

### 3-2-2 Relief

La plaine littorale congolaise ne s'étend que sur 60 km de largeur, elle est ensuite remplacée par la forêt équatoriale chaude et humide. La majeure partie du pays est couverte par la forêt équatoriale, et au centre du pays, on trouve une zone de savanes, et au nord, une jungle marécageuse.

Comme l'indiquent les noms des régions, Plateaux et Cuvette, elles se composent d'une suite de plateaux plats, de terraces et de cuvettes.

Dans la partie Sud de la région des Plateaux s'étend une petite zone montagneuse avec des ondulations de 600 à 800 m de hauteur et des collines. Du centre de la région des Plateaux vers la partie ouest de la région de la Cuvette, se trouvent les plateaux Bateke d'une altitude de 400 à 600 m, orientés légèrement Nord-Est. Du Nord de la région des Plateaux à l'Est de la région de la Cuvette s'étend une plaine d'une altitude de 200 à 400 m, et sur la rive droite des fleuves Congo et Oubangui, on trouve des imbrications de zones désertiques, de marécages et de forêts.

Les rivières coulent toutes vers l'Est, et sont toutes des confluent de la rive droite des fleuves Oubangi et Congo; dans cette zone principalement composée de plateaux et de terraces, l'érosion fluviale a creusé des bassins fluviaux relativement importants d'une profondeur de 150 à 350 m. C'est ce qu'on appelle géographiquement la Cuvette Congolaise.

### 3-2-3 Rivières

La zone du projet compte un grand nombre de rivières, la pluviométrie annuelle étant forte, leur débit est important. La différence de niveau d'eau entre la saison sèche et la saison des pluies est de 1 à 3 m. Ces rivières servent de source permanente à l'agriculture, à la vie quotidienne et pour le bétail, et alimentent également les nappes souterraines.

Les rivières caractéristiques de la région des Plateaux sont les

rivières Léfin, Nkéné et Alima, ainsi que leurs affluents, les rivières Como, Mpama et Lékéti; celle de la Cuvette est la rivière Likouala Mossaka et ses affluents les rivières Kouyou, Likouala et Lékoli.

A titre de référence, le Tableau 3-3 indique le débit de la rivière Alima.

Tableau 3-3 Flux du fleuve Alima  
(m<sup>3</sup>/sec)

mois année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1977	625	576	612	613	589	589	488	481	538	529	675	646
1978	581	611	599	588	658	619	493	455	477	510	597	735
1979	655	635	621	658	701	661	533	484	579	580	710	688

Donnée de la station de Tchikapika (en aval)



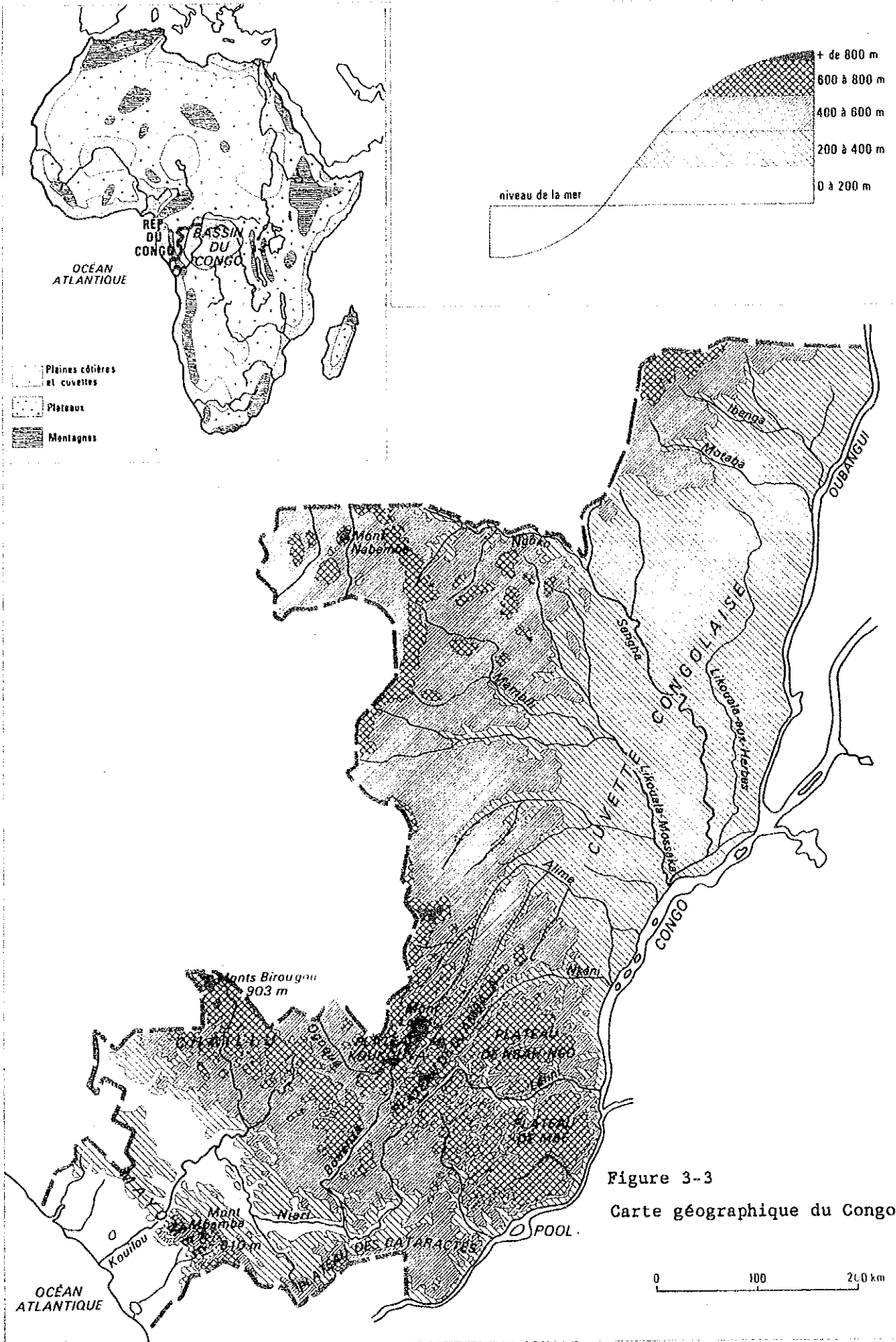


Figure 3-3  
Carte géographique du Congo



Figure 3-4 Réaseau hydrographique du Congo

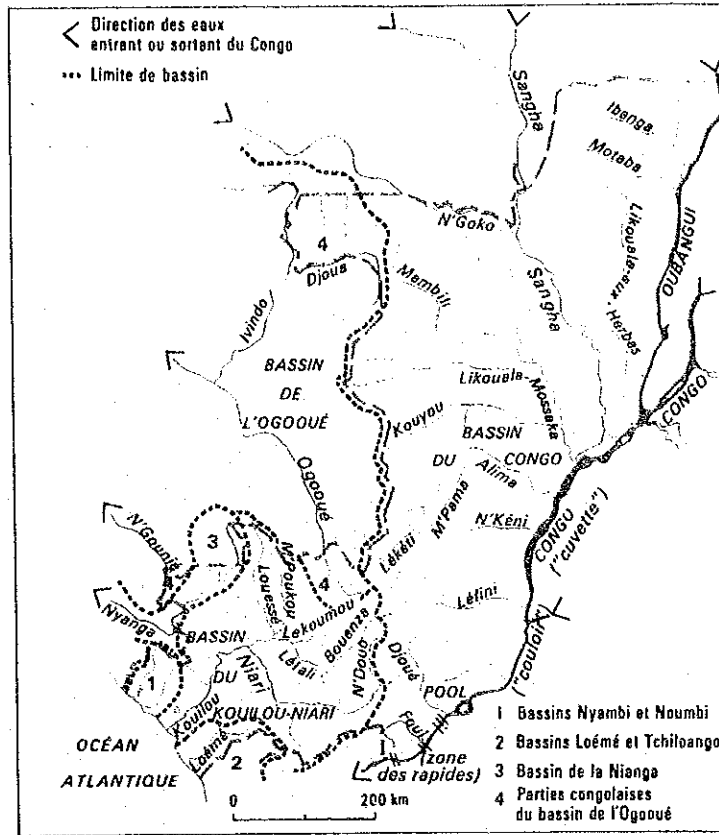
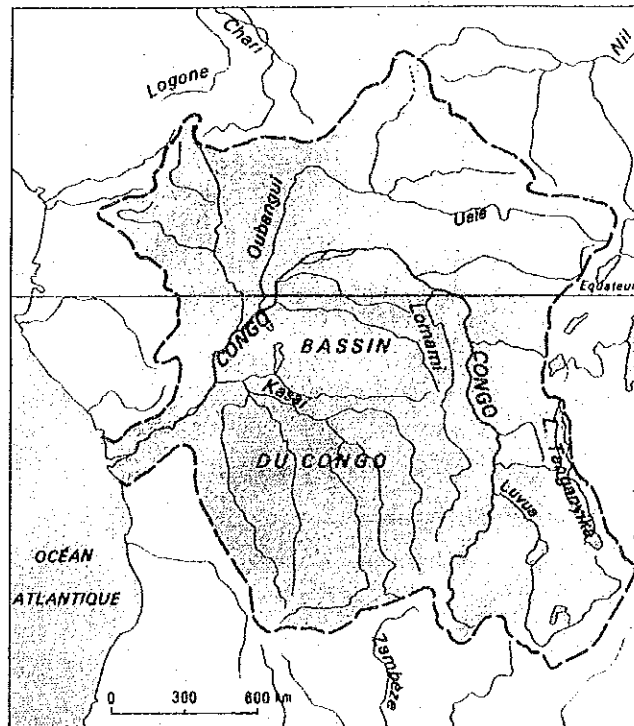


Figure 3-5 Bassin du Congo à l'Afrique Centrale





### 3-2-4 Géologie

Les Figures 3-7 à 9, la Carte géologique de la République Populaire du Congo (1/500.000) et les résultats de l'enquête sur place permettent de dégager la structure géologique suivante pour la zone du projet:

- i) Quaternaire :couche alluviale et argile, sable et fragments non agglomérés de cailloux
- ii) Tertiaire :cailloux, argile et conglomérat formés principalement de roche de grès fin correspondant à des roches tendres
- iii) Crétacé :argile, grès, quartzite, roches ignées allant des roches tendres aux roches dures
- ) Jurassique
- iv) Précambrien :gneiss, roches cristallines, roches métamorphiques, gneiss granitique correspondant aux roches très dures du socle congolais

La couche quaternaire est composée d'ammoncellements de roches charriés par le fleuve Congo et ses affluents; on la trouve le long des cours d'eau et dans une grande partie de la région de la Cuvette.

La couche tertiaire, appelée Couche Bateke-Plateaux, à base de sol à grains fins de sable fin et de kaolin, constitue les plateaux et les terrasses. Très répandue dans la région des Plateaux, elle est légèrement inclinée en direction Nord-Est, et le relief des plateaux et cuvettes et la répartition de la couche quaternaire se reflète sur l'inclinaison de la tertiaire.

Les couches crétacée et jurassique de l'ère mésozoïque sont appelées Couche Stanley-Pool, composées principalement de grès quartzique et d'argile sableux, et se trouvent uniquement aux extrémités de la zone du projet.

La couche précambrienne se divise en précambrien supérieur, moyen et inférieur, et constitue une structure géologique complexe à cause des modifications de la croûte terrestre. Cette couche est très répandue dans le sud du Congo, et dans la zone du projet; elle s'étend des

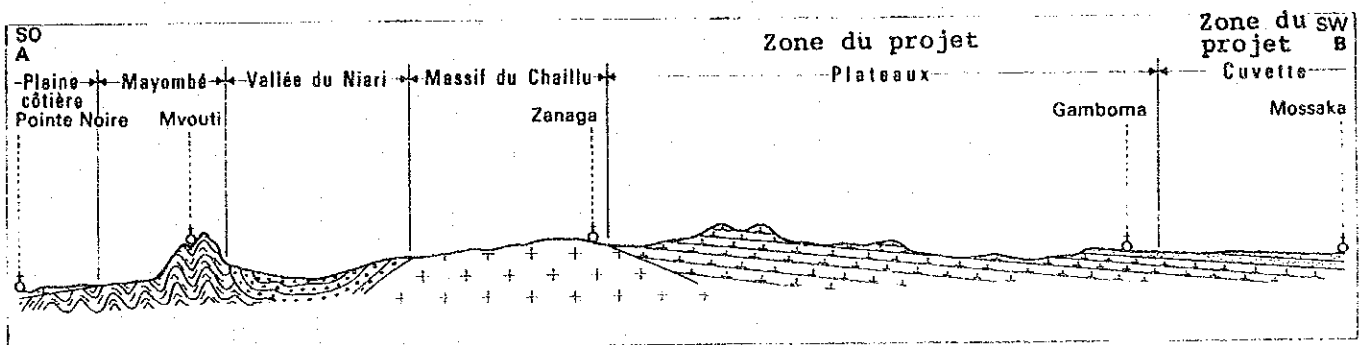
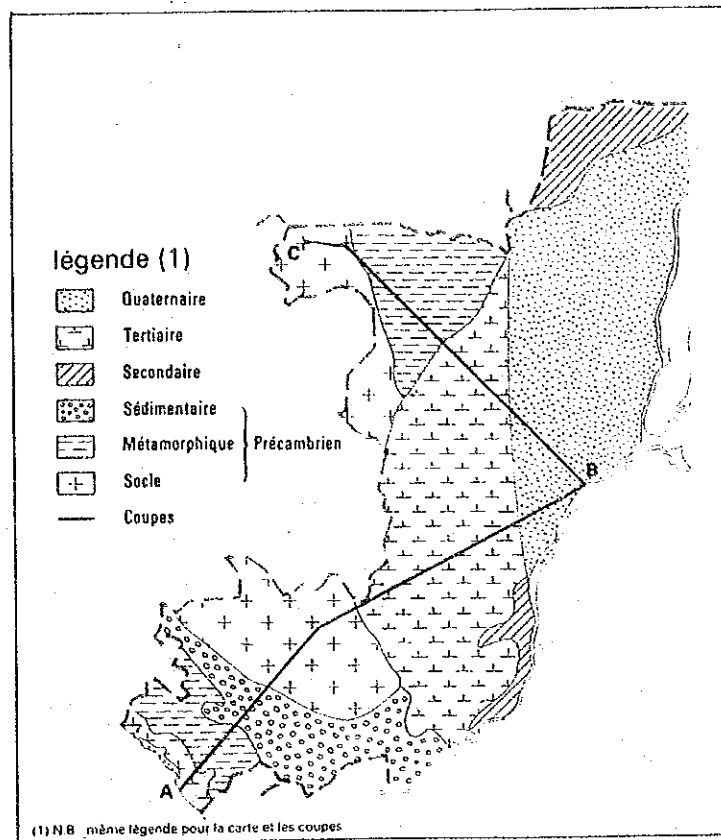


plateaux de Bateke à l'ouest jusqu'à la frontière gabonnaise, et affleure également dans les zones de Kell et de Mbomo.

