à bornes fontaines: 8 jours environ. Dans les villages à installations bornes fontaines, il faut beaucoup de temps pour l'orientation et la décision dans le village parce que la population est importante, sa structure complexe et que la charge des habitants est importante. D'abord, après discussion de l'orientation avec les représentants du village (1 journée), les réunions de tous les villageois et les discussions par quartiers dans les grandes agglomérations seront répétées.

[Ressources humaines]

1) Consultant japonais (personnel du plan de maintenance)

2) Contrepartie de DEE/MEM (personnel chargé de la maintenance)

3) ONG (coordinateur, spécialistes de l'éducation sanitaire, animateurs, secrétaire)

4) Animateurs dans chaque village: 3 équipes de 3 personnes (animateur, assistant/secrétaire, agent technique)

* Comme les habitants des villages ne comprennent que la langue malgache, une équipe de sensibilisation composée de Malgaches sera en charge. Le consultant japonais sera représenté aux explications préliminaires aux notables locaux et à la première réunion dans le village (explication du projet), mais par la suite les équipes de sensibilisation des ONG donneront en principe des instructions pour les réunions des habitants dans chaque village. La contrepartie de la partie malgache accompagnera le consultant japonais et l'ONG et gèrera les activités.

[Equipements] Véhicules du MEM et de l'ONG, matériel informatique et matériel (panneaux, manuels etc.) pour les activités de sensibilisation

[Contenu]

La teneur du présent projet et les conditions ci-dessous sont proposées, pour lesquels la participation des habitants devra être obtenue par décision des habitants eux-mêmes lors des réunions (organisme de décision finale du village). Des instructions seront données pour l'établissement du procès verbal des discussions et les points de la décision finale seront mis au clair sous la forme DINA (statut des habitants du village).

L'enquête auprès des foyers a permis d'estimer que plus de 20% des habitants connaissaient le nouveau Code de l'eau, et il est nécessaire de mettre au clair les éléments de base, y compris l'orientation nationale du secteur de l'eau. Les principaux sujets des discussions et explications seront comme suit.

- Explication détaillée du projet et de ses objectifs, obligations et conditions requises des habitants
- Concept du nouveau Code de l'eau et nécessité de la prise en charge des habitants
- Pour les villages où l'accès par véhicules fait problème, explications pour indiquer que la construction de la route d'accès sous la responsabilité des habitants (selon l'importance des travaux, intervention au niveau de la sous-préfecture) est une condition préalable
- Fourniture de terrains pour la construction des forages et leur aménagement
- Prise en charge des frais d'eau et montant (indication des montants nécessaires à la maintenance continue et aux réparations et remplacements). Décision sur l'unité de paiement (foyer, individu, seau) la période de paiement, et montant (montant uniforme pour tout le village / définition par classe sociale) laissée aux habitants
- Prise en charge des frais de réparation et des frais pour les instructeurs de réparation du fabricant de pompe
- Accord pour la création d'un comité du point d'eau (CPE)
- Fourniture du travail et du matériel pour la clôture autour du forage
- Discussion et confirmation des mesures et la méthode d'évacuation des eaux (explications et accord pour la fourniture de travail lors de la construction des canaux d'évacuation d'eau)
- Explication et accord pour la construction du lavoir par les habitants
- Décision finance de l'emplacement des forages/bornes fontaines (présence pour confirmation du consultant, du contractant, des animateurs de l'ONG, de la décision prise sur la base des souhaits des habitants et des conditions hydrogéologiques)

[Méthode] Fourniture des informations aux habitants participant à la réunion, stimulation de la discussion de l'étude des problèmes, et présentation des points à décider par les habitants par l'animateur. Adoption partielle des méthodes PCM et PRA. Etablissement final du DINA. Dans les villages où la participation des femmes est entravée, réunions de groupes de femmes.

2) Education sanitaire

[But] Développement des notions d'hygiène élémentaires liées à l'eau et à la vie quotidienne chez les habitants de la zone concernée parmi lesquels la tendance à l'abandon des installations en panne et le retour à l'alimentation en eau aux rivières et aux canaux est forte.

