

**Rapport des études de base sur le
projet de la mise en valeur des eaux
souterraines de la république du
Mali**

JICA LIBRARY



1079546(6)

20469

Septembre 1979



**Agence Japonaise de la Coopération Internationale
(JICA)**



Table des matière

Préface	1
1. Objets des études	2
2. Tâches principales des études de base	3
3. Composition de la mission d'études et ses travaux au Mali	4
Tableaux 3-1 et 3-2	
4. Liste des équipements et matériels destinés aux missions d'études	4
5. Calendrier de la mission et détail de ses travaux	8
Tableaux 5-1 et 5-2	
6. Essentiel des résultats de mission	11
6-1 Etudes préliminaires sur la construction des bases	11
6-2 Etat des puits existants, forme d'utilisation d'eau	11
Tableaux 6-2-1 et 6-2-2	
6-3 Sélection des points de la mise en valeur des eaux souterraines	12
Tableau 6-3	
6-4 Etudes sur les eaux souterraines par prospection électrique	16
Tableaux 6-2-4, 6-2-6, 6-2-7, 6-2-8 et 6-2-9	
6-5 Etudes sur les méthodes de forage et les équipements et matériels nécessaires	18
6-6 Collecte des documents nécessaires à l'exécution des études principales	19
7. Elaboration du programme d'exécution des études principales	19
8. Coopération entre le personnel intéressé malien et la mission	20

Préface

Le présent rapport est une synthèse sur les résultats qu'a obtenus la mission de base détaché, conformément à l'accord portant sur les études de la mise en valeur des eaux souterraines dans la 7^{ème} région économique de la République du Mali.

Cette mission d'études de base avait comme objectif de collecter les documents nécessaires à l'élaboration du programme d'exécution des études principales qui s'effectuera par la suite et nous considérons que l'objectif ainsi assigné a été atteint.

A cette occasion nous voudrions exprimer notre gratitude pour la collaboration considérable que n'ont pas épargnée le gouvernement de la République de Mali, l'Ambassade de Japon au Sénégal, l'Ambassade de Japon en France ainsi qu'autres organismes compétents.

Septembre 1979

Agence Japonaise de Coopération Internationale (J.I.C.A.)

1. Objets d'études

Les objets de l'exécution des études de base dernièrement effectuées dans le cadre du programme de mise en valeur des eaux souterraines dans la septième région économique de la République du Mali figurent dans les schémas et objectifs des études (Scope of Work) sur lesquels les deux parties se sont mises en accord lors de la mission japonaise de "Scope of Work" en Octobre 1978.

Les objectifs de notre coopération consistent à étudier la mise en valeur des eaux souterraines afin d'aménager l'eau potable et les lieux de pâturage pour la population de la région de Gao. Les zones d'action des études couvrent les cercles de Gao, d'Ansongo et de Kidal. La portée de ces études se définit par les deux étapes successives: la première est les études de base et la deuxième les études principales.

Le tableau qui montre les objets de ces deux études définis par le Scope of Work est le suivant:

ETUDES DE BASE	ETUDES PRINCIPALES
Durée: 1-2 mois en 1979	Durée: environ 10 mois 1979-1980
Objets des études	Objets des études
<ul style="list-style-type: none">a. Etude préliminaire pour la construction de la base.b. étude sur l'état des puits existants.c. Sélection des lieux de la mise en valeur des eaux souterraines.d. Etude des eaux souterraines par prospection électrique.e. Etude sur les méthodes de forage.f. Etude sur les matériels nécessaires à la mise en valeur des eaux souterraines.g. Etudes sur les formes d'utilisation des eaux et le planning.h. Collecte des documents nécessaires à l'exécution des études principales.	<ul style="list-style-type: none">a. Construction de la base principale et des bases antennes de Kidal et d'Ansongo.b,g. Etude de l'amélioration des puits peu profonds et établissement d'au moins deux systèmes pilotes.c,d. Etude et sélection des points de forage et d'amélioration d'amélioratin des puitse,f. Exécution de forages de reconnaissance, transformation des forages positifs en forages d'exploitation (dont deux au moins seront équipés de pompe)i. Etude des méthodes appropriées de mise en valeur de l'eau souterrainej. Etude des systèmes les plus adéquats à pompage et à distribution d'eau.

2. Tâches principales des études de base

Les objets des études de base sont déjà définis ci-dessus. Mais si l'on précise leurs tâches principales, il s'agit d'élaborer un programme concret d'action des études principales afin que ces dernières soient menées dans un planning adéquat et par des méthodes efficaces. Or les objectifs des études principales seront tout d'abord de jeter une base pour le futur programme de la mise en valeur des eaux souterraines dans la septième région économique en procédant :

- d'abord, aux forages sur les lieux appropriés,
- ensuite, au transfert des techniques de forage, de prospection électrique, de gestion et d'entretien de l'équipement,
- et enfin, à l'aménagement initial de la construction des bases.

Pour ce faire, lors de l'exécution des études et de l'analyse des résultats obtenus, les travaux ont été menés principalement sous le double angle suivant :

- les propositions soient suffisamment réelles pour pouvoir s'adapter durablement aux conditions locales, compte tenu des données naturelles, sociales, économiques, historique de la région en considération et de l'état actuel,
- il faut saisir autant que possible les idées, concepts et intention que l'Hydrolique possède sur la perspective globale et à long terme et le éventuel programme concret d'action qu'elle envisage.

3. Composition de la mission d'études et contenu des travaux au Mali

3-1 Liste des membres de la mission d'études et répartition des tâches

voir le tableau 3-1

3-2 Contenu des travaux au Mali

voir le tableau 3-2

4. Equipements et matériaux principaux pour les études

Le tableau 4-1 montre les articles principaux dont le magasinage est confié à la partie malienne et qui ont été utilisés pour les études de base et seront réutilisés pour les études principales.

Tableau 3-1 Liste des membres de la mission

No	Nom et prénom	Spécialités	Nature de recherche	Tâches au sein de la mission	Période
1	SEKIGUCHI Mamoru	Technologie de développement des ressources	Direction	Direction	Du 27 janvier 1979 (Japon) au 9 mars 1979 (Japon)
2	KUROSAKI Mikio	Géologie Technologie de forage	Forage, Techniques d'utilisation de machines	Construction de la base	Idem
3	MURAKAMI Itaru	Géologie Technologie de forage	Forage, Techniques d'utilisation de machines	Construction de la base Contrôle des véhicules	Idem
4	YOSHIMURA Akihiro	Technologie de forage Technologie de mécanique	Equipement d'alimentation d'eau	Construction de la base Installation du système de communication	Idem
5	TAKAGI Motoharu	Géophysique	Prospection électrique	Gestion de carburant Comptabilité	Idem
6	TAKAHASHI Naoyoshi	Géophysique	Idem	Gestion de matériel et de provisions Comptabilité	Idem
7	KATSUMATA Makoto	Sciences économiques	Traduction	Relations extérieures	Idem
8	MURASHITA Toshio	Géohydraulique	Géohydraulique	Contrôle des travaux	Idem
9	NISHIYA Takanori	Génie civile	Hydraulique	Idem	Idem
10	ODA Hideaki	Génie civile	Hydraulique	Idem	Du 12 janvier au 21 février (séjour à Gao)
11	SATO Tadashi	Génie civile	Affaires générales	Coordination des activités	Du 27 janvier 1979 au