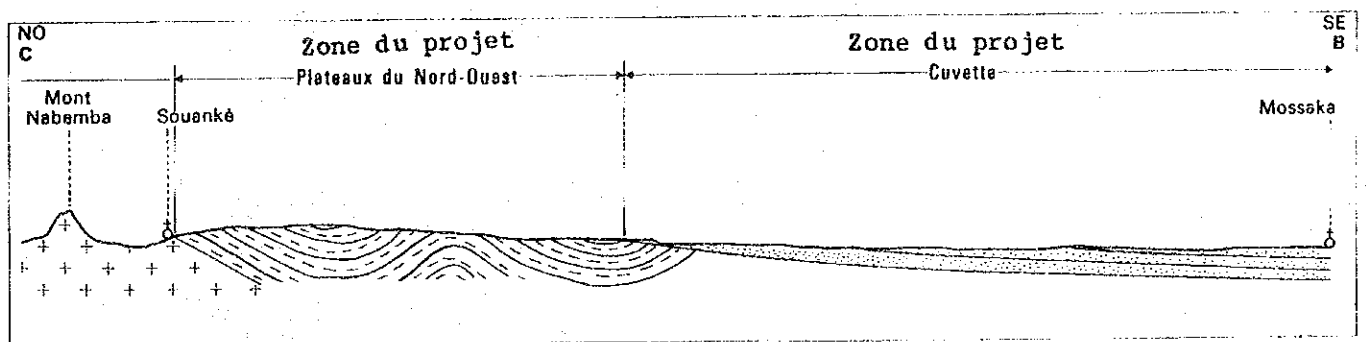
Dans la zone de la couche précambrienne de la région de la Cuvette, il existe des structures latentes d'inclinaisons anticlinales et synclinales, et l'on sait que les couches sont très plissées. L'orientation des structures synclinales et des zones fragmentées et faillées favorables à l'exploitation des eaux souterraines peut être connue par l'emplacement du basalte à gros grains qui a pénétré le long des lignes affaiblies de la structure géologique.

La Figure 3-6 indique la répartition des différentes couches et présente la structure géologique.

Figure 3-6 Carte géologique simplifiée du Congo



Coupe géologique de Pointe-Noire à Mossaka (A-B).

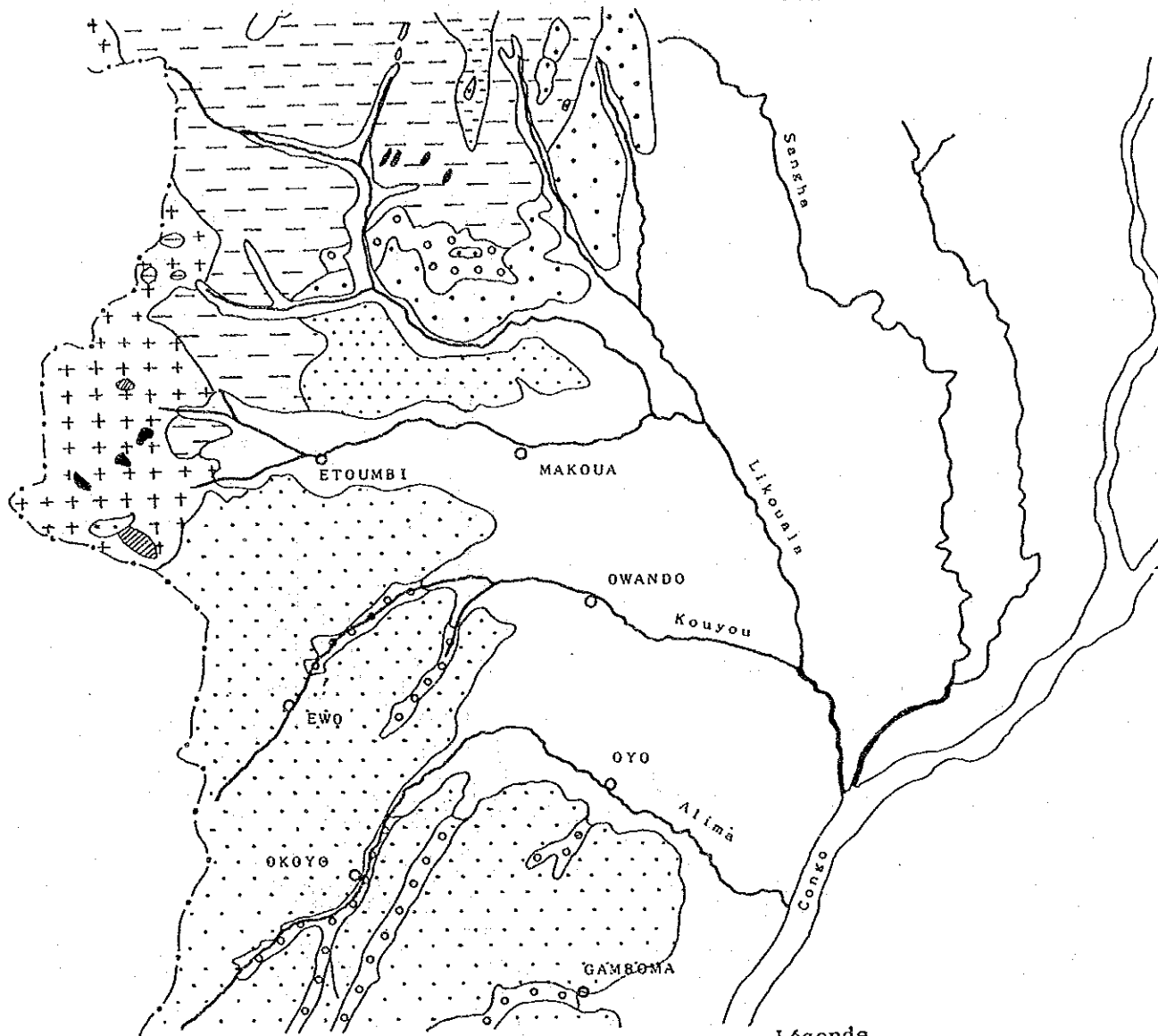


Coupe géologique du Mont Nabemba à Mossaka (C-B).



Figure 3-7 Carte géologique de la zone du projet

Echelle 1 : 2.500.000



Légende

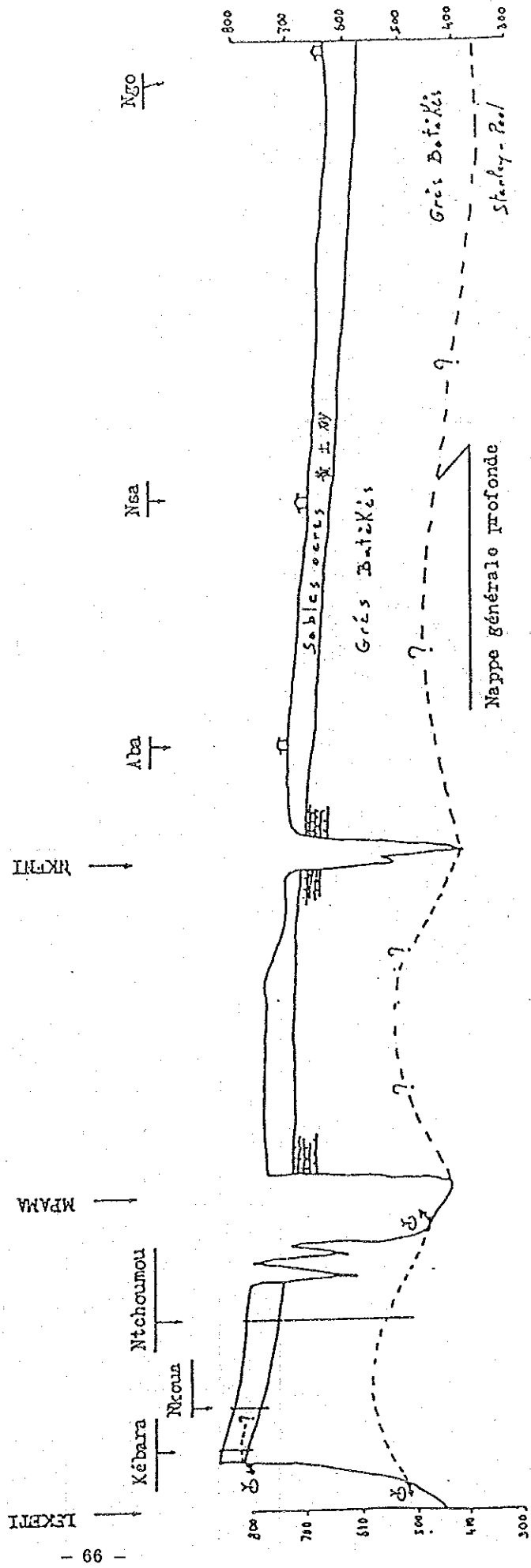
Ere géologique		Signe	Description
Néogène	Quaternaire		Alluvion
	Tertiaire		Série des Plateaux Batékés: grès, grès calcaire, grès tabulaire, limons sableux
			Série des Plateaux de Sumbi: grès calcaire, limons sableux
Secondaire		Série de Stanley - Pool: grès limons, argillites, marnes	
Précambrien	Moyen		Série de Sumbi-Owesso Niv. B grès, calcschiste quartzites
			Série de Sumbi-Owesso Niv. A gès séricite, quartzite, conglomérat
	Discontinuité		
	Inférieur	Métamorphisme	
		Granite	
		Quartzite	
	Amphibolite		

Figure 3-8 Coupe schématique de Leketi à Ngo (région des Plateaux)

EST

OUEST

PLATEAU DE  
KOUKOUYA  
Kébara N'kroua N'tchoumou  
MPAMA  
PLATEAU DE  
DJAMBALA  
PLATEAU DE NENSA-NGO  
Aba Nsa Ngo



### 3-3 Conditions hydrogéologiques

Comme indiqué au paragraphe 3-2-4, la zone du projet se compose principalement de couches tertiaires et quaternaires qui seront l'élément principal de l'exploitation des eaux souterraines, mais la partie congolaise n'effectuant pratiquement pas d'études pour l'exploitation des eaux souterraines faute de moyens financiers et techniques, il semblerait que la structure hydrogéologique et les couches aquifères ne soient pas encore clairement établies aussi bien du point de vue théorique que pratique. Mais nous avons obtenu des données géologiques ci-dessous.

#### 3-3-1 Région des Plateaux

- 1) Les zones de plateaux de Djambala et de Koukouya sont les mieux arrosées de la zone du projet (2.100 mm max./an), et c'est la zone du bassin du fleuve Congo qui l'est le moins (1.600 mm/an).
- 2) La pluie efficace (1.400 à 200 mm/an, données de 9 centres d'observation) obtenue en soustrayant l'évaporation au volume pluviométrique, alimente les rivières et les nappes souterraines. Les eaux souterraines sont liées au coefficient d'infiltration, et des couches sablonneuses à coefficient d'infiltration élevé étant répandues dans les zones de plateaux et de terraces, et en effectuant le calcul inverse du débit des rivières, on a pu estimer que la majeure partie des eaux de pluies efficaces pénètre dans le sol, et ainsi que la région du projet était riche en eaux souterraines.
- 3) Les eaux souterraines sont en majeure partie de type libre, et le plan d'eau des eaux souterraines non pressurisées confirmées par forage et d'une partie des sources coïncide pratiquement avec celui des rivières.
- 4) Des sources, en petit nombre (8 points), se trouvent dans le lit des rivières sur le flanc escarpé de la cuvette, et l'extrémité du flanc escarpé de la cuvette étant recouverte de colluvions, il existe

beaucoup de sources dans les coluvions, et on peut conclure à un grand potentiel de veines d'eau souterraines de grandes dimensions compte tenu du débit des rivières.

- 5) D'après les données disponibles, le gradient hydraulique des veines d'eau souterraines est de 5/1.000, et sur cette base, nous avons estimé la profondeur des eaux souterraines dans la partie centrale des plateaux suivants faisant partie des plateaux de Beteke.

Plateau de Koukouya:	Profondeur des eaux souterraines	250 m
Plateau de Djambala:	"	200-250 m
Plateau NSA:	"	170-190 m

- 6) Dans les zones d'Abala et de Gambola dans la partie Nord de la zone du projet, les différences d'altitude des collines sont considérables, ce qui constitue une caractéristique favorable au pompage par pompe à motricité humaine.

- 7) La Figure 3-9 schématise la répartition des eaux souterraines dans les reliefs de plateaux et de terraces.

### 3-3-2 Région de la Cuvette

- 1) La pluviométrie est assez variable: de 1.700 mm/an dans le Nord, de 2.000 mm/an dans le Sud-Ouest et de 1.500 mm/an dans le Sud-Est. Les pluies augmentent à mesure qu'on avance d'Est en Ouest et du Nord vers le Sud, et c'est la zone d'Okoyo qui est la plus arrosée.
- 2) De la même manière qu'au 2) de la région des Plateaux, on a calculé les pluies efficaces (691 à 200 mm/an, données de 9 centres d'observation), et estimé que la région était riche en eaux souterraines.
- 3) Les données concernant le creusement de forages ont révélé les points suivants:
  - i) Précambrien supérieur  
Débit inférieur à  $0,05 \text{ m}^3/\text{h.m}$ , profondeur de la couche aquifère 10 à 102 mm (52 m en moyenne)

ii) Précambrien moyen

Débit de 0,1 m<sup>3</sup>/h.m, profondeur de creusement de 31 à 81 m  
(données gabonaises)

iii) Tertiaire

Débit de 5 à 30 m<sup>3</sup>/h, profondeur de creusement inconnue  
(données de la région des Plateaux)

Débit de 0,7 à 12,4 m<sup>3</sup>/h.m, profondeur de creusement  
inconnue (données gabonaises)

iv) Données collectées par la mission d'enquête préliminaire

Gneiss granitique non métamorphique: profondeur de la  
couche aquifère: 14 m

Gneiss granitique métamorphique: profondeur 5-21 m

Précambrien inférieur: profondeur moins de 80 m

4) Comme dans 6) de la région des Plateaux, il existe des collines dans la partie Sud-Ouest de la région, et il sera donc possible de pomper l'eau à l'aide d'une pompe à motricité humaine.

5) Il existe 49 sources; 65,5% d'entre elles ont un débit inférieur à 0,1 litres/sec., 20,5% un débit de 0,1 à 0,5 litres/sec, 4% un débit de 0,5 à 1,0 litres/sec. et 6% un débit de plus de 1,0 litres/sec.

6) Il existe des puits traditionnels et des puits bétonnés creusés manuellement fonctionnant sur la couche souterraine peu profonde, mais ils sont peu nombreux parce qu'ils tarissent durant la saison sèche et que leur creusement est difficile. Les puits traditionnels ont une profondeur de 5 m environ, et vu leur tarissement durant la saison sèche, on peut conclure qu'on ne peut pas espérer beaucoup des eaux souterraines peu profondes pour ce projet. Il en va de même pour la région des Plateaux.

### 3-3-3 Sources d'eau utilisées par les villages

Dans la partie Sud-Ouest de la zone du projet, qui est une zone de terraces typique, la distance jusqu'aux vallées et rivières est importante, et des différences d'altitude de plus de 30 à 40 m. C'est pourquoi les villages ne se trouvent pas au sommet des terraces, mais



souvent sur une pente douce à proximité de la vallée, et les habitants utilisent les eaux du courant inférieur des eaux de surface ou des sources, et on a pu voir quelques puits traditionnels creusés à proximité de la vallée. Dans les vallées, les eaux de surface forment des cours d'eau, mais comme la vallée est souvent composée de sédiments de type sableux, les courants de fond sont nombreux.

Par ailleurs, dans la partie Nord-est de la zone du projet, il existe des marécages entre quelques mètres et quelques dizaines de mètres d'altitude aux alentours d'une zones de petites hauteurs de 100 m à quelques centaines de mètres d'altitude, la source d'eau utilisée est souvent un puits traditionnel de 2 à 3 m de profondeur, à niveau d'eau de 1 à 2 m à proximité des villages. Mais beaucoup de ces puits tarissent durant la saison sèche, et utilise les petits cours d'eau des marécages pour les remplacer.