[Objectifs à réaliser] Renforcer le sentiment de nécessité des installations sur forage et stimulation pour leur maintenance

[Période et durée] Après la décision des habitants: 2 jours/village

[Ressources humaines]

1) 2 spécialistes de l'éducation sanitaire ONG

[Matériel]

1) Véhicules du MEM et de l'ONG,

2) Matériel pour l'éducation sanitaire (panneaux et affiches explicatives, théâtre d'images, manuels etc.)

[Contenu]

- Connaissances élémentaires sur les maladies d'origine hydrique et leur prévention
- Problèmes de qualité d'eau et méthodes d'amélioration au niveau des habitants
- Instructions pour l'utilisation selon les natures des installations sur forage, des puits et des eaux de surface
- Education sanitaire élémentaire concernant surtout les femmes (méthodes de transport et de stockage de l'eau, gestion sanitaire des environs des installations, instructions pour les habitudes d'hygiène dans la vie quotidienne)

[Méthodes]

Un spécialiste de l'éducation sanitaire, possédant des connaissances dans ce domaine, accompagnera les animateurs dans chaque village et donnera des instructions concernant les règles d'utilisation des sources d'eau et les règles d'hygiène. Pour les problèmes et les méthodes d'amélioration, la méthode par discussion et réflexion des habitants eux-mêmes sur la base du matériel pédagogique sera adoptée, et non la forme du cours. Plusieurs ONG sont actives dans ce domaine de la santé et de l'hygiène centré sur les femmes dans la zone d'étude, la collaboration avec ces organisations et des échanges d'informations seront établies.

3) Mise en place d'un système de maintenance pour le comité du point d'eau

[But] Consolider les fonctions du comité du point d'eau (CPE)

[Objectifs à atteindre] Rendre le CPE capable d'agir de manière autonome

[Période et durée] Après l'accord de tous les participants à la réunion des habitants

1) Election des membres du comité du point d'eau par réunion des habitants: 1 jour/village

2) Formation des membres du CPE: 2 jours/village

[Ressources humaines et matériel] Comme pour Paragraphe 3)

[Contenu]

- Explications concernant la nécessité, le rôle, la composition et les bases de sélection du comité du point d'eau
- Election des membres du CPE par réunion des habitants
- Stage des membres du CPE dirigé par l'animateur
Le stage comprendra: définition du contenu des activités du CPE, division du travail entre les membres et responsabilités, formation à la collecte des frais de maintenance et à la comptabilité du préposé comptabilité, maintenance quotidienne de la pompe et réparation, système d'approvisionnement en pièces, formations concernant l'hygiène, etc. La formation pourra être élargie selon la situation actuelle dans le village.
- Des formations seront surtout données dans les villages où il n'existe encore aucune organisation. Dans ces villages, l'existence de "groupes de fourniture de travail d'entraide, utilisateurs des installations, habitants du village ou non, qui doivent participer de manière inconditionnelle" est possible. L'existence de tels groupes traditionnels pourrait favoriser l'organisation du CPE.

*N.B. Dans les villages de l'enquête, seuls 16 villages ont l'expérience de la prise en charge financière d'un projet de développement, les trois quarts des villages n'ont pas cette expérience. Il y a aussi des communes qui ont débloqué un budget pour le développement de 8 villages (dont 3 villages avec chevauchement de la participation financière des habitants). Comme les habitants n'ont pas l'expérience de la prise en charge financière, ils penseront que leur participation s'effectuera par fourniture de travail ou bien fourniture de matériaux disponibles sur place tels que sable et gravier, et non pas financière. Par conséquent, des explications et discussions seront largement nécessaires pour la prise en charge des frais d'eau et la méthode de collecte.

[Méthode] Comme pour 1. l'élection des membres du comité se fera sur réunion et décision des habitants eux-mêmes avec l'assistance de l'animateur. La formation des membres du CPE sera faite par unité de village par une équipe d'animateur sur la base du programme de formation discuté et défini par le consultant japonais et l'ONG.

Etape de la confirmation de la constitution de la cotisation

Parallèlement aux activités de 1) à 3), il faut vérifier l'état de cotisation à chaque village. Le montant du fonds nécessaire est fixé et il est une des conditions au moment de sélectionner les villages du Projet. La vérification finale de la cotisation et la sélection des villages de la Phase-2 et Phase-3 sera faite au moment de la mission de l'étude détaillée de la Phase-1 et de la Phase-2 . Donc, les activités jusqu'au 3-3 au-dessus étant achevées avant l'arrivée de la mission de l'étude détaillée, le montant total cotisé par les villageois sera vérifié. Voir le Programme d'exécution en annexe pour le détail.