Tableau 3-2 Travaux effectués au Mali

No	Travaux effectués	Objectifs ou nature des études
1	Transport, mise au point, enlèvement et magasinage des équipements et matériels destinés aux études.	Préparation de la construction de la base et de l'équipement destiné aux études.
3	Approvisionnement en carburant et en eau Embauche et management du personnel local et payement	Etudes sur les activités de recherche, l'aménagement des conditions de la vie, la vie menée en période de recherche, tout ce qui est nécessaire à l'exécution de la mission
4	Contrôle et entretien des matériels prêtés (excepté les véhicules)	Etablissement du système de contrôle humain et institutionnel de la partie malienne
5	Mise en exécution de la prospection électrique	Tests de la capacité de détection et d'efficacité pour la détection des eaux souterraines par prospection électrique
6	Etude sur les puits existants	Etudes sur la spécification, l'état, l'utilisation, la capacité réelle, les formes d'utilisation d'eau, le planning des puits existants
7	Prospection sur place dans les zones prévues pour le forage des puits	Sélection des zones de la mise en valeur des eaux souterraines et études sur la méthodologie et les moyens nécessaires pour l'exécution des missions
8	Prospections à Kidal et à Ansongo	Etudes sur les matériels de recherche pour la mise en valeur des eaux souterraines et collecte et analyses des documents nécessaires
9	Visites aux chantiers de forage effectués par d'autres équipes étrangères	

Tableau 4-1 Liste des matériels et équipements principaux destinés aux missions d'étude

Article	Nbre	Spécification	Lieu de dépôt
Nissan Patrouille (Break)	3	équipé d'émetteur-récepteur	2 Sonarem 1 Hydraulique
Nissan Patrouille (Camionnette)	3	item	2 Sonarem 1 Hydraulique
Motocyclette	2	Yamaha Mate 2	garage de l'Hydraulique
Génératrice	2	15 kVa, 200 V, 100 V, huile légère, Denyo DCA 15S	A coté de la maison préfabriquée
Maison préfabriquée	2	34 m ² , Nippon Sharyo KD House, équipée de 2 climatiseurs pour chaque	une déjà montée et l'autre non montée
Poste d'émetteur-récepteur à ondes courtes	3	Anritsu SS15A, puissance 30 W, fréquence 3367, 5034, 11986 MHz	2 Hydraulique 1 Bamako
Appareil de filtrage	2	Orugano appareil de filtre d'urgence	magasin de l'hydraulique
Matériel de prospection électrique	2	Fabrication de YOKOHAMA SENSHI KENKYUJO	item
Petite génératrice portable	2	HONDA E 300, essence	item
Emetteur-récepteur portable	6	SONY 2CB-350, puissance 500 mW	item
Tente	7	pour 2 ou 3 personnes, forme de cône	maison préfabriquée
Lit pliable	10	pliable en 3 parties	item
Couverture	22	Pure laine	item
Parasol de plage	6		item
Machine à écrire	1		item
Divers		non mentionnés	

5. Calendrier de la mission d'études et détail de ses travaux

No	Date	Sem.	Départ	Arrivée	Objets d'études	Détail des travaux
1	27 jan	S	Tokyo	Paris	Déplacement	
2	28	D	Paris	Dakar	Déplacement	
3	29	L		Dakar	Réunion avec l'Ambassade	Coordination avec l'Ambassade de Japon au Sénégal
4	30	Ma		Dakar	Démarches pour l'entrée au Mali	Obtention du visa d'entrée
5	31	Me	Dakar	Bamako	Déplacement	
6	1 ^{er} fév	J		Bamako	Réunions avec l'Hydraulique	Réunions sur le programme d'études avec l'Hydraulique
7	2	V		Bamako	Visite de l'équipe étranger Transport des matériaux	Visite de l'équipe suisse à Bougoumi
8	3	S		Bamako	Réunions avec l'Hydraulique Transport des matériaux	Coordination sur le programme d'études Approvisionnement local en matériaux pour Gao
9	4	D		Bamako	Etude du Programme	Réunions internes
10	5	L	(Détachement principal)	Bamako	Collecte des informations	Procédures auprès des autorités compétentes. Collecte des informations auprès des administrations et des compagnies
			(Premier détachement) Bamako	Gao	Déplacement	Embauche de la main d'œuvre locale
11	6	Ma	(Détachement principal)	Bamako	Réunions avec l'Hydraulique	Réunions avec l'Hydraulique sur le programme d'études
			(Premier détachement)	Gao	Réception des matériaux	Transport, déballage, révision des véhicules
12	7	Me	(Détachement principal) Bamako	Gao	Déplacement	
			(Premier détachement)	Idem	Construction de la base	Montage de la maison préfabriquée et aménagement de la base

13	8	J		Idem	Idem	Idem
14	9	V		Idem	Idem	Idem
15	10	S		Idem	Idem	Aménagement de la base, mise au point de l'équipement de la prospection électrique
16	11	D		Idem	Idem	Tests de l'équipement de la prospection électrique
17	12	L		Idem	Préparation de l'expédition	
18	13	Ma		Idem	Etudes sur le terrain	Prospection électrique, études sur les puits existants, études sur les sites prévus pour le forage
19	14	Me		Idem	Idem	Etudes sur le terrain
20	15	J		Idem	Idem	Argabéche, Tin-Aoukért, In-Fardan, Djébock
21	16	V	Gao	Ansongo	Idem	Hamakouladji, Takalafat, Gorgouna
22	17	S	Ansongo	Gao	Idem	Visite du chantier de UNDP, Tagaragabout, In-Dilimane
23	18	D		Idem	Idem	Préparation de l'expédition de Kidar
24	19	L	Gao	Kidar	Déplacement	Environ 400 Km, Convoi de 7 véhicules y compris un camion de 5 tonnes chargé de carburant
25	20	Ma		Idem	Etudes sur le terrain	Irrakadene
26	21	Me		Idem	Idem	Tagarat, In-Tedenir, Essouk
27	22	Je		Idem	Idem	Ville de Kidar
28	23	V	Kidar	Gao	Déplacement	Anefis, Tabankort
29	24	S		Idem	Fermeture provisoire de la base, Dépôt, Magasinage, Vérification de l'inventaire	
30	26	D		Idem	Idem	Idem
31	26	L		Idem	Idem	Demande de la conservation des matériaux et équipements à l'Hydraulique de Gao

32	27	Ma	Gao	Bamako	Déplacement	Entretien sur le calendrier avec l'Hydraulique
33	28	Me		Idem	Mise en ordre des informations	Réunions internes
34	1 ^{er} mar	Je	Bamako	Ségou	Visite aux chantiers exécutés par les équipes étrangères	Pompe solaire à Koni, Barrage de Makana
35	2	V	Ségou	Bamako	Idem	Forage à Niono
36	3	S		Bamako	Collecte des informations	Visites : Ministère du plan, Bureau statistique, etc...
37	4	D		Bamako	Etudes sur terrain	Etudes de la route de Koulikoro et transport fluvial
38	5	L		Idem	Réunions avec l'Hydraulique	Discussions sur les résultats acquis et le programme des études principales
39	6	Ma	Bamako	Dakar	Déplacement	Rapport auprès l'Ambassade de Japon au Sénégal et réunions internes
40	7	Me	Dakar	Paris	Idem	
41	8	J	Paris	—		Etudes sur les procédures d'achat des photos aériennes de l'Institut français de la géographie
42	9	V	—	Tokyo		Retour

6. Points principaux des résultats obtenus par les études

6-1 Etudes préliminaires pour la construction des bases

Les conditions essentielles pour la construction des bases se décomposent comme suit: approvisionnement et transport des matériels et provisions, qualité des mains d'œuvre qualifiées et non qualifiées et possibilité de leur embauche. Il sera nécessaire d'envisager l'approvisionnement dans le territoire malien ou l'importation en provenance des pays limitrophes des matériels ordinaires tout en prévoyant un délai suffisant de livraison. Cependant il conviendra de faire venir de Japon les matériels spéciaux ou une partie de matériels ordinaires notamment lorsqu'il s'agit d'une quantité minime.