Les sources précitées sont du type eaux de surface, eau souterraine de la couche superficielle ou de la couche peu profonde, et sont très polluées par les bactéries et les colibacilles.

#### 3-3-4 Infiltration

La zone du projet se compose de terraces et de collines douces, composées principalement de sable fin crétacé, et ce sable qui constitue à la fois le sol d'infiltration et de transport s'est amoncelé dans les vallées. Le coefficient de pénétration (k) de la couche de sable crétacé est estimé comme suit d'après l'état d'effritement du sable et la répartition de ses grains:

10% des grains 0,04 à 0,23 mm -> d'après la méthode de Hazen:

$$k = 2,9 \times 10^{-3} - 9,5 \times 10^{-2} \text{ cm/sec.}$$

10% des grains 0,085 mm à 0,28 mm -> d'après la méthode de Creager:

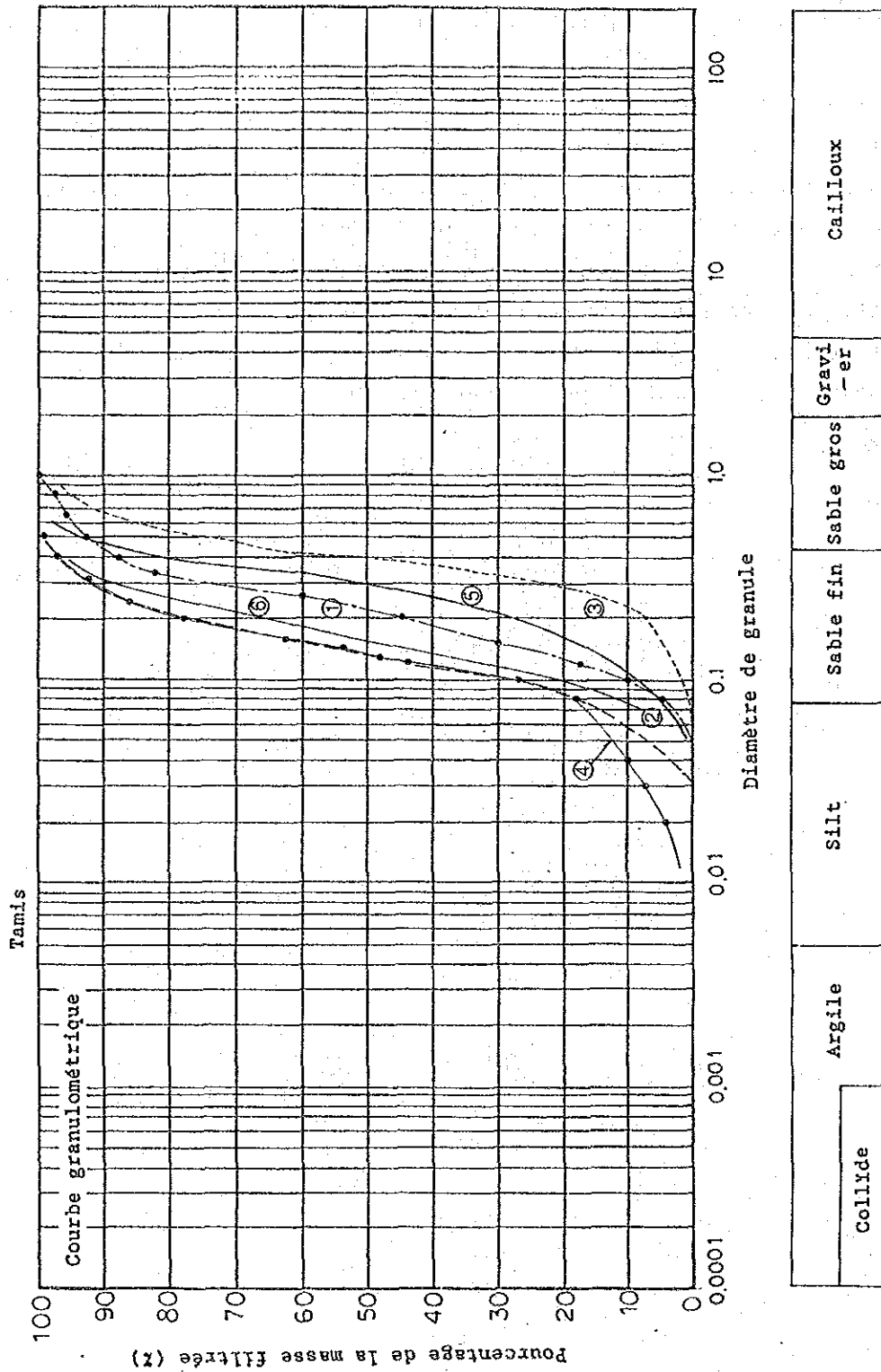
$$k = 1,0 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec.}$$

Comme les grains sont insérés dans le sol, le coefficient doit être un peu inférieur, mais la zone altérée proche de la surface et la couche superficielle ont certainement un coefficient d'infiltration élevé, et l'on estime que la grande partie des eaux de pluie efficaces,

évaporation non comprise, s'infiltrer dans le sol.

Toutefois, la couche de sable consolidée dans la partie inférieure de la couche altérée doit être très faible, c'est pourquoi les eaux souterraines s'écoulent latéralement, et de grandes quantités doivent être accumulées à proximité des vallées. Cette hypothèse est appuyée par l'existence de marécages et de sources à proximité des vallées. De plus, la partie souterraine des vallées doit être saturée d'eau, c'est pourquoi les eaux affluent plus qu'elles ne s'infiltrer, et se présentent sous la forme d'eaux de surface.

Figure 3-9 Courbes granulométriques de la formation de sable tertiaire



\* ① - ⑤ Résultats de l'essai effectué par la partie congolaise  
 ⑥ Résultats de l'essai effectué par la mission japonaise

### 3-3-5 Qualité de l'eau

Des essais de qualité de l'eau ont été effectués sur un grand nombre de villages du projet et sur les adductions d'eau des villes et de villages représentatifs hors de la zone du projet. Les Tableaux 3-5 et 6 montrent les résultats de ces essais.

D'après ces données, bien que les sources d'eau soient différentes, on a pu confirmer les caractéristiques de base suivantes:

- 1) L'eau est inodore.
- 2) Beaucoup avaient une couleur brun clair, et des dépôts se formaient après une longue conservation.
- 3) Le pH et la densité d'ions d'hydrogène étaient:  
pH = 5,0 à 5,8 de type acide, même pour les adductions d'eau de la zone du projet.
- 4) La conductivité électrique était de 3,2 à 96 s/cm, beaucoup des eaux ont montré une conductivité faible de 10 à 20 s/cm.
- 5) L'azote ammoniacal ne dépassait pas les normes de l'OMS à seulement 2 endroits.
- 6) Les bactéries et colibacilles ont été détectés dans tous les échantillons, adductions d'eau comprises, il s'agit d'une pollution de nature fécale.
- 7) D'après les normes de l'OMS concernant la qualité d'eau des adductions d'eau, la densité d'ions d'hydrogènes excède la valeur standard et l'eau est de type acide. Le taux d'ammoniac est supérieur à la norme de l'OMS à 2 endroits.
- 8) Il n'y a pratiquement pas de différences entre les différentes sources d'eau.

Les résultats des analyses d'eau ci-dessus permettent de conclure qu'en général:

- i) Le pH est de type acide.
- ii) L'eau est très polluée par les bactéries, les colibacilles, l'ammoniac, etc.
- iii) En général, les matières dissolues sont peu nombreuses, et la faible conductivité électrique en fait des eaux souterraines proches de la surface.

Tableau 3-4 Résultat de l'analyse d'eau (1)

Rubriques Villages	Type de Points d'eau	Couleur	Odeur	Turbidité	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	PH	Ammoniac $\text{NH}_4$ (PPM)	Manganèse (PPM)	Plomb (PPM)	Cuivre (PPM)	Total de fer (PPM)	Chlorure (PPM)	Dureté totale (PPM)	Coli-bacille (PPM)	Microbes
Bokouélé	Puits traditionnel	Brunâtre	Néant	Peu claire	3,2	7,5	0,4	0	0	0,3	0,4	15	200	Nombreux	Nombreux
Etoro	Rivière	Brun	"	Opaque	14,1	5,2	0,1<	0	0	0,1<	0,2	10	5	"	"
Ngobana	"	"	"	Peu claire	11,2	5,3	0,1<	0	0	0,1<	0,1	5	5	"	"
Ngakiélé	Mare	"	"	Opaque	8,0	5,4	0,1<	0	0	0,1<	0,2	5	5	"	"
Ossio	Rivière	"	"	"	10,2	5,3	0,1<	0	0	0,1<	0,1	6	5	"	"
Eiembé	"	"	"	"	33,5	5,5	0,4	0	0	0,3	2,5	10	6	Peu Nombreux	"
Ondingui	"	"	"	Peu claire	23,1	5,0	0,4	0	0	0,3	0,4	5	5<	Nombreux	"
Okoussé	"	"	"	"	12,8	5,4	0,3	0	0	0,2	0,4	10	5<	"	"
Obélé	"	"	"	"	8,61	5,5	0	0	0	0,2	0,1<	10	5<	"	"
Aboua	"	Brunâtre	"	Opaque	16,3	5,3	0,1	0	0	0,2	0,2	10	5<	"	"
Ikoumou-Okhoko	"	Brun	"	Claire	15,9	5,2	0,6	0	0	0,2<	0,1	50	5<	"	"
Obouya	Puits traditionnel	"	"	"	38,4	5,4	0,1<	0	0	0,2<	0,1<	15	5<	"	"
Otsendé	Rivière	"	"	Peu claire	7,4	5,6	0,3	0	0	0,1<	0,1	50<	5<	"	"
Tchikapika	"	"	"	"	13,3	5,5	0,8	0	0	0,8	0,5	30	5<	"	"

Tableau 3-5 Résultat de l'analyse d'eau (2)

Rubriques Villages	Type de points d'eau	Couleur	Odeur	Turbidité	Conduc-tivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	PH	Armo-nie NH <sub>4</sub> (PPM)	Man-ganèse (PPM)	Plomb (PPM)	Cuivre (PPM)	Total de fer (PPM)	Chlo-rure (PPM)	Dureté totale (PPM)	Coli-bacille (PPM)	Mi-crobes
Ekongo I	Etang	Brun	Néant	Peu claire	8,9	5,7	0,6	0	0	0,5	0,2	15	5<	Nombreux	Nombreux
Ekongo II	"	"	"	Claire	54,0	5,3	0,5	0	0	0,2	0,2	10	10	"	"
Abo	Puits tradi-tionnel	"	"	"	12,6	5,3	0,3	0	0	0,2	0,2	10(6)	5<	"	"
Miaba	"	"	"	"	23,6	5,7	0,3	0	0	0,2	0,2	10(7)	5<	"	"
Mossindé	"	Brunâtre	"	Peu claire	26,1	5,2	0	0	0	0,2	0,1<	10	5<	"	"
Béné	"	Brun	"	"	15,9	5,4	0	0	0	0,2	0,1<	10	5<	"	"
Ngouéné	"	"	"	"	42,2	5,5	0,5	0	0	0,2	0,1<	10	5<	"	"
Mbobi	"	"	"	"	12,56	5,3	0	0	0	0,1	0,2	8	5	"	"
Oyali	"	"	"	"	12,10	5,3	0	0	0	0,1	0,1	7	5	"	"
Owé	"	"	"	"	11,54	5,1	0	0	0	0,1	0,1	10	1	"	"
Ongouala	"	"	"	"	17,84	5,3	0	0	0	0,1	0,1	10	5	"	"
Normes de l'OMS	-	15 NTU	Absence du désa-gréable	5 TCU	-	6,5	0,6	0,1	5,0	1,0	0,3	250	500	Inférieur à MPN 10 toute l'année	Néant
Normes du Japon	-	5	Absence de l'ex-trac-tinaire	2	-	5,8	Néant	0,3	1,0	1,0	0,3	200	300	Néant	100/ml

### 3-3-6 Sondage électrique

Le sondage électrique a été employé pour connaître la structure hydrogéologique de la zone du projet. On a désigné 50 villages en concertant la partie congolaise, et en tenant compte de la population, des conditions routières et de la situations de l'approvisionnement en eau. Les villages ont été vérifiés sur place, et certaines modifications ont été apportées à la sélection. On a effectué une mesure par village parce qu'il y avait beaucoup de petits villages et qu'on souhaitait par cette enquête recueillir un maximum d'informations concernant l'ensemble de la zone du projet.

Toutefois, à cause d'accident dû aux véhicules il a été impossible de poursuivre l'enquête, ainsi on a mesuré seulement 44 points dans 35 villages. Les villages et l'emplacement de l'enquête figurent sur les Tableaux 3-7 et 8 et sur la Figure 3-10.

#### 1) Procédé de mesure et instruments

La résistance à la mise à la terre de la couche superficielle étant forte, nous avons procédé à un sondage vertical appliquant la méthode de Wenner. La profondeur de mesure a été de 100 à 130 m, et nous avons utilisé des instruments de type polymère pour améliorer le rapport signal/bruit.

La courbe standard et la courbe auxiliaire de Wenner ont été utilisées pour analyser les résultats.

Type	Spécification
McOHM (fabrication japonaise)	Tension de sortie : 400 VP-P (tension standard)
	Ampérage : 1, 2, 5, 20, 50, 100, 200 mA (courant standard)
	Tension de fonctionnement : 12 VDC
	Impédance d'entrée : 1 M $\Omega$
	Potentiel de mesure : $\pm 0.6, \pm 6$ V
	Capacité d'analyse : 20 $\mu$ V
	Fréquence d'empilage: 1, 4, 16, 64
	Mémoire des données : Enregistrement des fichiers Max. 128 Data point Max. 2000
	Interface : RS-232C

Par ailleurs, il existe des données d'un sondage électrique effectué en 1986-1987 par la Direction de l'Hydraulique; elles figurent dans le Tableau 3-8.

La mesure a été faite par sondage vertical selon la méthode de Schlumberger, avec un instrument Syscal R-2 (de fabrication française, société BRGM). Actuellement, cet instrument est en panne.