Seulement pour les villages accomplis cette condition, les activités 4) suivants seront exécutées.

4) Formations techniques pendant la période des travaux et à l'installation de la pompe

4-1) Pour villages de pompes manuelles

[But] Participation des habitants aux travaux de leur propre initiative et formations techniques sur les pompes au CPE

[Objectifs à atteindre] Développer le sentiment de propriété de l'installation chez les habitants

[Période et durée] Du commencement des travaux et pendant la période des travaux
Pour les travaux effectués par les 3 équipes de forage (utilisant 3 foreuses), 3 équipes d'animateurs seront créées, qui donneront des directives aux habitants pour l'aménagement des routes d'accès, l'aménagement des environs des sites des forages, la fourniture des matériaux locaux et de la force de travail, la construction d'une clôture après l'installation de la pompe etc.

- 1) Séminaire de formation des réparateurs de pompe dans chaque village: 2 jours/village
- 2) Formations pour le CPE et les habitants du village: 2 jours/village
- 3) Réunion des habitants lors de la pose de pompe (présence à l'installation): 1 jour/village

[Ressources humaines]

- 1) Agences de sensibilisation
- 2) Instructeurs techniques pour la pompe,
- 3) Société de construction

[Equipements]

- 1) Véhicules du MEM et de l'ONG
- 2) Equipement informatique
- 3) Manuels techniques pour les séminaires
- 4) Kit de pièces de rechange
- 5) Caisse à outils de réparation

[Contenu]

- Suivi de la participation des habitants pendant la période des travaux
- Formation de réparateurs de pompe dans le village (la formation par un agent technique du fabricant de pompe est faite à chaque village ou par groupe divisé en zones : montage, démontage, maintenance, pièces de rechange, réparation)
- Explication technique de la pompe au CPE: maintenance quotidienne, réparations simples, système d'approvisionnement en pièces
- Présence à l'installation de la pompe: Explication par les techniciens du fabricant concernant la méthode d'utilisation, la maintenance quotidienne en présence des habitants, du CPE, des réparateurs et des animateurs, le couvercle du trou et les outils de réparation de la pompe seront remis aux membres du CPE.
- Instructions pour la construction de la clôture

4-2) Pour villages de l'installation d'adduction d'eau

[But] Participation des habitants aux travaux de leur propre initiative et formations techniques sur le manœuvre de l'installation hydraulique au CPE

[Objectifs à atteindre] Développer le sentiment de propriété de l'installation chez les habitants

[Période et durée] Du commencement des travaux et pendant la période des travaux 3 équipes d'animateurs de 4-1) seront travaillées parallèlement, qui donneront des directives aux habitants pour l'aménagement des routes d'accès, l'aménagement des environs des sites des forages, la fourniture des matériaux locaux et de la force de travail, la construction d'une clôture après l'installation de la pompe etc.

1) Séminaire de formation sur le manœuvre de l'installation : 2 jours/atelier

2) Formations pour le CPE et les habitants du village: 2 jours/village

[Ressources humaines]

1)Agences de sensibilisation

2)Instructeurs techniques pour la pompe

3)Société de construction

[Equipements]

1) Véhicules du MEM et de l'ONG

2) Equipement informatique

3) Manuels techniques pour les séminaires

4) Kit de pièces de rechange

5) Caisse à outils de réparation

[Contenu]

- Suivi de la participation des habitants pendant la période des travaux

- Formation d'un manœuvrier dans le village (la formation par entreprise est faite à chaque village ou par groupe divisé en zones : montage, démontage, maintenance, pièces de rechange, réparation)

- Explication technique de la pompe au CPE: maintenance quotidienne, réparations simples, système d'approvisionnement en pièces

- Présence à l'installation de la pompe: Explication par les techniciens du fabricant concernant la méthode d'utilisation, la maintenance quotidienne en présence des habitants, du CPE, des réparateurs et des animateurs, le couvercle du trou et les outils de réparation de la pompe seront remis aux membres du CPE.