En ce qui concerne les matériels qui s'approvisionnent localement, les discussions s'effectueront suffisamment au préalable et leur approvisionnement dépendra de l'intervention de l'Hydraulique.

Lors de la mission d'études de base, une maison préfabriquée a été construite sur le terrain de l'Hydraulique de Gao, et la génératrice et les climatiseurs ont été testés. (15kva) De façon générale, les mains d'œuvre maliennes étant sérieuses et coopératives, il n'y aura pas de problèmes en matière de la main d'œuvre de cette catégorie. Mais en ce qui concerne la formation des opérateurs de la grue, les chauffeurs de remorqueur ou les opérateurs de forage, beaucoup d'éléments restent inconnus.

6-2 Etudes sur l'état des puits existants et les formes et plan d'utilisation d'eau

En ce qui concerne les 20 puits existants qui se répartissent sur les 17 lieux dans les cercles de Gao, d'Ansongo et de Kïdar, les études sur place ont été effectuées au sujet de leur état d'utilisation et d'équipement, c'est à dire le type, la spécification, les conditions géologique et environnementales, les formes d'utilisation, la qualité d'eau, la destination de puits etc... Par ces études sur place la réalité de la nature et les formes d'utilisation des puits a été saisie.

Voici les catégories des puits qui sont au nombre de trois:

- 14 puits (diamètre de 0,8—2,0 m), dont la profondeur est de 10 à 65 m.
- 4 forages (diamètre de 150 mm) dont la profondeur est de 100 à 150 m.
- 2 puits-citerne dont la profondeur se situe entre 50 et 70 m.

En ce qui concerne le fonctionnement des puits actuellement utilisés, un sac de cuir ou un seau (20 à 30 l) pendu par la corde qui passe par la poulie puise de l'eau par traction du bétail. D'autres puits équipés de pompe comme celle éolienne ont été en panne et ils n'ont pas donc été utilisés. D'après d'autres documents auxquels nous avons pu avoir accès, 22 puits équipés de pompe qui avaient été installés pendant la période de 1955 à 1968 dans la 7^{ème} région économique, ont été tous hors d'usage en 1977. Etant donné la localisation des puits qui se situe loin des villages, ou, lorsqu'ils se trouvent dans les villages, l'inexistence du système de l'entretien et de la réparation de l'installation, il nous semble qu'en fin de compte, ils ont été abandonnés. Le problème de la gestion des puits est d'autant plus grave que ces puits sont destinés principalement au bétail des nomades et à la population très peu nombreuse. Par conséquent, pour le type et l'équipement du puits à installer, il faut concevoir le plan qui puisse s'adapter à la capacité des eaux souterraines en question, au planning d'utilisation, ou bien aux conditions environnementales. Les résultats de ces études figurent dans les tableaux 6-2-1 et 6-2-2.

6-3 Sélection des points de la mise en valeur des eaux souterraines

Les objectifs de l'utilisation des eaux souterraines se classent suivant la destination de ces eaux : pour la population sédentaire et les nomades. Les puits destinés aux derniers nécessitent leur localisation adéquate tant sur le plan de la dotation en pâturage que sur le plan de la distance de la transhumance.

Il ne sera donc pas convenable de décider la localisation du puits en raison exclusivement de la possibilité de l'existence de l'eau souterraine. La Hydraulique procède tout d'abord aux enquêtes auprès des nomades et des villageois. En se basant sur les résultats ainsi obtenus, le comité local au niveau du cercle les examine et le plan en la matière est proposé au comité régional du cercle économique. A partir des propositions de la localisation de la mise en valeur des eaux souterraines, la Hydraulique fait une synthèse et élabore un plan final. Enfin la décision définitive est prise au sein du comité national consultatif de l'eau composé de responsables en la matière des ministères compétents. Un projet élaboré par la Hydraulique lors de ses études a été présenté. Voici le résumé du projet :

- Forages à effectuer 71 (28 pour les villages, 43 pour nomades)
- Puits à aménager ou à améliorer 42 (17 pour les villages, 25 pour les nomades)

La partie japonaise avait proposé qu'il convienne de sélectionner les sites à débiter dans les

Tableau 6-2-1 Etudes sur l'état des puits existants et les formes d'utilisation d'eau

No du puits	Date d'études	Cercle	Site	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Nature du puits	Année de construction	Diamètre	Etat de service	Lors de la construction			Actuallement			Etat lors de la sécheresse	Affaissement	Observations				
											Profondeur (m)	Niveau d'eau (m)	Debit	Profondeur (m)	Niveau d'eau (m)	Debit			Heures	Température atmosphérique	Température d'eau	PH	Nit ⁺ (mg/l)
1	2/13	GAO	Argabéche	16°36'55"N	0°07'27"E	282	Forage	1958	1) 8"	X	97.70	40.40					un peu						
2	"	"	In-Aoukert	16°49'00"N	0°09'00"E	288	P-C 2)	1982	8"	O	76.00	50.00		54.00	500/min		l'existence de l'eau	8.00	28°C	32°C	7.5	0.5	
3	"	"	In-Ferdan	16°42'00"N	0°07'40"E	270	P-C	1959	8"	O	46.84		500/min	42.47	500/min		l'existence de l'eau	10.00	32.8°C	31.6°C	7.5	1.8	
4	"	"	Hamakouladj	16°37'00"N	0°05'10"W	270	Puits creusé manuellement	1958	1.8m	X				68.00									
5A	2/14	"	Djebock	16°20'00"N	0°18'00"E	280	Puits foré			en construction	51.00												
"B	"	"	"	"	"	"	Forage			X													
"C	"	"	"	"	"	"	"	1958	0"	X	89.16	57.50	2.20/sec										
"D	"	"	"	"	"	"	Puits foré	1952	2m	O	74.00	69.00					l'existence de l'eau	oui	8.15	20.5°C	31°C	7.5	
6	"	"	Taksiefat	16°15'00"N	0°24'00"E		"		2m	O				54.00									
7A	2/15	"	Gergoune	16°56'00"N	0°09'00"E	253	"	1959	2m	X	14.50	12.20	21/h	18.60									
"B	"	"	"	"	"	"	"	1965	1.2m	X				11.00									
8	2/16	ANSONGO	Tin-Tafagat	16°42'00"N	0°42'50"E	260	Reservoir d'eau			O							l'existence de l'eau						
9	"	"	Tongeragahout	16°47'00"N	0°59'00"E	270	Puits foré	1952 1959	1.8m	O	65.80	50.30		50.85			l'existence de l'eau	oui	11.12	29°C		7.5	0.5
10	"	"	(UNDP) well	16°51'00"N	1°21'00"E	308	Forage	1979	8"	O					7m ³ /h								
11	"	"	In-Délimané	16°52'00"N	1°30'00"E	278	Reservoir d'eau			O							l'existence de l'eau						
12A	2/20	KIDAL	Irrakedone	18°10'50"N	1°40'00"E		[puits manuellement creusé]		1.5m	Intenomp	8.00												
"B	"	"	"	"	"		"	1978	1.2m	Intenomp	40.00												
13	2/21	"	Tegararat	18°36'00"N	1°22'50"E	450	Puits manuellement creusé		1.2m	O				6.68	5.75		l'existence de l'eau	oui	7.50	17.0°C	27.5°C	7.0	0.
14	"	"	In-Tedéinit	18°38'50"N	1°22'00"E	432	Puits foré		1.75m	O				17.00	15.75		l'existence de l'eau						
15	"	"	Essouk	18°47'50"N	1°11'50"E		Puits manuellement creusé		1.2m	O				10.20	9.80		l'existence de l'eau						
16	2/22	"	(PNC) well	18°28'00"N	1°23'00"E		"	1978	1.5m	O	9.40			8.42	7.65			oui	8.00	20°C	27.5°C	7.0	0.
17	"	"	Kidal city	18°26'00"N	1°24'50"E		"		0.8m	O				18.25	14.90		l'existence de l'eau						