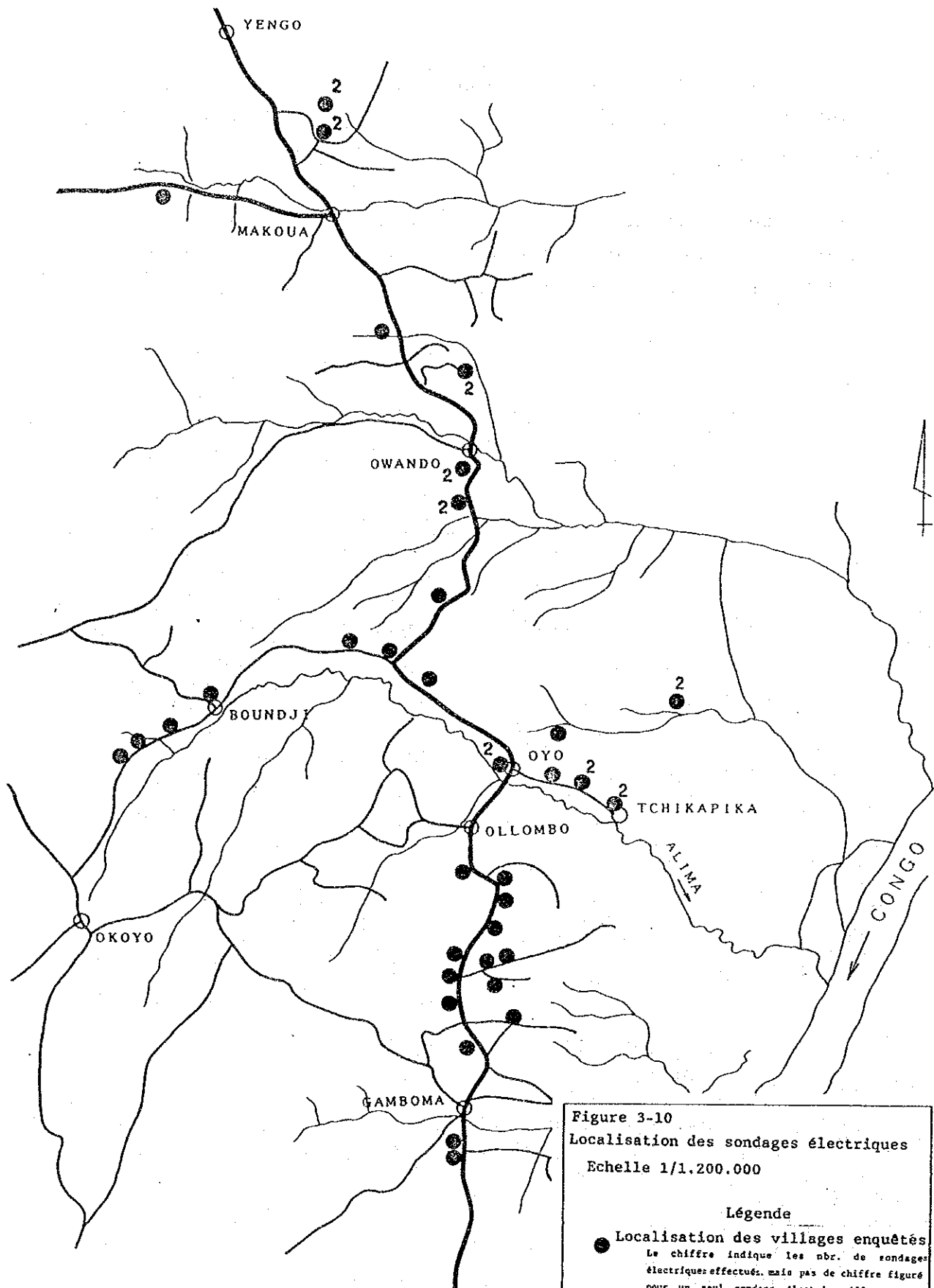


Figure 3-10  
 Localisation des sondages électriques  
 Echelle 1/1.200.000

**Légende**

- Localisation des villages enquêtés  
 Le chiffre indique les nbr. de sondages électriques effectués, mais pas de chiffre figuré pour un seul sondage électrique effectué sur village.
- Route principale (nationale No 2)
- Route secondaire
- ~ Rivières

Tableau 3-6 Détails sur les sites faisant l'objet du sondage (1)

Région des Plateaux

District	Villages	Population	Nombre de forages prévus	Nombre de sondages effectués	Remarques
Gamboma	Ngobana	216	1	1	
	Ossio	126	1	1	
	Ngakiélé	154	1	1	
	Etoro	170	1	1	Situé à côté de la piste
	Mbobi	150	1	1	Déménagé à côté de la route principale
	Inkouélé	268	1	1	
	Odzio	147	1	1	
	Mossindé	360	1	1	
P.C.A. Ongogni	Ongouala	147	1	1	Situé à côté de la piste
	Owé	210	1	1	"
	Oyali	155	1	1	"
P.C.A. Ollombo	Djou	200	1	1	
	Béné	129	1	1	
	Ngouéné	157	1	1	
Total	14 villages	2.589	14	14	

Tableau 3-7 Détails sur les sites faisant l'objet du sondage (2)

Région de la Cuvette

District	Villages	Popu- lation	Nombre de forages effectués	Nombre de sondages effectués	Remarques
Oyo	Abo	207	1	1	
	Ekongo I	493	1	1	
	Ekongo II		1	1	
	Tchikapika	413	2	2	
	Miaba	150	1	1	
	Bokouélé	682	3	2	
	Otsendé	150	1	1	
	Obouya	113	1	1	
	Obélé	157	1	1	
	Oyo	3.006	1	1	Effectué à côté d'un forage positif
Oyo	-	1	1	Effectué à côté d'un forage négatif	
Owando	Obeya	203	1	1	Il y a un puits creusé à la main
	Otendé	198	1	2	"
	Elinguinawé	243	1	2	
	Elingossayo	150	1	2	
Boundji	Okouessé	359	2	1	
	Ondingui	168	1	1	
	Odikango	150	1	1	
	Eiembé	225	1	1	
Makoua	Ikoumou-Okhoko	295	2	1	
	Bokania	219	1	1	
	Aboua	296	1	2	Situé à côté de la piste
	Mvoula	266	1	2	"
Total	21 villages	8.143+α	28	30	
Total général	35 villages	10.732	42	44	

Tableau 3-8 Détails sur les sites où le sondage a déjà été effectué

Région des Plateaux

District	Villages	Population	Nombre de forages effectués	Nombre de sondages effectués	Remarques
P.C.A. Allembé	Ossangui	228	1	1	
Gamboma	Obala	369	2	1	
P.C.A. Ongogni	Ongo	225	-	1	
	Ongongi	520	2	1	
Ollombo (P.C.A.)	Okassa	342	2	1	
Total	5 villages	1.684	7	5	

Région de la Cuvette

District	Villages	Population	Nombre de forages effectués	Nombre de sondages effectués	Remarques
Oyo	Otsendé	150	1	1	Sondage effectué par la présente mission
	Ekongo	493	2	1	"
	Tchikapika	413	2	1	"
	Bokouélé	682	3	1	"
Owando	Obeya	203	1	1	"
	Otendé	198	1	1	"
	Ossangou II	226	1	1	
Makoua	Ikoumou-Okhoko	295	2	1	Sondage effectué par la présente mission
	Atekou	181	1	1	
	Benzé	215	1	1	
	Boya	203	1	1	
Total	11 Villages	3.259	16	11	

## 2) Résultats des mesures

La section de résistivité, l'emplacement de mesure et la courbe p-a de chaque point de mesure figurent dans l'Appendice IV. Coupes de résistivité (1) à (6). Les couches ont été analysées sous une structure de 3 à 5 couches classées selon la résistivité. La couche superficielle est la couche 1, puis viennent les couche 2 et 3, et la résistivité a permis de classer les structures géologiques de la zone du projet en 4 types abrégés ci-dessous.

### i) Type A

Les couches 1 et 2 superficielles ont une forte résistivité supérieure à 1000  $\Omega$ -m, la couche 3 une résistivité très faible. Les couches superficielles sont composées de sable sec, d'un mélange argile-sable, de roches argilo-sablonneuses, et l'on pense qu'il existe une nappe aquifère sous la couche 3. Dans ce type, la résistivité est de quelques centaines à quelques dizaines de  $\Omega$ -m en profondeur, et parce que la résistivité est trop faible, on estime que le coefficient d'infiltration peut être réduit à cause d'une augmentation de l'argile. Dans ce cas, il faudra étudier la relation entre la résistivité de l'eau souterraine et celle des couches, et prendre les mesures nécessaires.

### ii) Type B

Les couches 1 et 2 sont comme pour le type A, mais la résistivité de la couche 3 est pratiquement la même, ou bien supérieur. L'existence d'une couche aquifère est peu probable, il est souhaitable d'éliminer ce point du projet de construction de forages.

### iii) Type C

La couche 1 est une couche de sable sec à forte résistivité, la couche 2 une couche à faible résistivité, et la couche 3 à forte résistivité. Et à partir de la couche 4, la résistivité baisse, comme pour le type A.

La baisse de résistivité de la couche 1 est en général au-dessous de 10 m de profondeur, et si l'on considère l'altitude des petits cours

d'eau aux environs de l'emplacement de mesure, on peut estimer que cette faible résistivité est due à des eaux libres. Il existe donc une couche aquifère utilisable proche de la surface et une couche en profondeur. Mais la couche proche de la surface est sans doute polluée, et il faudra étudier la résistivité de la couche en profondeur comme pour le type A.

#### iv) Type D

Un type de résistivité combine les types B et C. La couche 1 est une couche de sable à forte résistivité, dans la couche 2, la résistivité baisse, et l'on pense que comme pour le type C, elle contient des eaux libres. Il n'y a pas de grande baisse de résistivité à partir de la couche 3, la variation est faible ou la résistivité augmente. On estime que seule la couche 2 est aquifère, mais que la quantité d'eau doit être assez faible.

La répartition des couches aquifères et les possibilités de développement des eaux souterraines ont grosso modo pu être dégagées des couches de résistivité et de la structure géologique ci-dessus.

La résistivité des couches aquifères est étroitement liée à celle de l'eau souterraine, et l'estimation est généralement faite selon la formule ci-dessous.

$$p_a = F \times p_w \quad \text{où:} \quad \begin{array}{l} p_a: \text{résistivité de la couche (D-m)} \\ p_w: \text{résistivité de l'eau souterraine (D-m)} \\ F: \text{coefficient de couche (1 à 8)} \end{array}$$

Quand F est réduit, la part d'argile est importante et le coefficient d'infiltration est faible. Au contraire, quand il est trop important, il s'agit d'un socle peu fissuré, et les possibilités de réserve d'eau sont faibles.

Il existe 6 forages dans la zone du projet, dont 4 privés, auxquels nous n'avons pas pu accéder. Les 2 autres forages se trouvent à Oyo, l'un est positif, l'autre négatif (pas de négociations d'autorisation

d'accès préliminaires). Les résultats du sondage électrique du forage positif ont été une couche d'une résistivité de 500  $\Omega$ -m située à 50-60 m de profondeur. D'après la résistivité des couches enserrant cette couche, on peut la juger de type aquifère. Ce forage étant actuellement fermé pour des essais d'analyse de l'eau, nous n'avons pas pu prélever d'échantillon d'eau.

Les eaux de surface et les eaux alimentant les puits creusés par motricité humaine ont une résistivité de 200 à 1.300  $\Omega$ -m, soit 550  $\Omega$ -m en moyenne. Si l'on utilise cette résistivité dans la formule précitée, elle correspond si la couche aquifère est peu profonde, mais pas si elle est profonde. Aussi, l'estimation des couches aquifères profondes sera réalisée sur la base de la variation relative de la résistivité générale des eaux souterraines (50 à 200  $\Omega$ -m) et la résistivité de la couche.

### 3) Résultats du sondage électrique dans les villages

#### i) District de Gamboma

##### [Obala]

Il s'agit d'une structure en 3 couches, et jusqu'à 60 m de profondeur environ on trouve du sable et un mélange argile-sable. A partir de 60 m, la résistivité baisse brusquement, c'est une couche aquifère, mais la résistivité étant trop faible, son volume d'eau est certainement faible.

##### [Ngobana]

Excepté la couche superficielle, une couche sèche de 2.000 à 3.500  $\Omega$ -m s'étend jusqu'à 70 m de profondeur. La résistivité baisse un peu au-dessous de 70 m, mais la variation étant faible, on ne pense pas qu'il y ait de couche aquifère.

##### [Ossio]

La résistivité augmente proportionnellement à la profondeur, et l'existence d'une couche aquifère est peu probable.

[Ngakiélé]

Il y a une couche aquifère à 9-10 m de profondeur, mais le manque de profondeur la rend inutilisable pour un forage.

[Etoro]

Une structure en 3 couches, la couche aquifère est la couche 2 à résistivité de 1.000  $\Omega$ -m. La couche 2 commence à 1-2 m de la surface.

[Mbohi]

Excepté la couche superficielle, la résistivité est forte 3.000 à 6.000  $\Omega$ -m, l'existence d'une couche aquifère est peu probable.

[Inkouélé]

Il y a une couche aquifère à plus de 20 m de profondeur. La résistivité étant assez forte 740  $\Omega$ -m, c'est un bon point de forage parce que la résistivité baisse avec la profondeur.

[Odzio]

La couche 4 qui indique une résistivité de 870  $\Omega$ -m est aquifère. La résistivité est forte, et augmente encore dans la couche 5, c'est pourquoi le volume d'eau est certainement faible.

[Mossindé]

Il y a baisse de résistivité, donc une couche aquifère à plus de 15 m de profondeur. La résistivité de 310  $\Omega$ -m correspond à la couche 3, au-dessous de 60 m l'infiltration est mauvaise.

ii) Zone de P.C.A. Ongogni

[Ongouala]

Couche aquifère supérieure entre 5 et 9 m de profondeur, couche aquifère inférieure à plus de 40 m. C'est un bon point de forage.

[Owé]

La couche utilisable à résistivité de 280  $\Omega$ -m se trouve à plus de 70 m de profondeur. C'est un peu profond, et en étudiant les environs du point, il faudra fixer un bon point de forage.



[Oyali]

Il y a une couche aquifère d'une résistivité de 300  $\Omega$ -m à plus de 30 m de profondeur. Au-dessus, on trouve une couche à forte résistivité de 3.600  $\Omega$ -m. Cela suggère que cette couche est partiellement formée d'un socle de roches dures, et il faudra procéder avec précaution au moment du forage.

[Ongo]

La résistivité ne varie pas avec la profondeur, l'existence d'une couche aquifère est peu probable.

[Ongoni]

Les couches 1 et 2 sèches ont une résistivité de 2.000 à 4.000  $\Omega$ -m. La résistivité baisse à 1.600  $\Omega$ -m à partir de 30 m de profondeur, comme elle est trop forte, le volume d'eau ne doit pas être important.

iii) District de P.C.A. Ollombo

[Djou]

La couche au-dessous de 30 m a une résistivité de couche aquifère, mais la résistivité étant trop faible, le volume d'eau n'est certainement pas très important.

[Béné]

Une couche aquifère possible a été détectée à plus de 20 m de profondeur, avec une résistivité de 20  $\Omega$ -m, mais comme pour Djou, on ne peut pas espérer de volume important.

[Ngouéné]

La couche aquifère d'une résistivité de 430  $\Omega$ -m se trouve entre 10 et 60 m de profondeur. Au-dessous de 60 m, il y a une couche de roches argilo-sablonneuses dures à faible infiltration.

[Okassá]

La résistivité augmente avec la profondeur, l'existence d'une couche aquifère est peu probable.

iv) District d'Oyo

[Abo]

La couche aquifère supérieure se trouve entre 5 et 8 m de profondeur, la couche inférieure à plus de 35 m. C'est un bon point de forage.

[Ekongo I]

Comme à Abo, il y a une couche aquifère supérieure et inférieure. La couche inférieure se trouve à plus de 40 m de profondeur, et même davantage peut-être.

[Ekongo II]

La répartition de la résistivité ressemble à celle d'Ekongo I, mais la résistivité est faible en profondeur, et on pense à une baisse de l'infiltration due à une augmentation de la part d'argile.

[Tchikapika]

A proximité de la rivière Alima, il y a une couche aquifère peu profonde à moins de 10 m, qui est sans doute due à la pénétration de la rivière Alima. Une couche aquifère profonde a été mesurée à plus de 80 m au point de mesure 1 et à plus de 60 m au point de mesure 2. La profondeur de mesure du point 1 étant considérable, une seconde étude sera nécessaire.

[Miaba]

Couche aquifère supérieure à 5 m de profondeur et couche aquifère inférieure à plus de 50 m. Un bon point de forage.

[Bokouélé]

Au point de mesure 1, couche aquifère à environ 10 m de profondeur et à plus de 50 m, au point 2, couche aquifère à plus de 80 m. Possibilités importantes. La couche du point 2 étant trop profonde, une seconde étude est nécessaire.

[Otsendé]

Couche aquifère supérieure entre 10 et 15 m de profondeur, et couche

inférieure à plus de 90 m. Une seconde étude de la couche inférieure est nécessaire, il faudra choisir un point peu profond.