5) Instructions après la réception des installations et activités de suivi

[But] Après l'entrée en service de l'installation, des instructions additionnelles, des corrections d'orientation, l'introduction d'activités de production dérivées seront promues pour l'utilisation et la maintenance correcte par les habitants.

[Objectifs à atteindre] Développer les capacités de résoudre les problèmes concernant l'exploitation et la maintenance au sein du village et confirmation du bon fonctionnement de l'installation

[Période et durée] Pendant 1 an après la livraison de l'installation

* Visites périodiques: deux fois par mois. Et sur demande des villageois.

[Ressources humaines] Equipe d'animateurs. L'ONG dirigera l'ensemble sous la supervision du consultant japonais.

[Equipements] Véhicules du MEM et de l'ONG, équipement informatique

[Contenu]

- Instructions pour l'exécution des canaux d'évacuation d'eau par les habitants
- (Instructions pour la construction du lavoir par les habitants)
- Contrôle de la pompe, du volume d'eau, de la qualité de l'eau, de l'état d'hygiène de la pompe, etc.
- Etude du volume d'eau pompé par les habitants et des objectifs d'utilisation
- Etude du système de maintenance, en particulier d'état de paiement des frais d'eau
- Réseau de vente de pièces de rechange, état d'utilisation
- En cas de déviation par rapport au plan initial, mise au clair des raisons et solution
- Etude de l'impact (modification des conditions de vie et des professions par l'alimentation en eau salubre)

[Méthode] Visites sur place des animateurs,. Interview du CPE et contrôle documentaire. Interview des habitants. Résumé du PCM. Décision finale par réunion des habitants pour le système de maintenance modifié d'après le monitoring.

* Les critères de monitoring sont déjà définis à l'étape de l'établissement du PDM, et de nouveaux indices pourraient être introduits en fonction de la situation sur place. Dans ce cas, l'étude des villages de cette fois-ci (étude du concept de base) et les résultats de l'enquête auprès des foyers serviront de données de ligne de base.

6) Instructions pour l'éducation sanitaire (activités de suivi)

[But] Elargissement de l'éducation sanitaire des habitants et plan d'augmentation du revenu de l'utilisation de l'eau

[Objectifs à atteindre] Faire comprendre aux habitants l'influence sur la vie quotidienne de l'utilisation d'eau salubre, et renforcer leur motivation pour l'exploitation et la maintenance des installations.

[Période et durée] Pendant un an après la mise en service (parallèlement à 5))

[Ressources humaines] Comme 5) + 2 spécialistes de l'éducation sanitaire ONG

[Equipements] Véhicules du MEM et de l'ONG, motocyclettes pour les activités des animateurs, équipement information, matériel pour l'éducation sanitaire (panneaux et affiches explicatives, théâtre d'images, manuels etc.)

[Contenu]

- Instructions pour l'utilisation non seulement des forages, mais aussi des autres sources d'eau telles que puits, conventionnelles (surtout si le débit du forage est insuffisant) du point de vue de la qualité de l'eau
- Education sanitaire élémentaire des habitants (surtout des femmes) (méthodes de transport et de stockage de l'eau, gestion sanitaire des environs des installations, instructions pour les habitudes d'hygiène dans la vie quotidienne)
- Propositions, soutien et échanges de vues avec les habitants sur les activités de développement social dérivées de l'utilisation de l'eau en abondance

[Méthodes]

Des animateurs ayant des connaissances concernant les méthodes d'utilisation des sources d'eau et l'éducation sanitaire organiseront un stage. Plusieurs ONG travaillent dans le domaine de l'éducation sanitaire centrée sur les femmes dans la zone, collaboration avec ces organisations et échanges d'informations. Matériel d'éducation sanitaire (panneaux et affiches explicatives, théâtre d'images, etc.)

Discussion centrée sur les habitants par méthode PRA concernant le développement social dû à l'utilisation de l'eau. En vue d'un développement quelconque sur cette base (volonté des habitants et confirmation de la prise en charge), présentation des systèmes d'aide tels que dons de base, organisations internationales, ONG etc.

7) Evaluation par monitoring un an après la livraison (pour villages pompe manuelle et villages adduction d'eau)

[But] Saisie de l'état d'utilisation de l'installation hydraulique, évaluation sur la base des rubriques d'évaluation PDM, extraction des problèmes, éléments insuffisants etc.