1) En ce qui concerne le diamètre, le diamètre intérieur est mesuré pour le tubage, le diamètre intérieur du puits pour le puits creusé à la main et le diamètre intérieur du puits pour le P-C.

2) Puits-Citerne

Tableau 6-2-1 Etudes sur l'état des puits existants et les formes d'utilisation d'eau

Nature du puits	Année de construction	Diamètre	Etat de service	Lors de la construction			Actuellement			Etat lors de la sécheresse	Affaissement	Observations						
				Profondeur (m)	Niveau d'eau (m)	Debit	Profondeur (m)	Niveau d'eau (m)	Debit			Heures	Température atmosphérique	Température d'eau	PH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	EC (µS/cm)
Forage	1956	6"	X	97.70	40.40					un peu								
"-C 2)	1982	6"	○	76.00	50.00			54.00	500/min	l'existence de l'eau		6.00	26°C	32°C	7.5	0.8	0.02	1180
"-C	1959	6"	○	46.84		500/min		42.47	500/min	l'existence de l'eau	2.30m	10.00	32.8°C	31.6°C	7.5	1.8	0.1	1080
Puits creusé manuellement	1958	1.8m	X					66.00										
Puits foré			en construction	51.00														
Forage			X															
"	1956	6"	X	89.10	57.60	2.20/sec												
Puits foré	1952	2m	○	74.00	59.00					l'existence de l'eau	oui	8.15	20.5°C	31°C	7.5			1100
"		2m	○					54.00										
"	1959	2m	X	14.50	12.20	2l/h		19.60				7.00	18°C	27°C	7.0	6.0	0.15	500
"	1965	1.2m	X					11.00				8.00	21°C	27°C	7.0	1.0	None	2000
Reservoir d'eau			○							l'existence de l'eau		10.00	26°C	16.5°C	8.8	2.0	None	180
Puits foré	1952 1959	1.8m	○	65.80	50.30			50.85		l'existence de l'eau	oui	11.12	29°C		7.5	0.5	0.02	580
Forage	1979	6"	○						7m ³ /h			14.30	32.5°C	32.5°C	8.0	0.01	None	1120
Reservoir d'eau			○							l'existence de l'eau		15.10	31°C	21°C	7.5	1.0	0.05	130
(puits manuellement creusé)		1.5m	Intenompu	6.00														
"	1978	1.2m	Intenompu	40.00														
Puits manuellement creusé		1.2m	○				6.68	5.75		l'existence de l'eau								
Puits foré		1.75m	○				17.00	15.75		l'existence de l'eau	oui	7.50	17.6°C	27.5°C	7.0	0.5	0.3	540
Puits manuellement creusé		1.2m	○				10.20	9.80		l'existence de l'eau		11.50		29°C	7.5	0.5	0.05	440
"	1978	1.6m	○	9.40			8.42	7.65			oui	8.00	20°C	27.5°C	7.0	0.5	0.02	280
"		0.8m	○				16.25	14.00		l'existence de l'eau		11.40	27°C	29.5°C	7.0	None	0.05	130

age, le diamètre intérieur du puits pour le puits creusé

Tableau 6-2-2 Etudes sur les puits existants et les formes d'utilisation

No du puits	Date	Végétation	Topologie	Village	Tubage et paroi	Prospec-tion électrique	Description
1	13 fév	Buissons rares	Desert		Tubage	1)	Achevé 1956, mais les moyens d'exhaure sont en panne depuis 1965
2	Idem	Nulle dans le rayon des centaines de mètres	Dune	Ecote	Tubage		Citerne: diamètre 2,5 m, profondeur de 75 m, aquifère entre 61 et 72 m
3	Idem		Plate		Tubage		Citerne: diamètre 1,8 m, profondeur 48,68 m (1969), 51 m (1977), pas de plaque sur le puits
4	Idem		Idem	Environ-110 ménages			Captation à partir du Continental Terminal, rive gauche du Niger, reste inutilisé
5A	14 fév	Nulle dans le rayon de 500 m	Idem	Une dizaine de ménages	Paroi cimenté	X	En construction
5B	Idem		Idem	Idem	Tubage	X	Utilisation Pompage par piston pour le puits profond, n'est plus utilisé
5C	Idem		Idem	Idem	Tubage	X	Crépine entre la profondeur de 78,80 à 87,16 m, Pompe à piston eolienne, n'est plus utilisée
5D	Idem		Idem	Idem	Paroi cimenté	X	Captation à partir du Continental Terminal, a eu affaissement, mais nettoyé en 1978
6	Idem	Nulle dans le rayon de 300 m	Idem		Paroi cimenté		Au bout de la canalisation étoilée il y a un abreuvoir (0,4m x 2,0m)
7A	15 fév	Herbes et buissons		420 ménages	Paroi cimenté		Achévé en 1959, 2 ou 3 ans après hors d'usage en raison de la pénétration du sable dans le puits par les vents
7B	Idem	Idem		Idem	Paroi cimenté		Achévé en 1962, 2 ou 3 ans après hors d'usage en raison de la pénétration du sable dans le puits par les vents