[Obouya]

Résistivité de couche aquifère, 200  $\Omega$ -m, à plus de 50 m de profondeur, mais elle peut être plus profonde. Au-dessus de cette couche aquifère, il y a une couche à forte résistivité de 400  $\Omega$ -m, qui est sans doute en socle dur.

[Obélé]

Présence de socle entre 10 et 25 m de profondeur, couche aquifère à plus de 25 m. Entre 25 et 80 m de profondeur, la résistivité est forte, 1.800  $\Omega$ -m, le volume d'eau n'est certainement pas important, et au-dessous de 80 m, la résistivité est faible 180  $\Omega$ -m.

v) District de Boundji

[Okouessé]

Possibilité de nappe aquifère dans la couche superficielle entre 2 et 3 m de profondeur à résistivité de 250  $\Omega$ -m. Mais l'épaisseur de la couche, sa profondeur la rendent insuffisante pour un forage.

[Ondingui]

Couche aquifère d'une résistivité de 3.450  $\Omega$ -m entre 8 et 15 m de profondeur, mais volume d'eau sans doute peu important.

[Odikango]

Couche aquifère supérieure entre 5 et 8 m de profondeur, couche inférieure à plus de 40 m de profondeur. Un bon point de forage.

[Eiembé]

La répartition des résistivités ressemble à celle d'Odikango, mais la profondeur des deux couches aquifères est moins importante. La résistivité de la couche aquifère inférieure est assez élevée, mais elle est épaisse, et en creusant assez profond, on pourra certainement obtenir un volume d'eau important.

vi) District d'Owando

[Obeya]

Deux couches aquifères, couche supérieure entre 8 et 20 m, couche inférieure à plus de 45 m. La couche supérieure se trouve à une profondeur équivalente à celle des puits creusés à la main. La résistivité de la couche inférieure, moins de 20  $\Omega$ -m, est plutôt faible, et le volume n'est certainement pas important.

[Otendé]

Au point de mesure 1, on a détecté une résistivité faible à plus de 5 m de profondeur, mais il n'y a pas de grande différence avec les autres couches. Il y a certainement une couche aquifère à plus de 70 m de profondeur. Au point de mesure 2, la résistivité augmentant avec la profondeur, l'existence d'une couche aquifère est peu probable.

[Elinguinawé]

Au point de mesure 1, la résistivité augmente avec la profondeur. L'existence d'une couche aquifère est peu probable. Au point de mesure 2, la résistivité baisse à partir de 15 m de profondeur, il doit y avoir une couche aquifère intéressante à plus de 85 m. Si l'on considère les résultats du sondage au point 1, il est très possible que la profondeur de la couche aquifère baisse vers l'ouest, il sera donc possible de trouver la couche aquifère à moins de 85 m à l'ouest du point 2.

[Elingossayo]

Au point de mesure 1, la résistivité augmente rapidement avec la profondeur, l'existence d'une couche aquifère est très peu probable. Au point 2, c'est le contraire, la résistivité baisse beaucoup en profondeur. Ce qui permet de conclure qu'il y a un volume d'eau faible.

[Ossangou]

La résistivité varie peu de 200 à 300  $\Omega$ -m jusqu'à 85 m de profondeur environ, l'existence d'une couche aquifère intéressante semble difficile. Au-delà de 85 m, la résistivité est de 10  $\Omega$ -m, ce qui est trop faible pour une couche aquifère.

vii) Zone de P.C.A. Allembe

[Ossangui]

La couche aquifère de 620 D-m se trouve à environ 10 m de profondeur; sa faible profondeur ne laisse pas espérer de volume important.

viii) District de Makoua

[Bokania]

Couche aquifère supérieure entre 5 et 10 m de profondeur, couche inférieure à plus de 30 m, fortes possibilités. La résistivité de la couche inférieure est un peu faible, mais provenant d'une profondeur relativement faible, il sera sans doute possible d'obtenir un volume suffisant en creusant plus profondément.

[Ikoumou-Okholo]

Couches aquifères entre 6 et 8 m de profondeur et à plus de 70 m sans doute. La variation de résistivité et l'épaisseur de la couche supérieure étant faibles, la résistivité n'est pas très claire. La résistivité de la couche inférieure étant trop basse, on ne peut pas espérer de volume important.

[Atekou]

La couche aquifère de 40 D-m se trouve à plus de 60 m de profondeur, mais son volume est certainement insuffisant.

[Benzé]

Comme pour Atekou, il y a une couche aquifère en profondeur, mais la résistivité calculée de 20 D-m, ce qui la rend encore moins intéressante que celle d'Atekou.

[Aboua]

Au point de mesure 1, on a détecté une couche aquifère entre 2 et 3 m de profondeur, mais sa profondeur et son épaisseur sont insuffisantes. A partir de 3 m, la résistivité augmente, et on ne peut pas espérer trouver d'autre couche aquifère. Au point de mesure 2, on estime qu'il y a une couche aquifère épaisse entre 10 et 85 m de profondeur, d'une résistivité de 1.000 D-m. La résistivité est forte, mais l'épaisseur de

la couche étant considérable, on pense trouver un volume d'eau assez important.

[Mvoula]

Au point de mesure 1, couches aquifères entre 15 et 25 m, et au-dessous de 75 m de profondeur. La résistivité permet de dire que ce sont des couches intéressantes. Au point de mesure 2, excepté la couche superficielle, une résistivité de 1.130 à 1.140  $\Omega$ -m, qui indique qu'il n'y a pas de couche aquifère prometteuse.

[Boya]

Couche aquifère entre 4 et 5 m de profondeur, et couche inférieure à plus de 90 m de profondeur. La profondeur et la résistivité ne laissent pas espérer de volume important.

Le Tableau 3-10 indique les résultats du sondage électrique effectué sur les différents sites candidats au creusement d'un forage. La zone présentant une structure géologique simple à base de sable, de mélange sable-argile et de roches argilo-sablonneuses, on a fait un classement géologique d'après la résistivité.

Et l'estimation des forages a été faite sur la base des trois symboles suivants:

- o : Couche aquifère prometteuse, grandes possibilités
- $\Delta$  : Débit faible, ou bien couche se trouvant à une profondeur faible, la pollution est à craindre.
- x : Couche aquifère inexistante

Tableau 3-9 Estimation de l'exploitation des  
eaux souterraines

Région des Plateaux

District	Village	Résis- tivité	Profondeur de la couche aquifère	Type	Esti- mation	Remarques
Gamboma	Ngobana	1.670	70	A	Δ	Faible résistivité
	Ossio	4.000	15	B	×	
	Ngakiélé	1.750	5	D	Δ	Moins profond
	Etoro	1.000	5	D	Δ	"
	Mbobi	3.200	30	B	×	
	Inkouélé	740	20	A	o	
	Odzio	870	50	B	Δ	
	Mossindé	310	15	A	o	
P.C.A. Ongogni	Ongouala	160	40	C	o	
	Owé	280	70	A	o	
	Oyali	300	30	A	o	
P.C.A. Ollombo	Djou	20	30	A	Δ	Faible résistivité
	Béné	20	20	A	Δ	"
	Ngouéné	430	10	C	o	

Région de la Cuvette (I)

District	Village	Résis- tivité	Profondeur de la couche aquifère	Type	Esti- mation	Remarques
Oyo	Abo	160	35	A	o	
	Ekongo I	360	40	B	o	
	Ekongo II	60	40	D	Δ	Faible résistivité
	Tchikapika I	250	80	D	o	
	Tchikapika II	530	60	B	o	
	Miaba	270	50	A	o	
	Bokouélé I	110	50	B	o	
	Bokouélé II	180	80	A	o	
	Otsendé	140	90	C	o	
	Obouya	200	50	A	o	
	Obélé	180	80	A	o	
	Oyo	1.330	40	B	x	Forage négatif
Oyo	500	50	A/B	o	Forage positif	
Owando	Obeya	17	50	C	Δ	Faible résistivité
	Otendé I	290	70	C	o	
	Otendé II	650	15	B	x	
	Elinguinawé I	1.840	30	B	x	
	Elinguinawé II	440	90	A	o	
	Elingossayo I	5.500	20	B	x	
	Elingossayo II	50	60	A	Δ	Faible résistivité
Boundji	Okouessé	240	5	D	Δ	
	Ondingui	470	5	D	Δ	Moins profond
	Odikango	120	40	C	o	
	Eliembé	670	20	C	o	



Région de la Cuvette (II)

District	Village	Résis- tivité	Profondeur de la couche aquifère(m)	Type	Esti- mation	Remarques
Makoua	Ikoumou- Okhoko	40	70	C	Δ	Faible résistivité
	Bokania	80	30	C	o	
	Aboua I	1.380	40	D	×	
	Aboua II	1.000	10	D	Δ	Moins profond
	Mvoula I	730	70	C	o	
	Mvoula II	930	50	D	Δ	Forte résistivité

Tableau 3-10 Estimation de l'exploitation des eaux  
souterraines (documents existants)

Région des Plateaux

District	Village	Résis- tivité	Profondeur de la couche aquifère	Type	Esti- mation	Remarques
P.C.A. Allembé	Ossangui	2.600	15	D	Δ	Moins profond
Gamboma	Obala	20	60	A	Δ	Faible résistivité
P.C.A. Ongogni	Ongo	2.500	10	B	×	
	Ongongi	1.600	30	A	Δ	Forte résistivité
Ollombo	Okassa	2.500	10	B	×	

Région de la Cuvette

District	Village	Résis- tivité	Profondeur de la couche aquifère(m)	Type	Esti- mation	Remarques
Owando	Ossangou	10	80	C	Δ	Faible résistivité
Makoua	Atekou	40	70	A	Δ	"
	Benzé	20	80	A	Δ	"
	Boya	50	90	C	Δ	"

#### 4) Résumé du sondage électrique

Le résumé concernant les 44 points du sondage électrique et les 9 points de mesure des documents existants est le suivant:

- i) Couche aquifère prometteuse: 23 points
- ii) Coefficient d'infiltration faible, couche aquifère existant uniquement à faible profondeur, donc volume d'eau sans doute peu important: 21 points
- iii) Probabilité d'existence de couche aquifère faible : 9 points
- iv) La profondeur moyenne de la couche aquifère est de 53 m. Et si l'on prévoit de forer à 10 m dans la couche aquifère, on obtient une profondeur de forage de 63 m en moyenne. Ce qui correspond à la profondeur moyenne de 60 m prévue pour ce projet.
- v) Il y a peu de forages dans la zone du projet, la comparaison avec le sondage électrique n'a été possible qu'en 1 point à Oyo. Les résultats de mesure montre une forme composée du type A et du type B, et la répartition de la résistivité était différente des autres points mesurés.

Il est souhaitable que l'appréciation des couches aquifères par la résistivité (en particulier pour les couches aquifères profondes de type A et C) soit réétudiée en comparant les résultats du creusement des forages et de la résistivité après le commencement des travaux de construction des forages du projet. Par ailleurs, tenant compte des différences de mesure trouvées en 2 points d'un même village, on estime qu'on pourrait trouver des points de forage prometteurs en effectuant des sondages électriques précis avant les travaux. La durée du sondage électrique effectué a été très courte; vu l'étendue de la zone d'enquête, on a principalement essayé de saisir la structure hydrogéologique d'ensemble. Par conséquent, il faudra donc effectuer un sondage électrique précis avec l'aide de l'équipe d'enquête de la Direction de l'Hydraulique avant les travaux afin de fixer des points de construction de forage précisément étudiés.

### 3-4 Environnement social

#### 3-4-1 Situation dans les villages

La zone du projet, qui fait partie de la zone subtropicale-équatoriale à plantes vivaces, constitue un environnement naturel peu adapté au développement de surface habitée et surface cultivée. Dans ce contexte, il est inévitable que la densité de population soit faible, et la plupart des villages comptent de 100 à 300 habitants, et le développement de surface cultivée par les villageois eux-mêmes étant limité, on se contente de cultiver de champs à brûlis le long des pistes existantes et d'élever quelques bestiaux.

Le long de la route nationale 2, on trouve du Sud au Nord, des villes rurales (plus de 5.000 habitants) de Ngo, Gamboma, Olombo, Obouya, Oyo, Owando, Makoua, etc. qui comptent de 2.000 à 14.000 habitants, et de même, de nombreux petits villages se sont formés le long de la route ou dans les environs pour profiter du côté pratique et de la sécurité qu'elle offre.

#### 3-4-2 Situation de l'approvisionnement en eau

On estime le volume nécessaire en milieu rural à 20 litres par jour et par personne, et dans les villages où la situation hydraulique est bonne (installation de puits, de source), en dehors de la saison sèche ou des cas de sécheresse, les habitants disposent de l'eau nécessaire. Mais dans la majorité des villages, les habitants sont obligés de s'approvisionner en eau aux rivières, lacs et étangs, aux eaux de pluies (réservoirs) qui ont des problèmes de qualité d'eau et d'assainissement.

Dans ce cas, les problèmes qui se posent sont le travail nécessaire au puisage et au transport de l'eau, la qualité de l'eau et la survenance des maladies liées à l'eau, l'insuffisance d'eau durant la saison sèche, etc.

Si l'on considère l'utilisateur de l'eau dans le détail, la majorité

des habitants des zones rurales utilise l'eau des rivières, la distance jusqu'à la rivière est longue, et dans les villages des terrasses où le plan d'eau des eaux souterraines est profond, on utilise en général l'eau de pluie (réservoirs, fûts, etc.), la construction de forages à l'installation d'approvisionnement en eau moderne est promue par les projets de construction de forages s'appuyant sur l'aide étrangère, mais il n'en existe que peu actuellement dans la zone du projet.

Actuellement, parmi les villages congolais, il y en a 1.200 d'une population de 150 à 2.500 habitants, qui ne disposent pas du volume d'eau nécessaire (20 litres par personne et par jour), et compte tenu de la structure des villages, on a conclu qu'il faudrait construire environ 2.000 forages pour résoudre le problème de l'approvisionnement en eau.

3-4-3 Survenance des maladies épidémiques et endémiques

Tableau 3-11 Principales maladies épidémiques et endémiques de la République Populaire du CONGO

Maladie	Nbre de cas	Nbre de décès
Amibiase*	2.463	-
Maladies diarrhétiques*	39.359	6
Tuberculose pulmonaire	501	32
Lèpre	368	364
Coqueluche	1.212	-
Varicelle	2.606	-
Rougeole	8.789	-
Tétanos	31	4
Népatite virale*	1.019	5
Paludisme	78.095	7
Trypanosomiase	252	10
Syphilis	172	-
Pian	2.258	-
Schistosomiase*	272	-
Filariose	173	-
Ankylostomiase*	591	-
Nombre de cas totaux	138.161	428 + α
Population totale (1987)	1.912.429	-
Cas totaux/population totale	7,2%	-
Taux de décès dans la région rurale (1984)	-	18,79%

\* Maladie liée à l'eau, Données du Ministère de la Santé 1981 - 1982

La situation concernant les maladies épidémiques et endémiques est inconnue pour la zone du projet, les données du Ministère de la Santé sont anciennes et incomplètes, et le Tableau ci-dessus donne une idée de la situation dans l'ensemble du Congo. En 1984, 7,2% de la population était malades, le manque de dispensaires dans les villes rurales et le problème des frais et du déplacement vers les dispensaires faisaient que beaucoup de malades n'étaient pas soignés, et l'on peut estimer que le nombre des malades doit être beaucoup plus élevé que les données statistiques, vu la dégradation du cadre de vie.