[Objectifs à atteindre] Etablissement d'un système de maintenances durable

[Période et durée] Un an après la mise en service de l'installation (moment de la livraison définitive)

[Ressources humaines] Consultant japonais, contrepartie, ONG

[Contenu]

- Etude des critères d'évaluation
- Etude des conditions d'utilisation des forages
- Interview des utilisateurs sur les impacts des forages (avantages, problèmes, modifications du mode de vie etc.) et analyse
- Réunion d'évaluation avec les utilisateurs
- Etablissement du PDM(Evaluation), et évaluation sur la base des 5 rubriques d'évaluation: efficacité, degré de réalisation de l'objectif, impact, pertinence, développement autonome
- Avec les habitants bénéficiaires, mise au clair en tant que nouveau DINA de l'orientation à venir pour la maintenance.

[Méthode] Application de la méthode d'évaluation PCM. Interview des membres et enregistrements du CPE concernant la forme de participation des habitants, étude des utilisateurs réels etc.

3-2 Activités de renforcement de la gestion et de la maintenance des équipements de la DEE

- 1) Etude sur le mécanisme administratif, la structure, légale et financière tous ce qui concerne l'Atelier de la DEE
- 2) Organisation du séminaire d'orientation globale pour les agents concernés, y compris les personnages importants du MEM.
- 3) Rédaction du programme d'entraînement technique et du manuel de la maintenance
- 4) Cours d'entraînement technique pour les mécaniciens de la DEE (technologie de la gestion et de la maintenance des équipements et véhicules)
- 5) Inventaire des équipements possédés de la DEE (sous la direction d'un expert japonais la mobilisation des agents suivis le cours d'entraînement)
- 6) Examen du principe d'entretien / abandon des équipements vétustes, Planification sur les mesures à prendre pour ces équipements (discussion avec les responsables du MEM et de la DEE)

3-3 résultats directs (Exemple de résultats prouvant la réalisation des activités)

- 1) Activités pour la maintenance des installations hydrauliques auprès des villageois
 - a. Contrat du village (copie)
 - b. Procès verbal des discussions avec le village
 - c. Rapport d'activités ONG
 - d. Répertoire des dépenses/recettes des villages (carnet de compte)
 - e. Rapport d'évaluation finale d'un an après la livraison des installations
- 2) Activités de renforcement de la gestion et de la maintenance des équipements de la DEE
 - a. Rapport des activités
 - b. Grand-livre des équipements
 - c. Enregistrement du séminaire et cours d'entraînement

4. Plan d'introduction de ressources détaillé

Détails du plan sont indiqués dans Annexe 1 et Annexe 2.

Conditions requises prévues sur le personnel :

- (1) Activités pour la maintenance des installations hydrauliques auprès des villageois
 - 1) Un agent japonais (agent du plan de maintenance) assurera la progression de l'ensemble des activités de sensibilisation des habitants et la supervision des activités des ONG, et sera responsable des rapports, contacts et discussions etc. avec les différents organismes japonais concernés. Il devra avoir de l'expérience dans le domaine du développement social.
 - 2) Pour l'organisme d'exécution, un homologue (personnel de la maintenance) de la Délégation régionale de Morondava, recevra les rapports d'activités des ONG et supervisera l'ensemble des activités de sensibilisation.
 - 3) Les animateurs qui assureront les activités de sensibilisation par visite dans tous les villages, seront recrutés et formés par l'ONG, et devront être approuvés par l'organisme d'exécution et le consultant en tant que ressource humaine adaptée expérimentée dans ces activités. Trois équipes seront formées à raison de 3 agents de sensibilisation ONG/équipe, pour les activités de sensibilisation. Les agents techniques du fabricant de pompes et les spécialistes de l'éducation sanitaire participeront aussi selon l'étape des activités.
- (2) Activités de renforcement de la gestion et de la maintenance des équipements de la DEE
 - 1) Un agent japonais (agent du plan de maintenance des équipements) assurera la formation technique de 4 mois pour l'atelier de la DEE avant la livraison des équipements fournis dans le cadre du présent Projet. L'agent devra être un ingénieur capable de vérifier l'état des équipements et d'organiser le programme d'entraînement technique.
 - 2) Pour l'organisme d'exécution, le personnel de l'atelier de la DEE participe en tant qu'homologue, suit la formation technique et exécute l'inventaire des équipements, l'établissement d'un grand-livre des équipements et l'aménagement de l'atelier.