8	16 fév					Du juillet aux mois de mars et d'avril il y a de l'eau d'habitude, mais il n'y en avait pas l'an dernier (1978) utilisé aussi pour l'eau potable (1000m × 200m)
9	Idem	Végétation	Plate	Paroi cimenté		Tari après 2 heures de puisage, reproduction après 2 heures et ainsi de suite.
10	Idem	Végétation		Tubage		Pompe émergie, débit actuel 7 m ³ /h (Max: 25 m ³ /h)
11	Idem	Végétation				De l'eau de juin -- juillet (saison de pluie) à octobre -- décembre, et aussi jusqu'à avril en cas de bonnes conditions 500m × 200m
12A	20 fév		Plate		X	Après 6 m de creusement, interruption du creusement en raison de l'apparition du schist. Exécuté par l'ordre de Marabouts
12B	Idem		Idem		X	Après de 40 m de creusement, interruption en raison de l'insuffisance du débit, Entrepris par le notable de Kidar
13	21 fév		Oued			Creusé au milieu de l'oued dont la largeur est d'environ 500 m
14	Idem	Végétation	Idem	Paroi cimenté	X	Creusé jusqu'à la profondeur de 25 m en 1976, mais après 3 ans d'utilisation depuis, 8 m de perte de profondeur, ce qui fait la profondeur actuelle de 17 m
15	Idem		Idem			Creusé au milieu de l'oued à largeur d'environ de 300m
16	22 fév	Végétation	Idem		X	Abandonné par les nomades, réparé après par PNC. (diamètre de 0,5 — 0,6 m) en 1976. Environ d'un mètre d'affaissement par an
17	Idem		Idem		X	Il y a un oued (largeur d'environ 100 m) situé à environ 10 m à partir du puits

Note: La prospection électrique a eu lieu sur d'autres points.

premières phases des travaux de la mission d'études principales parmi les sites suivants :

- Djebock
- Argabech
- Hamacouladji
- Gargouna

La partie malienne nous a promis alors de faire les efforts pour que ces sites soient inscrits dans la liste définitive officielle.

6-4 Etudes sur les eaux souterraines par prospection électrique

La prospection électrique a été effectuée aux alentours des puits existants. Le recours à ce procédé consistait à mettre en évidence l'adaptabilité de la prospection électrique aux recherches des eaux souterraines. Les sites où la prospection électrique a été effectuée sont les suivants :

- | | |
|----------------------|------------------------|
| -- Cercle de Gao | Djebock |
| -- Cercle de Ansongo | Majobo |
| -- Cercle de Kidar | Irakadene, In-Tedéinit |

A partir des résultats ainsi acquis, il appert que la prospection électrique (courbes de résistivité) est la plus apte aux recherches des eaux souterraines dans les zones de Sahel. C'est-à-dire l'analyse par résistivité nous permet de distinguer la ligne de démarcation qui sépare la couche de soubassement avec la nouvelle couche qui la couvre dans les zones de couche de soubassement (Kidar). D'autre part nos analyses nous ont également permis de constater l'existence de la nappe artésienne et la structure de concentration des eaux souterraines dans les zones plates (Gao) où se répartissent les couches épaisses de la sédimentation datant de l'époque relativement ancienne. Nous considérons donc qu'il n'est pas nécessaire d'examiner la possibilité de procéder à la prospection sismique.

Les tests que nous avons effectués dans la mission d'études de base consistant à voir l'adaptabilité de la prospection électrique aux recherches des eaux souterraines dans les zones de Sahel, les éléments suivants de la méthode d'application ont fait l'objet de ces tests :

- Test de résistivité au contact d'électrode
- Test de disposition d'électrodes
- Test des instruments de mesure sur la profondeur de prospection

— Comparaison entre la résistivité et la nature géo-Hydraulique

— Test de prospection verticale

etc...

Pour effectuer avec exactitude la prospection électrique il est nécessaire de mesurer la résistivité avec une grande précision. Il faut donc réduire la résistivité au contact d'électrode. Les résultats des tests effectués dans le cadre de la mission présente nous ont permis, d'une part, de confirmer que plus grande est la profondeur de la prise de terre, plus fortement la résistivité se réduit, d'autre part, ils nous ont permis de constater que seules deux électrodes pourront assurer déjà une précision suffisante en s'implantant d'une profondeur d'environ de 30 cm. La Graphique 6-2-2 montre les résultats ainsi obtenus.

En ce qui concerne la disposition des électrodes, les contraintes naturelles et les mauvaises conditions du travail qui en découlent nous ont conduits à adopter la disposition Schlumberger ayant un nombre restreint de déplacement des électrodes. Ce type de disposition a apparu d'autant plus approprié qu'il possède également l'avantage performant qui puisse mettre en lumière la structure des couches profondes. Les indices de la résistivité apparente qui ont été mesurés sont les suivants:

Cercle de Gao	Max. 989 Ω m Min. 5,71 Ω m
Cercle d'Ansongo	Max. 221 Ω m Min. 14,7 Ω m
Cercle de Kidar	Max. 1129 Ω m Min. 25,2 Ω m

Prenons un cas concret sur les résultats obtenus par nos études sur terrain pour mettre en évidence l'adaptabilité de la prospection électrique:

- a. site situé à 40 m du puits de PNC dans la direction de l'amont de l'oued. (ce puits se situe à 35 km de Kidar vers le nord). (no17) Voir le tableau 6-2-4
- b. site situé à 35 km vers le nord de Kidar, à coté du puits manuellement creusé à In-Tédéni, plus précisément à 100 m de ce puits vers la rive droite (no 16) et à 100 m de ce puits vers la rive gauche (no 15).

Voir le tableau 6-2-6. Le puits se situe à peu près au milieu de la vallée souterraine. La profondeur actuelle de ce puits est de 17 m, mais, d'après les enquêtes recueillies sur terrain, elle était de 25 m lors du creusage d'il y a 3 ans. Il sera permis de penser qu' à ce moment-là, le fonds du puits atteignait les roches de soubassement.

- c. Site près de l'Hydraulique de Gao.