De nombreux malades (on dit qu'il y a beaucoup de malades, mais il n'existe pas de données) sont tous les ans atteints de maladies liées à la consommation d'eau insalubre telles que dysenterie amibique, hépatite amibique, diarrhée, ainsi que les maladies liées à la consommation des eaux des rivières, bilharzie, antolostomiase, et d'autres maladies parasitaires, et le Gouvernement Congolais a mis en place les mesures suivantes pour y faire face.

- i) Augmentation du nombre de dispensaires publics
- ii) Vaccination préventive et lutte contre les maladies endémiques
- iii) Approvisionnement en eau potable et sensibilisation de la population aux problèmes d'assainissement
- iv) Education sanitaire et amélioration de l'assainissement
- v) Mise en place d'organismes sanitaires publics et de conseillers médicaux

#### 3-4-4 Conditions routières

Comme le montre la carte de la zone du projet, la République Populaire du Congo possède 2 routes nationales: la Nationale 1 qui relie la capitale Brazzaville (595.000 habitants, 1989) à Pointe-Noire (300.000 habitants) le deuxième port du pays sur l'Océan Atlantique (604 km) et la Nationale 2 qui relie Brazzaville à Ouesso, ville située à la frontière camerounaise.

## 1) Route Nationale 1

Cette route n'est goudronnée que sur la distance Brazzaville-Kinkala (85 km) et à partir de 40 km avant Pointe-Noire (largeur de 7,0 à 7,5 m), sur la longueur restante, 450 km, c'est une route en latérite non goudronnée (instable, largeur minimale de 4,0 m). Sur la partie en latérite, elle est particulièrement mauvaise sur les 160 km précédant les 40 km (forêt de Mayombe) goudronnés avant Pointe-Noire, où l'on rencontre inégalités de surface, fissures dues à la pluie, ornières, destruction de la surface, arbres abattus, courbes sans visibilité, etc., et durant la saison des pluies, le passage est difficile même pour les véhicules à 4 roues motrices.

L'état de délabrement de la route s'explique par l'entretien pratiquement nul dont elle fait l'objet à cause du tracé pratiquement parallèle de la voie ferrée (Brazzaville-Ponte-Noire, 517 km), et il semblerait que la priorité soit accordée au train comme moyen de transport.

Par ailleurs, il est ordinaire d'utiliser le train pour le transport des équipements et matériaux entre Brazzaville et Pointe-Noire. On parlera du train séparément.

## 2) Route Nationale 2

L'état de cette route dans la zone du projet est la suivante:

### i) Brazzaville-Obouya (456 km)

C'est une route goudronnée sur une largeur de 7,0 à 7,5 m + bas côtés non goudronnés de 0,5 à 1,0 m. Dans la zone de vallées au delà de Bouambé, le passage est difficile à cause des fissures provoquées par la pluie, l'asphalte a été partiellement arraché, il y a des inégalités, mais en général, la route est en bon état et le transport des équipements et matériaux possible.

### ii) Obiuya-Owando (67 km)

L'état de la route ressemble à i), mais sa largeur n'est que de 4,0 à 4,5 m, et le transport des équipements et matériaux devra être fait

avec prudence. La base rurale sera construite à Owando.

iii) Owando-Makowa (71 km)

C'est une portion en latérite non goudronnée d'une largeur non fixe (plus de 5 m), durant la saison des pluies, elle est boueuse et le passage est difficile. En particulier dans les parties marécageuses, la route est inclinée et les eaux de pluie s'y accumulent, il y a des fissures, qui rendent le passage très difficile.

iv) Routes secondaires

Ces routes relient les villes rurales et les villages, elles ne sont ni goudronnées ni achevées. La largeur n'est pas stabilisée, entre 5 à 2 m en général, les inégalités sont nombreuses, la circulation est difficile à cause des fissures dues à la pluie, et il y a des inégalités de surface partout.

v) Autres

Les ponts de la Nationale 2 peuvent être empruntés par les gros camions, mais sur les routes secondaires, les ponts sont principalement des constructions simples en bois, certains ont été emportés par les eaux à cause de l'usure ou des pluies violentes, et donc le passage est impossible pour les gros camions à certains endroits.

3-4-5 Situation ferroviaire

Le trajet emprunté par la ligne Brazzaville-Pointe-Noire compte 6 tunnels, et d'après la Figure A-9 présentant une section de passage en charge standard des trains. On a prévu la foreuse sur camion de la plus grande taille dans les équipements du projet, longueur de 10,4 m, hauteur de 4 m, largeur de 2,5 m, mais elle dépasse la limite de hauteur de passage de la voie ferrée.

Il faudra donc démonter le mât de la foreuse sur camion pour son transport par train. Le mât sera donc démonté au Japon avant l'expédition, et après l'arrivée à Brazzaville, une grue à 10 t environ sera utilisée pour le mettre en place sur la foreuse. Le mât devra donc être à articulation à tourillon simple.



### 3-4-6 Cadre de vie

Chaque ville rurale le long de la Nationale 2 possède une station-service. Il y a des installations d'hébergement à Ngo, Oyo, Owanda et Makoua, mais seules celles d'Oyo peuvent convenir à des étrangers. La communication téléphonique est difficile à Brazzaville et dans la zone du projet, et on a remarqué aucune installation ordinaire de télécommunications.

Dans les capitales régionales, il y a une adduction d'eau (centre d'épuration des eaux de la rivière) et une installation électrique (génératrice diesel), mais les problèmes budgétaires ne permettant pas de régler les frais de produits chimiques et de carburant, l'approvisionnement en eau et l'alimentation en électricité sont limités (approvisionnement en eau et alimentation en électricité de 6 h 30 à 8 h, et de 18 h à 22 h). Ce temps d'alimentation est allongé le samedi et le dimanche, mais les coupures d'eau et d'électricité sont fréquentes, le temps d'alimentation n'est pas fixé. Les établissements publics, hôpitaux, entreprises, hôtels, etc. sont alimentés, mais beaucoup d'habitants ne le sont pas.

### 3-5 Résumé de ce secteur

La Direction de l'Hydraulique, responsable du présent projet, ne dispose pas d'un bureau régional ni de personnel dans la zone du projet, et après la prise de décision concernant l'exécution du projet, la partie japonaise construira à sa charge une base rurale à Owando, région de la Cuvette, qui servira de base aux activités régionales des projets hydrauliques.

## CHAPITRE 4 PROJET



## Chapitre 4 Projet

### 4-1 Objectifs du projet

Le Gouvernement Congolais promeut actuellement les projets d'Approvisionnement en Eau en Milieu Rural visant à fournir de l'eau potable aux habitants des zones rurales, à éviter la propagation des maladies épidémiques et endémiques, et à améliorer l'assainissement du cadre de vie, qui constituent des priorités dans le premier Plan quinquennal et le second Plan quinquennal (1982-1994) du Gouvernement Congolais, mais compte tenu de ses problèmes financiers et techniques du Gouvernement Congolais, ces objectifs n'ont pas pu être atteints.

Le Gouvernement Congolais, pour éviter le report de ce projet d'approvisionnement en eau du milieu rural, a choisi une zone modèle pour les Projets d'Approvisionnement en Eau du Milieu Rural dans les régions de Plateaux et de la Cuvette, a établi un projet de construction de 200 forages dans 98 villages au moyen de 2 foreuses, et ce projet vise à la fourniture des équipements et matériaux de construction des forages, les travaux de construction des forages et la construction de la base centrale et de la base rurale dans le cadre de la Coopération financière non-remboursable du Gouvernement Japonais.

### 4-2 Etude du contenu de la requête

#### 4-2-1 Pertinence et nécessité du projet

##### 1) Pertinence du projet

Ce projet qui devrait fournir ordinairement de l'eau pure pour la vie quotidienne en provenance des nappes souterraines, éliminer les problèmes d'insuffisance en eau en cas de sécheresse et durant la période sèche, et réduire considérablement les maladies liées à la consommation d'une eau insalubre améliorera et stabilisera la vie des habitants, assurera leur sédentarisation, améliorera l'assainissement, et contribuera à libérer la population du puisage de l'eau non

productif, il accélèrera également le développement social de comités ruraux centrés sur les forages, et toutes ces raisons le rendent pertinent pour l'octroi de la Coopération financière non-remboursable.

## 2) Nécessité du projet

En dehors des adductions d'eau urbaines, qui sont les seules installations d'alimentation en eau de la zone du projet, il n'existe aucune installation moderne, et les habitants s'approvisionnent ordinairement aux rivières et aux eaux de pluie.

Les forages prévus dans le projet seront de type scellé, en béton armé; ils seront équipés d'une pompe à pied, et comme ils puiseront l'eau des nappes souterraines, ils seront d'un type résistant, ne demandant que peu d'effort physique pour assurer une eau de qualité en quantité suffisante.

Comparées aux adductions d'eau et aux réservoirs modernes (aide de l'Allemagne fédérale), les installations d'approvisionnement en eau par forage, sont moins onéreuses. Sur le plan fonctionnel, elles sont de même niveau, et compte tenu qu'elles seront construites dans de petits villages éparpillés sur un périmètre large, elles constituent une solution très réaliste au problème de l'eau, indispensable pour remplir les objectifs d'approvisionnement en eau potable, d'évitement des maladies épidémiques et endémiques, et d'amélioration de l'assainissement.

### 4-2-2 Projet d'exécution et d'exploitation

Le projet d'exécution et d'exploitation de la partie congolaise prévoyait d'appliquer la Coopération financière non-remboursable du Gouvernement Japonais à l'ensemble du contenu de la requête, mais l'explication du système de la Coopération financière non-remboursable par la mission et les concertations qui ont eu lieu entre la mission et la partie congolaise ont donné lieu à une modification du projet.

Le système d'exécution et d'exploitation de la Direction de l'Hydraulique, l'organe d'exécution du projet, qui n'a pas encore

d'expérience en matière de travaux de construction de forages, et ne possède aucun spécialiste dans ce domaine, ne lui permet pas, vu ces problèmes techniques, de réaliser elle-même l'exécution et l'exploitation du projet.

La partie congolaise, comprenant bien cette situation, a donc demandé au Gouvernement Japonais de lui accorder un transfert technologique permettant la création d'un système d'exécution-exploitation qui lui permettrait de réaliser les travaux de construction des forages elle-même au moyen des équipements et matériaux fournis pour la construction des forages, des travaux de construction des forages et de la coopération technique fournies dans le cadre de la coopération financière non remboursable.

Le Tableau 2-5 indique une estimation du budget annuel de la Direction de l'Hydraulique, qui n'a pas augmenté ces trois dernières années, et le budget 1989 a même baissé de 29,3% par rapport à celui de l'année précédente. Le budget 1990 n'était pas encore fixé au moment de l'étude, un budget provisionnel lui avait attribué pour son exploitation.

Sur le plan budgétaire, la Direction de l'Hydraulique, qui a été créée il y a environ 6 ans, est restée une structure (33 agents) incapable de réaliser des projets hydrauliques autonomes à cause de son budget insuffisant. Pour résoudre ces problèmes, et pour permettre à la Direction de l'Hydraulique de remplir son rôle propre qui est la promotion des projets hydrauliques du second Plan Quinquennal, on prévoit, après la conclusion de l'E/N concernant la concrétisation du présent projet, de lui fournir un budget spécial, d'améliorer son organisation et d'améliorer le niveau technique de ses employés.

Sur la base de la situation actuelle et des intentions concernant la Direction de l'Hydraulique, l'accent a été mis sur le transfert technologique suivant, comme projet d'exécution-exploitation du projet.

Le système d'exécution-exploitation du présent projet se fondera sur la fourniture des équipements et matériaux, des travaux de construction des forages, de la coopération technique réalisés dans le cadre de la Coopération financière non remboursable du Gouvernement Japonais, et la Direction de l'Hydraulique allouera les équipements fournis dans ce cadre à l'entrepreneur japonais, qui effectuera un transfert technologique portant sur les techniques de forage sur les techniciens de la partie congolaise.

Le projet de construction de forages prévoyait, pour la première année, la construction de 50 forages, et pour la deuxième année, la construction de 50 forages par la partie congolaise, par le biais du transfert technologique; mais compte tenu de l'avis du responsable du projet de construction de forages dans la région de Niari (Allemagne fédérale, réalisé sur 6 ans) qui considère cette année de transfert technologique trop courte, la partie japonaise a décidé d'exécuter les travaux de construction des 100 forages du projet, phase 1 et phase 2, pour en faire un projet qui assurera un transfert technologique prometteur.

#### 4-2-3 Projets similaires

Il n'existe que deux projets similaires au Congo, le premier est un projet de construction de forages visant à lutter contre la bilharzie réalisé dans la région de Niari, dans le sud du pays dans le cadre de l'aide allemande (1984-1991, 138 forages sur 160 sont déjà achevés) et le projet de construction d'installations d'alimentation en eau à structure fonctionnant sur des marécages et sources, ayant pour objectif l'approvisionnement en eau potable et l'assainissement ruraux dans la région de Pool, dans le centre du pays, exécuté avec l'aide de l'UNICEF (commencement des travaux en mars 1990, projet de 100 installations).

Dans la zone du présent projet, il existe deux projets, l'un de construction de l'impluvium citerne visant à l'approvisionnement en eau pour la vie quotidienne, centré sur la ville de Dlambala, région des Plateaux, exécuté avec l'aide allemande (1984-1991), (66 des 81

réservoirs sont déjà achevés) et un projet de construction de forages dans les régions de Pool et de la Cuvette prévu avec l'aide du FED (160 forages, nombre exact des forages encore inconnu, projet prévu dans 2 ou 3 ans).

Les projets similaires, les projets hydrauliques en cours d'exécution ou en projet (Voir le Tableau 2-8.) sont tous réalisés avec l'aide étrangère, et ont été ajustés de manière à ne pas recouvrir la zone du projet japonais.

Les deux régions des Plateaux et de la Cuvette, qui forment la zone objet du projet de construction des forages (100 forages) ne comptent actuellement que 5 forages: 2 dans la région des Plateaux et 3 dans celle de la Cuvette. La partie congolaise espère beaucoup de résultats de ce projet pilote, qui intéresse également les organismes d'aide étrangers aux projets hydrauliques.

#### 4-2-4 Eléments composants du projet

##### 1) Bénéficiaires

Il n'existe aucune installation d'alimentation en eau dans la zone du projet, qui ayant pour objectif de faire abandonner aux habitants des villages où l'eau manque l'usage de l'eau insalubre des rivières et de l'eau de pluie, en vue de lutter contre les maladies épidémiques et endémiques, aura pour bénéficiaires toute la population des villages concernés.

Les 20.197 bénéficiaires (Tableaux 4-2 à 4) calculés par la partie congolaise pour le projet de construction de 100 forages, bien que moins nombreux que ceux de la requête 25.652 habitants (Tableaux 2-13 à 15, 200 forages), satisfont à la norme "1 forage pour 200 habitants".

##### 2) Volume d'eau objectif

La partie congolaise prévoit le volume d'eau consommé par personne dans la zone du projet comme suit:

- i) Gros consommateurs (hôtels, bureaux, etc.) 100 l/pers./jour



ii) Personnes à revenu élevé	50 l/pers./jour
iii) Personnes à revenu moyen	20 l/pers./jour
iv) Personne à revenu faible	5 à 10 l/pers. /jour

Les habitants de la zone du projet entrent dans les catégories iii) et iv), et le volume d'eau unitaire fourni dans les zones rurales en Afrique occidentale étant de 20-25 litres par personne et par jour, un volume d'eau de 20 litres par personne et par jour a été jugé pertinent pour améliorer les conditions d'approvisionnement en eau dans les villages.