ANNEXE-2 : CHRONOGRAMME DE L'ANIMATION ET DE LA SENSIBILISATION
(TACHES A EXECUTER PAR ANIMATEURS DE L'ONG)

Module	Activités	Moment										
1) Activités pour participation des villageois, confirmation de volonté des villageois (4-5jours/villages)												
avant	Etude préparatoire sur villages Premier contact avec villageois. Etudes globales sur l'état de village. L'objectif de cette étape est d'obtenir la confiance des villageois vis à vis des animateurs.	Au moment de l'étude de concept de base										
Activité	Information motivation auprès des villageois											
1	<table border="1"> <tr> <td>Préliminaire 1</td> <td>Visites protocolaires Présentation du projet auprès des autorités et notabilités locales (Préfet, sous-préfet, maire), demande de collaboration.</td> </tr> <tr> <td>Préliminaire 2</td> <td>Visites protocolaires aux chefs de village et notables de village Présentation du projet et du contenu des activités d'animation, demande de la collaboration. Fixer la date de la réunion générale d'information.</td> </tr> <tr> <td>Réunion 1</td> <td>Introduction du Projet Explication du projet en détail. Conditions demandées aux villageois (formation du CPE, fonds, coût de l'eau, accord au système de la maintenance), Réduction de la lettre de demande et procès-verbal.</td> </tr> <tr> <td>Réunion 2</td> <td>Réunion en assemblée générale de la population pour décision Présentation de la lettre de demande et procès-verbal et signature par tous les villageois. En cas de décision négative, préparation d'une lettre de refus. Procès-verbal: villageois doivent s'engager à : (décision autonome) *accord à la charge de frais de la maintenance *mettre en place d'une caisse villageoise d'un montant fixe *accorder les aides, matériaux pendant les travaux *mettre en place d'un CPE et accorde au système de la maintenance *introduire activités génératrices de revenus</td> </tr> <tr> <td>réserve</td> <td>Réunion de réserve (En cas d'avancement sans problème, elle est inutile.)</td> </tr> </table>	Préliminaire 1	Visites protocolaires Présentation du projet auprès des autorités et notabilités locales (Préfet, sous-préfet, maire), demande de collaboration.	Préliminaire 2	Visites protocolaires aux chefs de village et notables de village Présentation du projet et du contenu des activités d'animation, demande de la collaboration. Fixer la date de la réunion générale d'information.	Réunion 1	Introduction du Projet Explication du projet en détail. Conditions demandées aux villageois (formation du CPE, fonds, coût de l'eau, accord au système de la maintenance), Réduction de la lettre de demande et procès-verbal.	Réunion 2	Réunion en assemblée générale de la population pour décision Présentation de la lettre de demande et procès-verbal et signature par tous les villageois. En cas de décision négative, préparation d'une lettre de refus. Procès-verbal: villageois doivent s'engager à : (décision autonome) *accord à la charge de frais de la maintenance *mettre en place d'une caisse villageoise d'un montant fixe *accorder les aides, matériaux pendant les travaux *mettre en place d'un CPE et accorde au système de la maintenance *introduire activités génératrices de revenus	réserve	Réunion de réserve (En cas d'avancement sans problème, elle est inutile.)	
Préliminaire 1	Visites protocolaires Présentation du projet auprès des autorités et notabilités locales (Préfet, sous-préfet, maire), demande de collaboration.											
Préliminaire 2	Visites protocolaires aux chefs de village et notables de village Présentation du projet et du contenu des activités d'animation, demande de la collaboration. Fixer la date de la réunion générale d'information.											
Réunion 1	Introduction du Projet Explication du projet en détail. Conditions demandées aux villageois (formation du CPE, fonds, coût de l'eau, accord au système de la maintenance), Réduction de la lettre de demande et procès-verbal.											
Réunion 2	Réunion en assemblée générale de la population pour décision Présentation de la lettre de demande et procès-verbal et signature par tous les villageois. En cas de décision négative, préparation d'une lettre de refus. Procès-verbal: villageois doivent s'engager à : (décision autonome) *accord à la charge de frais de la maintenance *mettre en place d'une caisse villageoise d'un montant fixe *accorder les aides, matériaux pendant les travaux *mettre en place d'un CPE et accorde au système de la maintenance *introduire activités génératrices de revenus											
réserve	Réunion de réserve (En cas d'avancement sans problème, elle est inutile.)											
2) Education sanitaire (pour motiver les villageois)												
activité 2	Directives pour éducation sanitaire (2jours/villages)											
	réunion 3 Par expert de éducation sanitaire, le programme d'éducation sanitaire est exécuté du façon discussion (maladies d'origine hydraulique et leur prévention, méthode de transport et stockage d'eau, gestion sanitaire des environs des installations, instructions pour les habitudes d'hygiène dans la vie quotidienne) en utilisant les matériaux d'éducation sanitaire.											
3) Mise en place du Comité du point d'eau (CPE)												
activité 3	Election des membres du Comité du point d'eau (CPE) (1jour/village)											
	Réunion 4 *Explication par animateur sur la nécessité, rôle, composition méthode d'élection d'un CPE. Sélection des membres du CPE. Réduction de procès-verbal, signature par tous les villageois (hommes et femmes)											