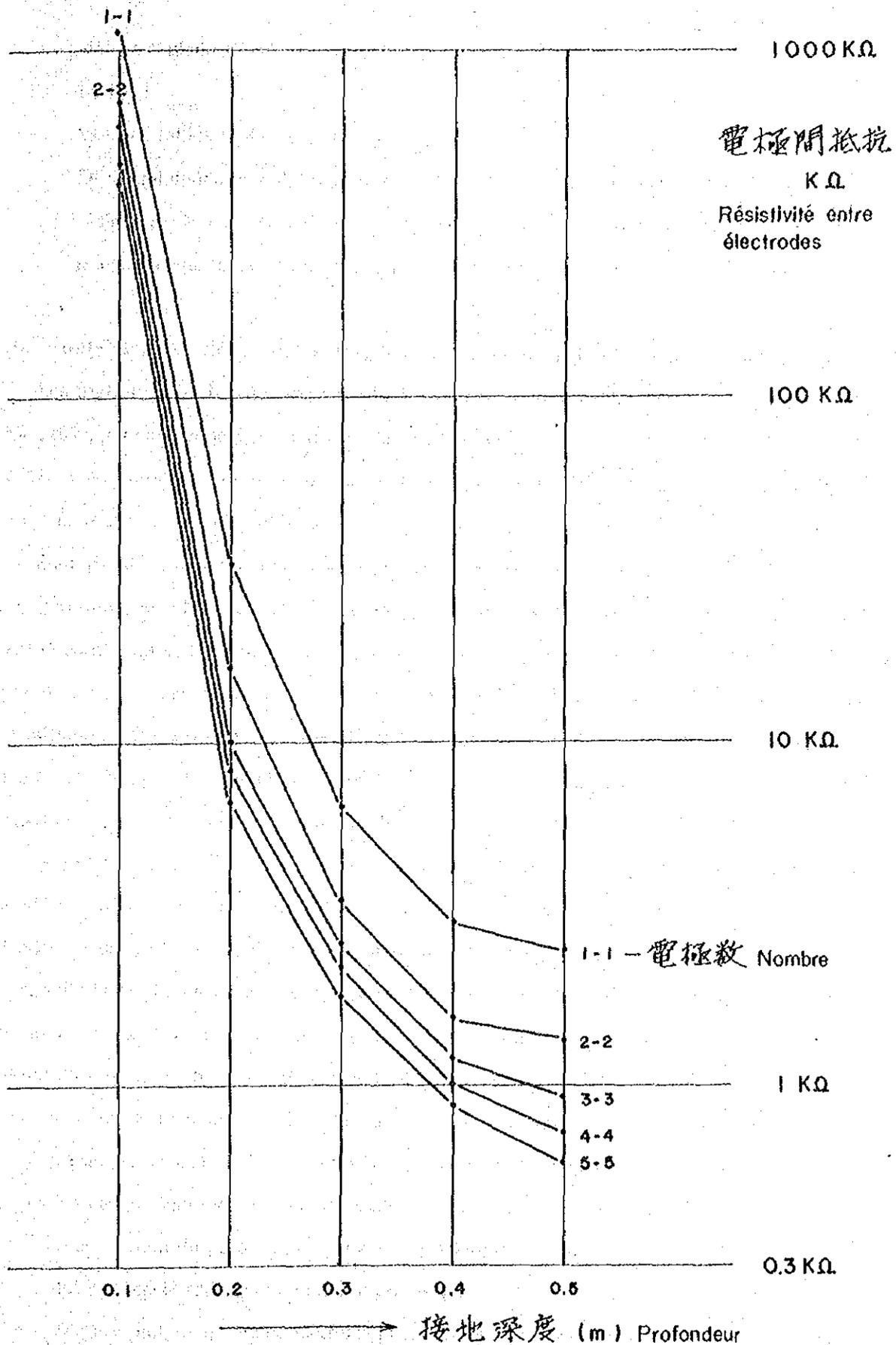


図.6-2-2 電極接地抵抗テスト結果

Graphique Résultats de tests de résistivité au contact d'électrode

Voir le tableau 6-2-7

d. Djébock

Voir les tableaux 6-2-8 et 6-2-9

En ce qui concerne le tableau 6-2-9, on peut constater que dans la couche à une faible résistivité de 2,3 à 5,6 Ωm , il existe une nappe artésienne contenant de l'eau souterraine électrolyte, ce qui correspond aux couches rocheuses de dépôt marin crétacé.

6-5 Etudes sur les méthodes de forage et les équipements et matériels nécessaires

Les méthodes de forage jusqu'ici effectuées par la coopération technique des pays européens dans les cercles de Gao ou d'Ansongo ont été celles de foreuses à rotation montée sur le camion. L'adoption de cette méthode s'expliquerait par le fait que les roches qui font l'objet du forage étaient toutes sédimentaires.

Etant donné que, par rapport aux études précédentes, les études du projet actuel couvre une zone géographique plus vaste et que les conditions du sol sont très variées contenant non seulement la formation sédimentaire, mais encore des roches ignées et métamorphiques, nous considérons que les travaux ayant recours exclusivement à un simple procédé de rotation poseront des difficultés. D'autre part, pour sélectionner les types de machines qui seront utilisées, il faut encore tenir compte des conditions climatiques, de la pénurie de l'eau destinée aux travaux, des conditions des routes, de la qualification des opérateurs etc...

Le point le plus crucial du forage réside dans la manière dont l'eau est captée dans l'aquifère, c'est-à-dire la méthode de captation et celle de développement. Pour ce faire, il faut sélectionner un écran approprié "Well screen" et des mesures techniques qui puissent s'adapter aux spécificités de chaque puits. Les discussions en la matière, y comprises le programme de Casing devront avoir lieu suffisamment. Les tests de captation et les travaux de développement devront être effectués avec un grand soin tout en prévoyant un délai suffisant. Car l'insuffisance de ces démarches peuvent entraîner dans l'immédiat des pannes, des affaissements du puits.

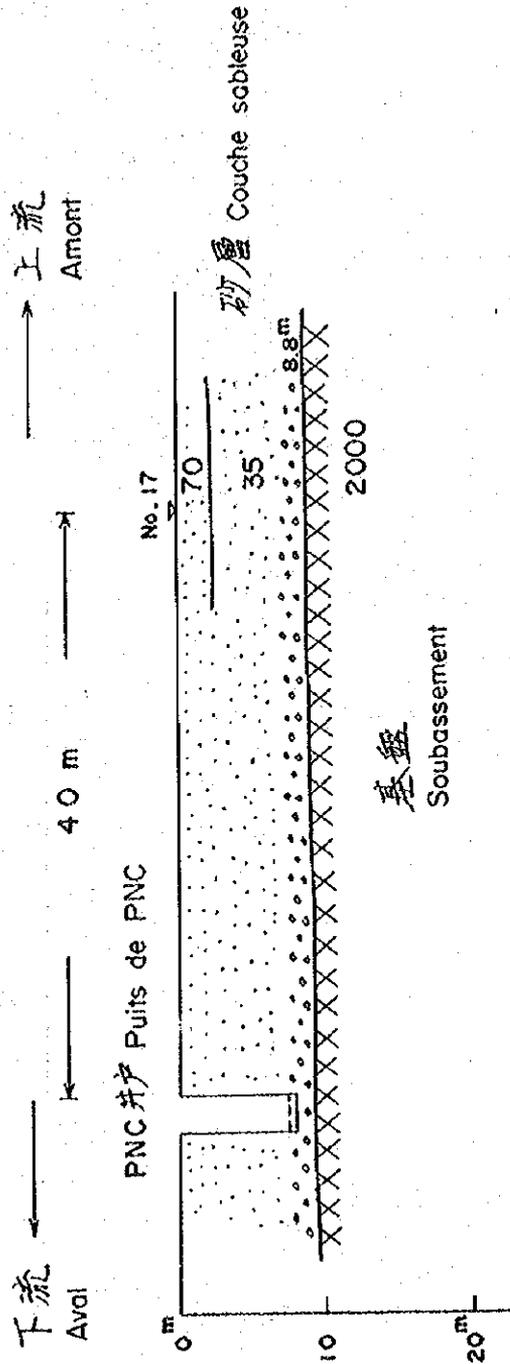
D'autres problèmes non moins importants peuvent être signalés comme suit:

- En ce qui concerne la panne provoquée par la destruction de l'intérieur du trou ou le resserement du paroi du trou, il est nécessaire d'envisager l'injection d'eau boueuse, le tubage, ou le forage rapide d'une courte durée;
- D'autre part, en ce qui concerne le problème de la fuite de l'eau boueuse vers la couche

キダル (KIDAL)

縮尺 1:400

Echelles



Puits

PNC井戸

Profondeur 深さ 9.40^m

Niveau deau 水位 7.65^m

Conductivité 伝導度 280 μ v/cm

(360 Ω ·m)