### 3) Débit

Les forages seront jugés positifs si un débit supérieur à 0,5 m<sup>3</sup>/h (norme congolaise concernant le débit) est vérifié aux essais de pompage. Dans ce projet, on a prévu d'équiper les forages d'une pompe à pied, et celle offrant un débit de 1,4 m<sup>3</sup>/h, 1,0 m<sup>3</sup>/h et 0,5 m<sup>3</sup>/h respectivement à des profondeurs de 25, 45 et 60 m, on peut espérer un débit supérieur.

### 4) Nombre de forages à construire

Le nombre de forages nécessaires se calcule à partir du nombre de bénéficiaires (20.197 habitants), du volume d'eau objectif (20 litres par personne et par jour) et du débit (0,5 m<sup>3</sup>/h). Par ailleurs, le temps de fonctionnement de la pompe sera de 8 heures par jour: 3 heures matin et soir, et 2 heures dans la journée.

Volume total par jour : 20.197 habitants x 20 l = env. 404 m<sup>3</sup>

Débit durant les 8 heures

de fonctionnement: 0,5 m<sup>3</sup>/h x 8 = 4 m<sup>3</sup>

Nombre de forages nécessaires:

404 m<sup>3</sup> : 4 m<sup>3</sup> = env. 100 forages

Vu ces résultats, le nombre de forages à construire dans ce projet et le nombre de forages nécessaire coïncident, ce qui montre la pertinence de ce projet. Les villages ont un nombre d'habitants assez variable, mais la norme de "1 forage pour 200 habitants" étant respectée, l'étude

permet de dire que même avec le débit le plus bas de 0,5 m<sup>3</sup>/h, la réalisation du projet permettra de fournir facilement plus du volume objectif aux bénéficiaires (20.197 habitants).

#### 5) Nombre d'équipes d'exploitation des eaux souterraines

Les conditions posées pour l'étude ont été les suivantes.

- i) La partie congolaise a estimé à 60 m la profondeur moyenne des forages, et le sondage électrique effectué a permis d'établir à 63 m la profondeur moyenne, et la capacité de pompage de la pompe à pied (60 m) ont permis de fixer à 60 m la profondeur moyenne.
- ii) Pour les travaux de construction des forages (région de Niari) réalisés dans le cadre de l'aide allemande, on a pu forer à 60 m dans le socle en 2 à 3 jours, et il a fallu encore 2 à 3 jour pour laver le forage, et installer la pompe à pied. Il faut donc moins d'une semaine pour achever un forage. Si l'on s'en tient au forage même, il sera possible de creuser 2 à 3 forages par semaine, et d'avancer en moyenne de 20 m par jour.
- iii) Les zones de projet sont différentes, mais comme il n'existe pas de données d'étude concernant la zone du projet, on a prévu un taux d'échec de 20%, compte tenu du taux d'échec de 18% (forage à sec, débit insuffisant) des travaux de construction du projet allemand (138 forages achevés).
- iv) Ce projet prévoyant de construire 50 forages en 1 an, le temps réel nécessaire sera de 10 mois, compte tenu de la saison des pluies et des révisions à faire.

Sur la base de ces éléments, on a défini les équipes d'exploitation des eaux souterraines comme suit:

Longueur de creusement:  $60 \text{ m} \times 50 \text{ forages} \times 1,3 = 3.600 \text{ m}$

Nombre de jours

nécessaires au creusement:  $3.600 \text{ m} : 20 \text{ m/jour} = 180 \text{ jours} < 10$   
mois

Par conséquent, une équipe d'exploitation des eaux souterraines (1 foreuse) bien équipée suffira pour construire les 100 forages en 2 ans, et cela semble pertinent, même en incluant le transfert technologique.

#### 6) Année objectif

Ce projet devant être exécuté dans le cadre du second Plan Quinquennal (1990-1994), l'année objectif doit également entrer dans ce cadre, mais le commencement des travaux ayant été reporté, la partie congolaise prévoit de mettre ce projet en oeuvre en 1991.

Pour construire les 200 forages prévus dans le projet congolais initial dans la zone du projet, il faudrait compter environ 4 ans avec la foreuse fournie, et l'année objectif de ce projet serait donc considérablement reculée.

#### 4-2-5 Installations, et équipements et matériaux de la requête

##### 1) Installations de la requête

Les installations requises par la partie congolaise sont la construction d'une base centrale (Brazzaville, la capitale) et d'une base rurale (Owando). Un terrain a été mis à disposition à cet effet, mais aucun souhait n'a été formulé concernant les dimensions des installations.

La base centrale, dont la construction est prévue à Brazzaville, servira de centre global responsable de la construction des installations d'approvisionnement en eau de tout le pays; d'autre part, la Direction de l'Hydraulique ne possédant pas ce type de bureau, elle en a grand besoin; mais plus une installation est grande, plus elle est onéreuse, il a donc été jugé impossible de prendre en charge cette construction dans le projet. Toutefois, la base centrale étant indispensable pour la livraison des équipements et des matériaux, ainsi que pour leur entreposage, il faudra qu'elle soit construite à Brazzaville à la charge de la partie congolaise avant l'arrivée des équipements et matériaux du projet.

La base rurale, dont la construction est prévue à Owando, région de la Cuvette, qui sera la base principale des activités d'exploitation des eaux souterraines (projets futurs) de toute la zone nord du Congo, y compris la zone du projet, est indispensable pour les travaux de construction des forages du projet. Par conséquent, la partie japonaise

prendra à sa charge la construction d'une base minimale nécessaire pour l'avancement des travaux de construction des forages. Toutefois, la partie congolaise devra se charger de la mise à disposition et de l'aménagement du terrain prévu à cet effet avant l'arrivée des équipements et matériaux du projet.

## 2) Equipements et matériaux de la requête

Comme le montre le Tableau 2-12, les équipements et matériaux requis par la partie congolaise se composaient fondamentalement de ceux nécessaires à la construction de 200 forages au moyen de deux foreuses.

Les équipements et matériaux requis sont détaillés dans différents articles, mais du point de vue des items, quantités, combinaisons, applications, caractéristiques et de la nécessité, on a pu relever certaines confusions et contradictions techniques. A ce sujet, l'enquête sur place a donné lieu à une révision de la portée, des types, des équipements, des quantités et des caractéristiques, compte tenu de la portée du projet, de l'année objectif, de l'adaptation, de la maniabilité, de la fonctionnalité, du niveau technique, des résultats antérieurs, de la fourniture, et la concertation avec les responsables congolais a permis d'établir la liste d'équipements et matériaux proposés pour le projet indiqués par le Tableau 5-2.

Les items ci-dessous ont servi de base à l'établissement de cette liste.

- i) Equipements et matériaux nécessaires à une équipe d'exploitation des eaux souterraines travaillant avec une foreuse.
- ii) Equipements et matériaux nécessaires à la construction de 100 forages en 2 ans.
- iii) Equipements et matériaux nécessaires à la construction de la base rurale (Owando)
- iv) En ce qui concerne la foreuse, notre expérience des forages en Afrique nous a permis de constater qu'il était impossible de faire face aux problèmes de forage avec des foreuses sans percussion pneumatique (DTH) lors du forage de la couche du socle

précambrienne très dure répandue dans la région pour l'exploitation des eaux souterraines du socle (projets futurs). Compte tenu du fait que les villages sont dispersés sur une étendue très vaste, il est souhaitable d'utiliser une foreuse montée sur camion de grande capacité très résistante et très fonctionnelle.

- v) Les véhicules seront choisis en tenant compte de la composition standard de l'équipe d'exploitation des eaux souterraines de la Figure 4-2.
- vi) Les trépan et tuyaux de guide seront sélectionnés en fonction du procédé de forage du paragraphe 4-3-5 et de la Figure 4-3. Programme de forage.
- vii) Pour les trépan et les tuyaux de guide, on préférera le FRP de meilleure qualité que le PVC de la requête, et on calculera le nombre nécessaire pour 100 forages d'une profondeur moyenne de 60 m.
- viii) Comme pompe à motricité humaine, on optera pour la pompe à pied qui est supérieure à la pompe à bras sur le plan fonctionnel, de la maniabilité, de la gestion-entretien, du travail, des pièces de rechange, etc. répondant ainsi à la requête congolaise.

#### 4-2-6 Nécessité de la coopération technique

Au Congo, l'exploitation des eaux souterraines a commencé avec le projet d'aménagement hydraulique en milieu rural des régions de Niari et Plateaux réalisé avec l'assistance allemande. C'est un pays qui a une expérience d'à peine 6 ans en matière de construction de forages. Parce qu'il n'a pas été très touché par la grande sécheresse qui s'est abattue sur le Sahel après 1974, qu'il dispose d'un système hydraulique important, qu'il possède une nature vivace et est très arrosé, le Congo ne possède pas de technique compétente en matière d'exploitation des eaux souterraines.

Vu ces circonstances et sa situation financière, la Direction de l'Hydraulique, chargée des projets hydrauliques n'a aucune expérience de l'exploitation des eaux souterraines ni dans la construction de forages; elle possède des techniciens compétents formés par des stages

d'hydrogéologie à l'étranger, mais pas de techniciens pouvant être chargés de l'exécution sur place; la Direction de l'Hydraulique n'a donc pas une structure lui permettant de réaliser elle-même des travaux de construction de forages.

Les quelques projets hydrauliques réalisés avec l'aide étrangère ont été du type clé en main, et la partie congolaise regrette du fait qu'il n'y ait pas d'exploitation autonome réalisée par la Direction de l'Hydraulique ni de transfert technologique, et souhaite vivement que, par l'intermédiaire de la coopération technique et les équipements et matériaux fournis dans le cadre du projet, la Direction de l'Hydraulique se dote d'une structure qui lui permettra de réaliser les projets hydrauliques du plan national.

Les projets hydrauliques du plan national exigent l'emploi d'une foreuse à système de forage sophistiqué permettant un forage de haute qualité, et il sera très important que les techniciens de la Direction de l'Hydraulique soient formés au système de forage pour assurer la réussite du projet, et un transfert technologique sur le site sera indispensable.

#### 4-2-7 Orientation de base de la coopération

Nous avons conclu à la pertinence de l'octroi de la Coopération financière non-remboursable pour l'exécution du projet, parce que ses résultats, sa faisabilité, son système d'exécution ayant été confirmés par l'étude ci-avant, et que ses effets sont conformes au système de la Coopération financière non-remboursable. Aussi, en présupposant cet octroi, nous avons étudié l'aperçu du projet ci-dessus, et décidé de réaliser une étude du plan de base.

#### 4-3 Aperçu du projet

##### 4-3-1 Organisme d'exécution et système d'exploitation

Comme système d'exploitation, le Comité national de l'eau et de l'assainissement a établi une orientation de base pour les projets

d'exploitation des eaux souterraines, sur la base de laquelle la Direction de l'Hydraulique sous la Direction Générale de l'Energie concrétisera les projets d'exploitation des eaux souterraines, ce qui constituera un système d'exécution. Comme l'indique la Figure 2-2, la Direction de l'Hydraulique, en charge du projet, se compose d'un service d'étude et suivi des projets hydrauliques, responsable de la concrétisation des projets d'exploitation des eaux souterraines, des enquêtes sur les eaux souterraines, de la construction de forages, et d'un service de contrôle technique et réglementation, chargé du contrôle des travaux. C'est le service d'étude et suivi des projets hydrauliques qui sera chargé du projet.

L'équipe d'exploitation des eaux souterraines se divisera en équipe de forage responsable du creusement des forages, et équipe de finition des forages, chargée des travaux de finition des forages et des études concernant les eaux souterraines. Se référant au projet (allemand) de construction de forages dans la région de Niari, la partie congolaise a prévu le personnel indiqué au Tableau 4-1, et il faudra le personnel correspondant à une équipe pour assurer la gestion de la construction des forages.

Tableau 4-1 Composition de l'équipe d'exploitation des eaux souterraines

Fonction	Equipe de creusement	Equipe d'équipement
Chef d'équipe Ingénieur géologique	1	
Chef d'équipe Ingénieur hydraulique		1
Mécanicien	2	
Ouvrier qualifié	2	3
Chauffeur	2	1
Ouvrier simple	2	2
Total	9	7

#### 4-3-2 Projet des travaux

Le projet se composera des travaux ci-dessous.

- 1) Un grand nombre de villages utilisant des eaux insalubres étant dispersés sur une vaste étendue, la construction d'adductions d'eau modernes est impossible du point de vue financier, et c'est la réalisation de projets d'approvisionnement en eau s'appuyant sur la construction de forages fonctionnant sur des eaux souterraines pures qui s'avère le plus économique et apporte une solution rapide et radicale à la situation.
- 2) La zone du projet couvre Abala et Gamboma, 2 des 4 districts de la région des Plateaux, et Owando, Oyo, Boundji et Makoua, 4 des 10 districts de la région de la Cuvette. Comme le montrent les Tableaux 4-2 à 4, le projet de construction de forages prévoit pour la première année, la construction de 35 forages dans 28 villages de la région de la Cuvette et de 15 dans 14 villages de celle des Plateaux (soit 50 forages au total), et pour la seconde année, la construction de 50 forages dans 33 villages de la région des Plateaux, soit 100 forages au total.
- 3) La partie japonaise prendra en charge dans le cadre de la Coopération financière non remboursable les travaux de construction des forages durant 2 ans, auxquels participeront des techniciens de la Direction de l'Hydraulique, et un transfert technologique de type formation sur le site sera fourni principalement sur le plan des techniques de forages.
- 4) Comme il a été dit précédemment (4) du paragraphe 4-2-4), dans le cas de 20.197 bénéficiaires, d'un volume d'eau objectif de 20 litres par personne et par jour et d'un débit de  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ , il faudra construire 100 forages, et si le taux de réussite du projet est de 100%, il satisfera à l'objectif "1 forage pour 200 habitants".
- 5) Comme il s'est révélé que la pollution des sources d'alimentation de la zone du projet était une pollution secondaire artificielle, les



emplacements des forages devront être éloignés de plus de 50 m des toilettes, et des clôtures devront être installées autour de l'enceinte du forage pour éviter la pénétration des animaux, et il faudra sensibiliser la population aux problèmes d'assainissement.

- 6) On estime que la construction des 100 forages contribuera à éliminer les problèmes d'insuffisance en eau et de maladies liées à l'eau dont souffre la zone du projet, et il sera indispensable que la Direction de l'Hydraulique mette en oeuvre une campagne d'instruction concernant l'hygiène et crée un système de gestion-entretien exécuté par les habitants eux-mêmes, et cela avant même la généralisation des installations d'approvisionnement en eau, pour assurer le succès du projet.
- 7) Les forages du projet seront scellés au béton armé, le puisage s'effectuant au moyen d'une pompe à pied. Ils auront une profondeur moyenne de 60 m, et fonctionneront sur la nappe aquifère profonde, ce qui rendra leur pollution difficile (Voir la Figure 4-5). La construction d'un grand nombre de ces forages conduira les habitants à abandonner l'usage des eaux insalubres des rivières et des eaux de pluie (réservoir), et contribuera certainement à éviter dans une large mesure les maladies liées à l'eau.

#### 4-3-3 Position et situation de la zone du projet

Les villages objets du projet sont dispersés sur une surface de 51.910 km<sup>2</sup>, et la Figure 4-1 les classe, par villages de la première année (■ 42 villages) et de la seconde année (△ 33 villages).

Pour les villages de la première année, l'accent a été mis sur la réussite des travaux de construction des forages, et à cause du degré de difficulté de l'exploitation des eaux et des conditions routières, on a choisi principalement des villages situés sur des terrains bas à proximité des routes principales dans les régions des Plateaux et de la Cuvette.

Pour la deuxième année, pour faire la comparaison avec les travaux de

la première année, et en mettant à profit l'expérience acquise, on a intégré au projet des villages situés le long de routes secondaires et des villages où l'on prévoit une exploitation difficile, et pour éviter la dispersion des villages, on a choisi des villages uniquement dans la région des Plateaux.