	Formation des membres du CPE (2jours/village)		
	Réunion 5	Formation des membres du CPE *participation communautaire aux travaux, tenue et utilisation de la caisse villageoise, entretien quotidienne des installations et la réparation, rôles et devoirs de chaque un des membres, hygiène autour de point d'eau, directives sanitaires, paiement de coût d'eau, système de commercialisation des pièces de rechange, etc.	
(activité 4)	Assurer la capacité des villageois à tenir leur engagement (1 jour)		
	visite	Faire une visite éventuelle auprès de villages qui fonctionnent bien la gestion et la maintenance par les villageois (organiser par l'ONG et les représentants et membres de CPE participant). Faire comprendre concrètement les devoirs d'une communauté villageoise aux différentes étapes.	
Activité 4	Confirmation de la constitution d'un fonds de village Parallèlement aux activités de 3-1 à 3-3, il faut vérifier l'état de cotisation à chaque village. Le montant du fonds nécessaire est fixé et selon le résultat de cotisation, la sélection des villages du Projet est faite. Le montant de référence de cotisation par ménage est : ①pompe manuelle : 4,500FMG/ménage ②installation d'adduction d'eau : 5,000FMG/ménage		Au moment d'étude détaillée De Ph-2, Ph-3
4)	Pendant la période des travaux et à l'installation de la pompe (environs 8jours/village)		Démarrage des travaux
activité 5	Suivi de la participation des habitants pendant la période des travaux		Pendant les travaux
	formation	Participation communautaire aux travaux, aménagement de voie d'accès aux environs des points d'eau, fourniture des matériaux locaux si nécessaires, etc.	
activité 6	Formation de réparateurs de pompe dans le village/opérateur de motopompe et de l'installation d'adduction d'eau		Pendant les travaux
	formation	Sites de Pompe manuelle : Montage et démontage de pompe, installation de pompe, installation de tuyaux de drainage pour évacuation autour de point d'eau, aménagement de la clôture Sites d'adduction d'eau : formation sur le manœuvre, l'opération, la maintenance, la réparation faite par entreprise.	
Activité 7	Formation technique aux membres du CPE		Pendant les travaux
	formation	Formation sur les techniques essentielles aux membres du CPE par animateur et réparateur de pompes. (maintenance quotidienne, réparation légère, système de fourniture des pièces d'échange)	
Activité 8	Pose de pompe/Installation des bornes fontaines		Au moment de pose de pompe
	réunion9	En présence de la population, l'explication sur utilisation et maintenance sera faite par technicien du fabricant. Les clés de couvercle de pompe, un lot des pièces d'échange et une caisse d'outils de réparation seront délivrés aux CPE.	
Activité 9	Aménagement de la clôture		Juste après la pose de pompe
		Directives aux villageois sur l'aménagement de la clôture de pompe (pour sites de PM)	