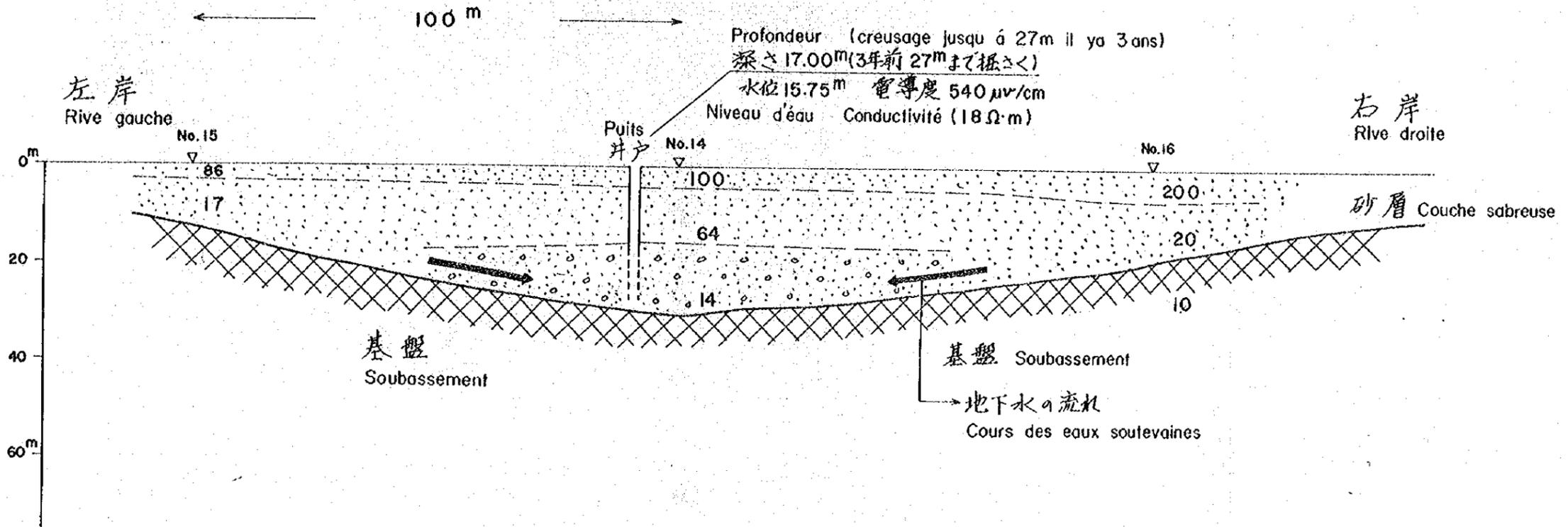
図. 6-2-4 調査結果

Carte

Résultats d'études

インテデニット (IN TEDENIT)

縮尺 1:1,000
Echelles



Unité 単位 $\Omega \cdot \text{m}$

Echelles 縮尺
1:1,000

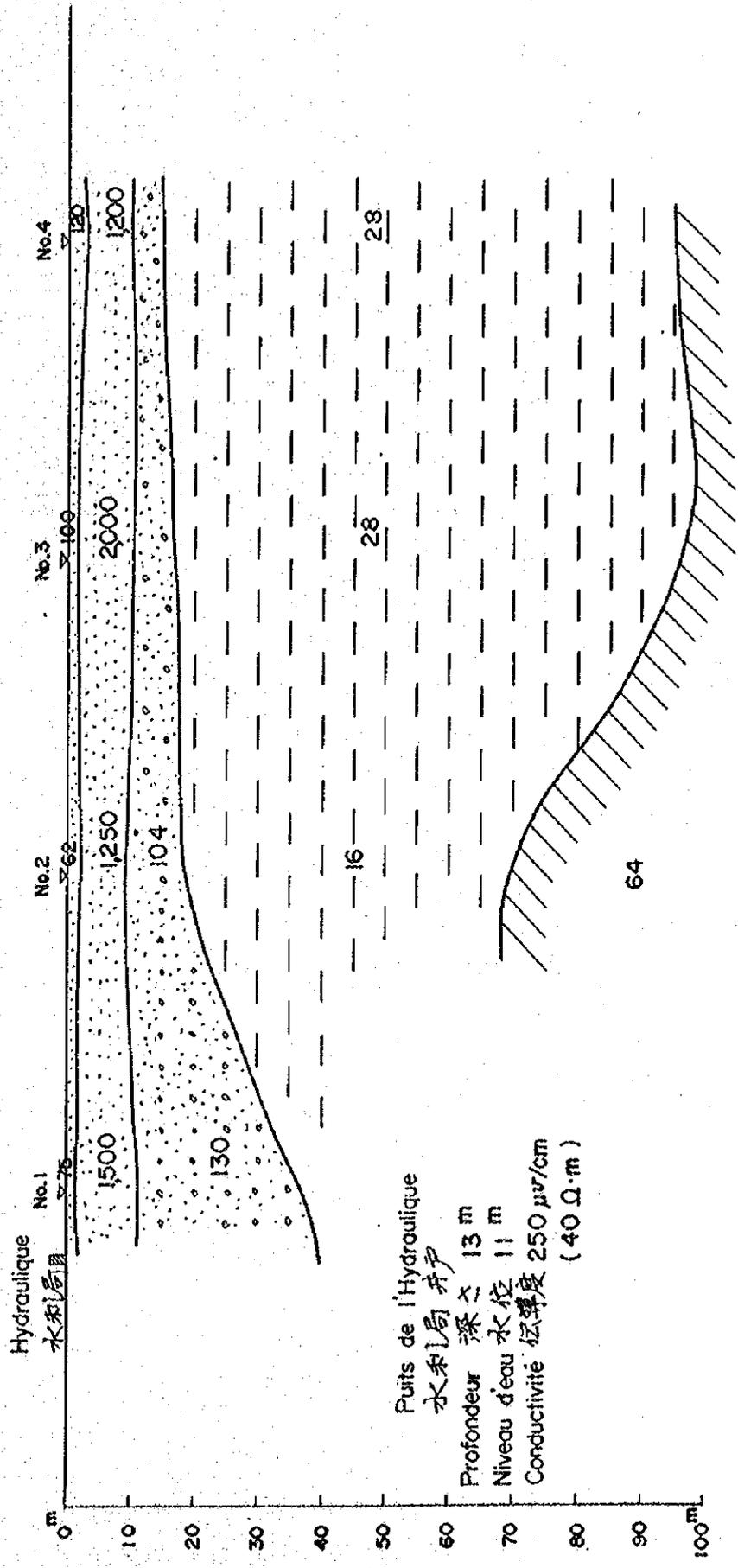
図 6-2-6 調査結果
Carte Résultats d'études

ガオ(GAO)

縮尺 1:2,000
Echelles

← 100 m →

W ← → E



560

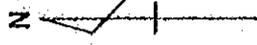
1,100

Carte

図. 6-2-7 調査結果 Résultats d'études

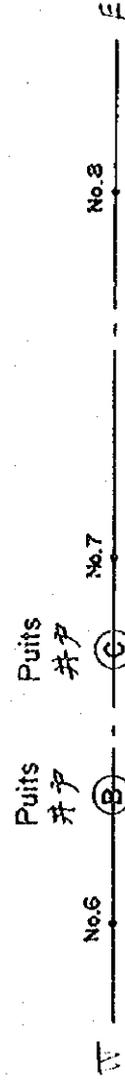
Carte
図 6-2-8 (Djebock) Emplacement des études par
prospection électrique
(ジエボック) 電気探査調査位置図

縮尺 1:2,000
Echelles



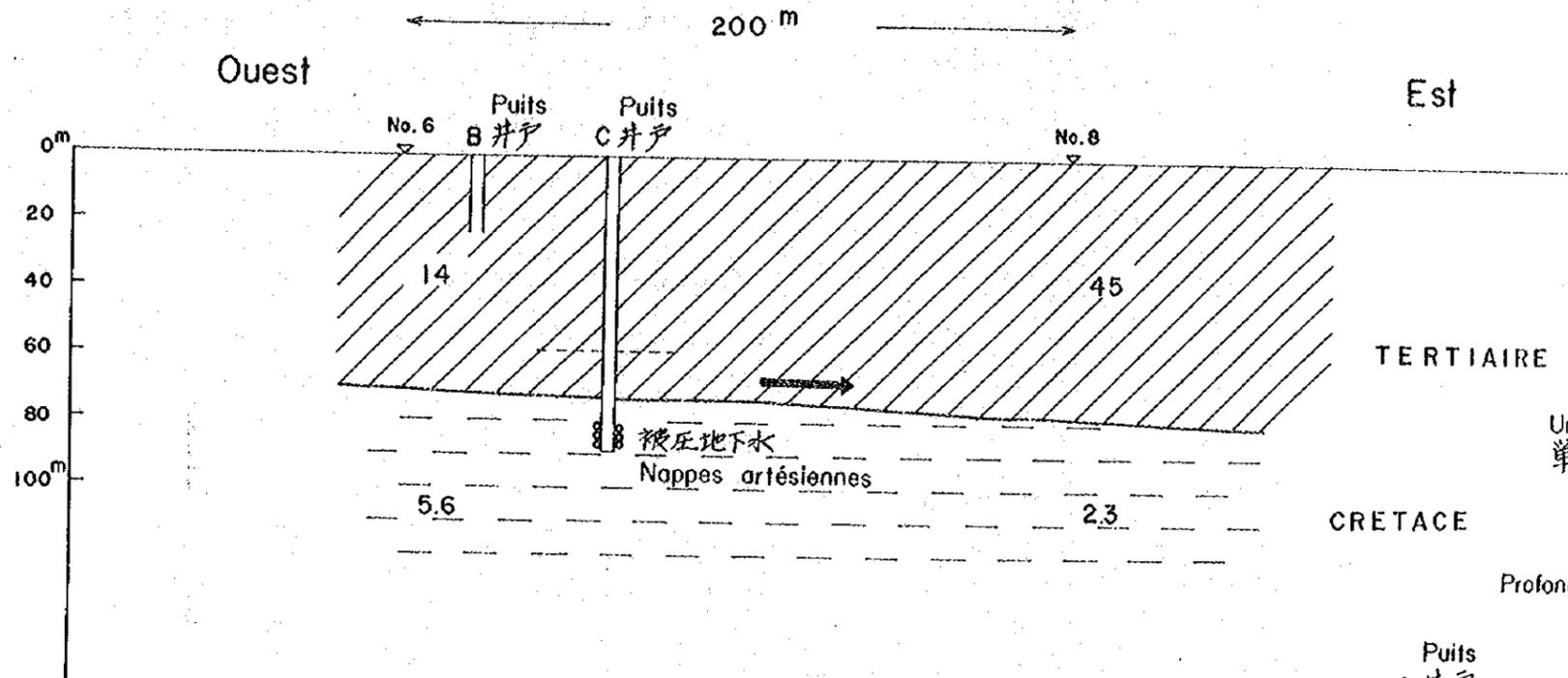
No. 10

No. 9



Section est-ouest
 ジュボック (DJEBOCK 東西断面)

縮尺 1:2,000
 Echelles



Unité
 単位 $\Omega \cdot m$
 縮尺 Echelles
 1:2,000

Puits	Profondeur 深さ m	Niveau d'eau 水位 m	Conductivité 伝導度 $\mu\sigma/cm$
A 井戸	51.00		
B 井戸			
C 井戸	89.16	57.15	
D 井戸	74.00	54.00	1,100 (9 $\Omega \cdot m$)

図 6-2-9 調査結果
 Carte Résultats d'études

calcaire, ce phénomène est assez fréquent dans l'aquifère. Il faudra donc identifier d'abord la cause de ce phénomène et procéder au forage par la suite.

Pour faire face à ces problèmes, dans le cadre de la mission d'études principales, la prévention contre la déviation du trou, les matériels d'eau boueuse etc. devront être examinés.

6-6. Collecte des documents et informations nécessaires à l'exécution des études principales

Pour accomplir les études régulières et efficaces, il faut non seulement assurer la meilleure méthode de la technologie et le meilleur équipement, mais encore la meilleure condition mentale et physique des membres de la mission sur le plan de leur vie.

D'autre part, il faut mettre en valeur au maximum les capacités de la partie malienne. En d'autres termes, le succès des études dépendra largement des conditions de la vie des membres de la mission et de l'ensemble du personnel malien participant à la mission et de l'organisation de la coopération entre deux parties. C'est dans ce cadre que la collecte des documents et informations a été effectuée sur chaque composante de ces conditions. Il s'agit de l'observation et la collecte des documents et sur la vie dans les zones à étudier, les conditions environnementales dans lesquelles s'effectuent les études, les conditions naturelles, sociales, économiques et historiques.

En même temps, nous avons fait les efforts pour comprendre suffisamment les idées de la partie malienne sur le programme des études et leur orientation ainsi que la demande de la contrepartie malienne sur leur traitement.

7. Elaboration du programme d'exécution des études principales

Il s'agit du programme d'exécution des objets qui sont inscrits dans le Scope of Work. En ce qui concerne l'ordre prioritaire des travaux, la mise en étape du programme, l'emploi du temps, la conception de la machine et de l'équipement, l'élaboration du plan d'approvisionnement, nous avons essayé de tenir compte de leur faisabilité en nous basant sur les résultats obtenus par les études de base ci-dessus mentionnés et en même temps, nous n'avons pas négligé pour autant

la perspective à long term pour que le projet après 1981 puisse succéder à ces aquis.

Comme nous l'avons déjà mentionné au début du présent rapport, nos idées principales résident dans les points suivants:

Premièrement, "procéder de façon efficace au transfert de technologie de différentes catégories vers la partie malienne";

Deuxièmement, "faire les efforts pour que nos propositions puissent se concrétiser de façon durable par les équipements, les méthodes, les plannings qui s'adaptent aux conditions du sol de la République du Mali";

Enfin, troisièmement, "pour l'exécution des études, saisir les idées et les désirs de la partie malienne, en discuter ensemble et respecter la volonté de la dernière".

8. Coopération entre le personnel intéressé malien et les membres de la mission

La partie malienne débute ses travaux dans le cadre de la coopération japonaise portant sur la transfert de la technologie et de la fourniture des matériels et équipements. Cependant la partie malienne a l'intention effective d'avancer, avec ses propres forces, la mise en valeur des eaux souterraines. Nous avons constaté que, au cours de l'exécution de ces études de base, le personnel constituant la partie malienne était extrêmement motivé et actif. En d'autres termes, les mesures que les commandants du cercle, le préfet et les chefs de l'arrondissement ont prises pour l'exécution de nos études, étaient rapides et sûres. Nous pouvons dire légitimement que ceci constituait un moteur, avec la coopération sincère du personnel de l'Hydraulique, pour l'accomplissement régulier de nos études de base.