5) Suivi pendant une année après la pose de pompe (2 fois /village/mois)		Après la livraison
Activité 10	<p>Animateurs fait le tour de village environ 2 fois par mois sur les thèmes suivants.</p> <p>a) Suivi sur l'état de pompe</p> <p>b) Contrôle technique des forages (niveau d'eau, qualité d'eau)</p> <p>c) Utilisation de l'eau par villageois (quantité, catégorie des utilisateurs, etc.)</p> <p>d) Suivi d'encadrement des CPE (vérifier le cahier de comptabilité et les fiches de réparation, etc.)</p> <p>e) Suivi de la participation communautaire (fonctionnement de la caisse villageoise, nombre des ménages bénéficiaires, participation aux autres activités communautaires, etc.)</p> <p>f) Soutien aux activités autonomes de village pour développement (potager, centre de santé, etc.)</p> <p>g) Evaluation d'impact (aménagement de douche, canal d'évacuation, taux de maladie d'origine hydraulique, requête pour projet d'installation supplémentaire, etc.)</p>	
6) Education sanitaire (suivi) (1fois/village/mois)		Après la livraison
Activité 11	Expert d'éducation sanitaire exécute parallèlement aux activités de 5) Suivi pendant une année après la pose de pompe. Directives sur l'hygiène (méthode de transport et stockage d'eau, gestion sanitaire des environs des installations, instructions pour les habitudes d'hygiène dans la vie quotidienne, etc.)	
7) Sélection et formation des artisans-réparateurs et aménagement de réseau de pièces d'échange (activité de réserve: en cas de non emploi du système des artisans-réparateurs, il est inutile)		
	Sélection des mécaniciens locaux et commerçants locaux en considérant la zone des villages, former les artisans-réparateurs et commerçants de pièces d'échange.	
1	Etude et Sélection des mécaniciens locaux et commerçants locaux avec consultation des membres du CPE.	
2	Séminaire aux artisans-réparateurs. Assistance à la pose de pompe aux villages	
3	Pendant la période de suivi d'un an, artisans-réparateurs visitent les villages avec et sous la direction de l'ONG.	
8) Réception définitive d'un an après		

ANNEXE 7 LISTES DE DOCUMENTS RECUEILLIS

Nom de Documents	An	Publication
PROGRAMME D'INVESTISSEMENT PUBLIC 1999-2001 TRANCHE 1999 VERSION PAR BAILLEUR	1999	Ministère des Finances et de l'Economie, Direction Générale de l'Economie et du Plan, Direction des Investissements Publics
ANALYSE DE LA SITUATION DU SECTEUR DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT	1999	PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT(PNUD) Programme National de Lutte Contre la Pauvreté
DOCUMENT CADRE DE POLITIQUE ECONOMIQUE 1999-2001	1999	Secrétariat Technique de l'Ajustement
REPUBLIQUE DE MADAGASCAR RAPPORT DE STRATEGIE PAR PAYS(1995-1997)	1997	BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT, FONDS AFRICAIN DE DEVELOPPEMENT, DEPARTEMENT PAR PAYS REGION EST
STRATEGIE NATIONALE DE LUTTE CONTRE LA PAUVRETE 2000-2015	2000	MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES
STRATEGIE NATIONALE DE LUTTE CONTRE LA PAUVRETE : contribution du secteur eau et assainissement		MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES
RECENSEMENT GENERAL DE LA POPULATION ET DE L'HABITAT, Volume 2 RAPPORT D'ANALYSE, Tome , Etat de la Population	1997	Ministère des Finances et de l'Economie, Direction Générale de l'Institut National de la Statistique, Direction de la Démographie et des Statistiques Sociales
RECENSEMENT GENERAL DE LA POPULATION ET DE L'HABITAT, Volume 2 RAPPORT D'ANALYSE, Tome , PROJECTIONS ET PRESPECTIVES DEMOGRAPHIQUES	1997	Idem
JIRO SY RANO MARAGASY, RAPPORT ANNUEL 1997	1996	JIRO SY RANO MALAGASY(JIRAMA)
PLAN CADRE D'OPERATION POUR LE PROGRAMME DE COOPERATION 1996-2000	1995	Gouvernement de Madagascar
ENQUETE DEMOGRAPHIQUE ET DE LA SANTE 1997	1997	Institut National de la Statistique, Direction de la Démographie et des Statistiques Sociales
Données de la Météorologie de zone du Projet	2000	Ministère des Transportes et de la Météorologie
Carte Géologique (Tulear / Morondava) 1:500000	1990	Institut National de Géodésie et Cartographies