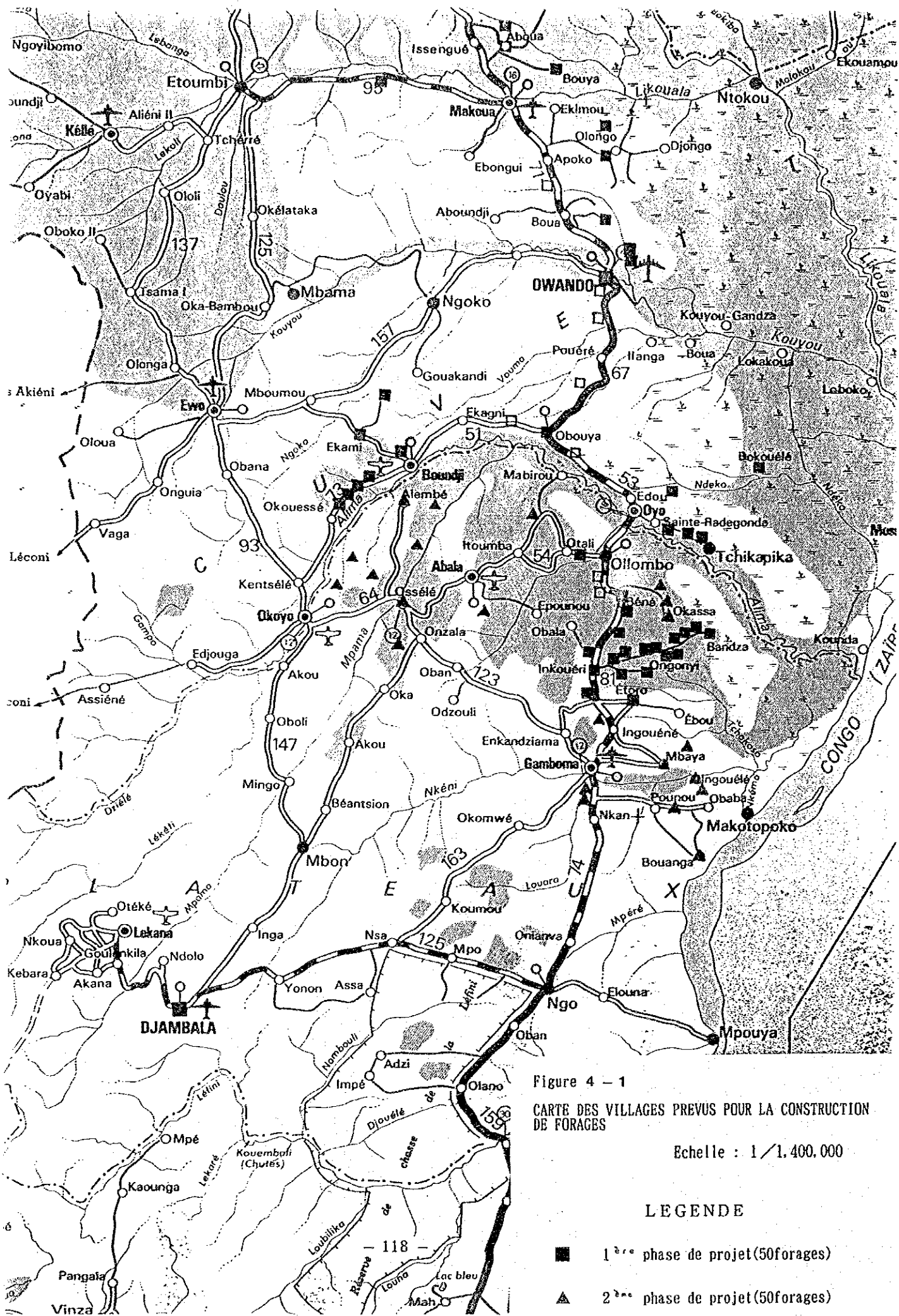


Figure 4 - 1

CARTE DES VILLAGES PREVUS POUR LA CONSTRUCTION DE FORAGES

Echelle : 1 / 1.400.000

LEGENDE

- 1<sup>ère</sup> phase de projet (50 forages)
- ▲ 2<sup>ème</sup> phase de projet (50 forages)

Tableau 4-2 Villages retenus pour la construction des forages dans la région de la CUVETTE (1ère phase)

Région	Village	Pop.en 1984	Nbr. de forages à construire
OWANDO	Elingossayo	150	1
	Otendé	198	1
	Ossangou I	292	1
	Ossangou II	226	1
	Obeya	203	1
	Elinguinawé	243	1
	Total	6	1.312
OYO	Bokouélé	682	3
	Abo	207	1
	Otsendé	150	1
	Obouya	113	1
	Obélé	157	1
	Miaba	150	1
	Ekongo I, II	493	2
	Tchikapika	413	2
Total	8	2.365	12
BOUNDJI	Okouessé	359	2
	Obongui	357	2
	Odikango	150	1
	Ondingui	168	1
	Ekami	296	1
	Ekiembé	225	1
	Otsegne	300	1
Total	7	1.855	9
MAROUA	Atekou	181	1
	Boya	203	1
	Bokania	219	1
	Mvoula	266	1
	Aboua	296	1
	Ikoumou-Okhoko	295	2
	Benzé	215	1
Total	7	1.675	8
Total de la région	28 villages	7.207	35

Tableau 4-3 Villages retenus pour la construction des forages dans la région des PLATEAUX (1ère phase)

Région	Village	Pop.en 1984	Nbr. de forages à construire
P.C.A. OLLOMBO	Ngouéné	157	1
	Ossaga	174	1
	Ngania	238	1
	Béné	129	1
	Djou	200	1
Total	5	898	5
P.C.A. ONGOGNI	Ongogni	520	2
	Owé	210	1
	Ongouala	147	1
	Oyali	155	1
Total	4	1.032	5
GAMBOMA	Inkouélé	268	1
	Mbobí	150	1
	Odzio	147	1
	Etoro	170	1
	Mossindé	360	1
Total	5	1.095	5
Total de la région	14 villages	3.025	15
Total général	42 villages	10.232	50

Tableau 4-4 Villages retenus pour la construction des forages dans la région des PLATEAUX (2<sup>ème</sup> phase)

Région	Village	Pop.en 1984	Nbr. de forages à construire
ABALA	Ekwassendé	150	1
	Eyoulou	238	1
	Osselé	299	1
	Bombé	130	1
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>817</b>
P.C.A. Ollombo	Bomba	169	1
	Ello	418	2
	Ipounou	150	1
	Mepémé	645	3
	Bandza	432	2
	Kalanga	313	2
	Otsini	370	2
	Okassa	342	2
	Nguélé Okassa	366	2
	Koli	165	1
	Assengué	195	1
	Molomo	150	1
	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>3.715</b>
P.C.A. Allembé	Allembé	506	2
	Okaya	169	1
	Ngamboko	150	1
	Aba	287	1
	Mbandzaé	256	1
	Ossangui	228	1
	Ollembé	403	2
	<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>1.999</b>
Gamboma	Bwemba	320	2
	Bouanga	854	4
	Akana	668	3
	Ingouélé	268	1
	Obala	369	2
	Ossio	126	1
	Ngobana	216	1
	Mbaya	270	1
	Tsaenpoko	189	1
	Ngakiélé	154	1
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>3.434</b>	<b>17</b>
<b>Total de la région</b>	<b>33 villages</b>	<b>9.965</b>	<b>50</b>

#### 4-3-4 Aperçu des équipements et matériaux, et des installations

##### 1) Foreuse (sous la responsabilité de la l'équipe de forage)

Pour la foreuse, élément essentiel du présent projet, on a opté pour un type combinant circulation de boue, circulation d'air et percussion pneumatique pour les raisons suivantes.

- i) Géologiquement, la zone du projet comprend principalement de roches dures du socle telles que grès, roches argileuses, conglomérats, roches métamorphiques, schistes cristallins et granites, composés principalement de sable relativement délié, d'argile, de gravier et de roches tendres à base de terre-sable. Il faut que la foreuse soit adaptée au forage de ces divers types de couche.
- ii) La méthode à circulation de boue permet de réaliser un trou de forage relativement grand ( $\phi$  12/-1/4") dans les roches friables et peu solides ainsi que dans le socle de roches dures, et permet de forer à une profondeur de plus de 200 m.
- iii) En cas de manque de bentonite, de fuite d'eau de la boue de circulation, de nappe en profondeur et de faible risque d'écroulement, on pourra utiliser le forage à circulation d'air qui combine l'air pressurisé avec agent mousse, et la percussion pneumatique.
- iv) La percussion pneumatique par marteau pneumatique de fond de trou (DHT) permet de forer très efficacement la roche dure.
- v) Compare au système (combiné) de la foreuse actuellement utilisée pour l'exploitation des eaux souterraines dans la région de Niari par l'équipe allemande, c'est une foreuse de classe équivalente du point de vue de la capacité, du procédé et du mécanisme.
- vi) C'est une foreuse qui a donné de bons résultats dans les pays africains à conditions géologiques similaires.
- vii) Une foreuse monté sur camion, très mobile, a été choisie à cause de la dispersion des villages où la construction d'un forage est prévue.

La foreuse qui répond aux exigences i) à vii) est fondamentalement de type à tête de rotation (arbre de rotation en tête hydraulique), qui

peut à la fois facilement forer à la profondeur maximale de 100 m prévue pour le projet, et réaliser un trou de forage de  $\varnothing$  7-5/8 à 17-1/2", à la fois de qualité et sûre (Voir le Tableau 4-7 de comparaison des types de foreuses).

Le compresseur et les instruments de forage seront choisis en fonction de la qualité de la foreuse.

2) Equipements et matériaux pour les forages (sous la responsabilité de l'équipe de finition des forages)

L'équipe de finition des forages devra remplir les tâches importantes suivantes:

- i) Sélection des sites de construction des forages par sondage électrique.
- ii) Transport et livraison des équipements pour que l'équipe de forage puisse effectuer les travaux de construction des forages sans entrave.
- iii) Finition des forages construits par l'équipe de forage.
- iv) Réalisation d'essais de qualité de l'eau, de prospection électrique des couches, d'essais d'analyse de l'eau, et après confirmation des conditions de répartition des couches aquifères, fixation de la profondeur d'installation de la crépine du forage.

L'équipe de finition des forages devant remplir les tâches précitées, il lui faudra au moins les équipements et matériaux ci-dessous.

- i) Camion avec grue, camion benne
- ii) Compresseur, pompe submersible multi-étage
- iii) Outils pour airlift
- iv) Appareil de sondage électrique, appareil de sondage électrique des couches, appareil d'essai de l'eau
- v) Véhicules de soutien, véhicules de liaison

3) Matériaux des forages

Les matériaux des forages sont de 3 types: pompe, tubage et crépine,



qui seront fournis en quantité suffisante pour 100 forages.

On a opté pour une pompe à pied sur la base de la requête congolaise, des résultats antérieurs obtenus et du fait qu'on ne prévoit pas un débit très important nécessitant l'emploi d'une pompe électrique submersible. Pour les tuyaux, on utilisera du FRP, de meilleure qualité que le PVC de la requête.

#### 4) Véhicules

La Direction de l'Hydraulique ne possède qu'un seul Land Cruiser usé, et il faudra donc, dans le cadre de ce projet, fournir les véhicules à l'équipe d'exploitation des eaux souterraines pour remplir sa tâche. Les véhicules ont donc été choisis en fonction de la composition standard de l'équipe d'exploitation des eaux souterraines, indiquée à la Figure 4-2.

#### 5) Equipement de communication sans fil

La Direction de l'Hydraulique, responsable général du projet, (Brazzaville, la capitale) et la base rurale prévue à Owando sont éloignées d'environ 585 km, et la communication téléphonique et toutes les autres formes de communication posent des problèmes.

On prévoit qu'il sera impossible de faire face rapidement aux problèmes qui pourraient se poser sur les sites sans moyen de communication entre Brazzaville, Owando et les villages où auront lieu les forages.

Un système de communication sans fil visant à améliorer le système d'exécution et d'exploitation, ainsi que la mise en place efficace des équipements de forage a été adopté.

Ce système se composera des éléments suivants:

Direction de l'Hydraulique:	1 radiotéléphone SSB 100 W
Direction de la base rurale:	1 radiotéléphone SSB 100 W
Véhicules de soutien:	4 radiotéléphones SSB 100W

#### 6) Pièces de rechange

Compte tenu du projet de construction de 100 forages en 2 ans, on prévoira pour le moment la livraison de pièces de rechange pour 2 ans environ, et des stocks seront constitués en fonction de

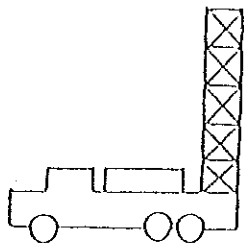
l'importance et du degré d'usure.

#### 7) Base rurale

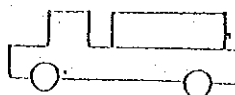
La base rurale est une installation indispensable pour l'entreposage, la gestion-entretien des équipements et matériaux du projet et pour les travaux de construction des forages, et l'on prévoit la construction de deux bâtiments, un dépôt à matériaux (380 m<sup>2</sup>) et un garage (146 m<sup>2</sup>) (Voir les Figures 5-1 et 2.). La dimension des installations sera fixée en tenant compte du détail des équipements et matériaux, les travaux de construction ayant l'effet de réduire la période des travaux, on apportera des plaques de préfabriqué du Japon.

Figure 4-2 ORGANISATION STANDARD D'UNE EQUIPE D'EXPLOITATION  
DES EAUX SOUTERRAINES

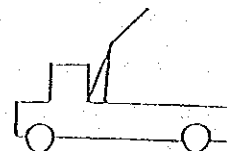
EQUIPE DE CREUSEMENT



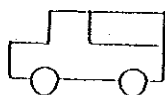
1 foreuse



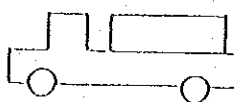
1 compresseur  
d'air



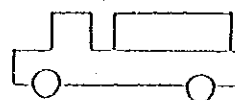
1 véhicule de  
transport matériel  
(tige, forêts, etc.)



1 à 2 voitures  
de liaison/soutien  
(génératrice,  
soudeuse, etc.)

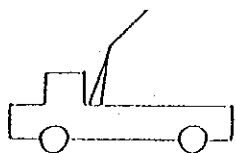


1 camion citerne  
à combustible



1 camion citerne à  
eau

EQUIPE D'ACHEVEMENT DES FORAGES



1 véhicule de  
transport matériel  
(pompage, matériaux  
de construction,  
etc.)



1 camion benne  
(gravier, ciment,  
etc.)



1 à 2 voitures de  
liaison/soutien  
(appareils de  
mesure, etc.)

Tableau 4-6 Moyen du creusement



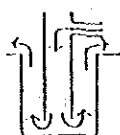
Division	Caractéristiques	Moyen de creusement	Rotation	Mouvement vertical	Evacuation de boue
					 Circulation normale
Percussion	Creusement par la chute simple du taillaut suspendu. Ce moyen est économique, mais impropre à la couche solide.	Percussion	Sans rotation	Fil	Evacuateur de boue
Rotary type arbre	Creusement par la rotation ou le mouvement vertical du spindle. Ce moyen est propre au creusement de carrière.	Rotary	Arbre	Arbre	Eau boueuse Circulation normale
Rotary type table	Creusement par la rotation de câble tournant et par le mouvement vertical de fil. Ce moyen est propre au creusement d'une grande échelle.	Rotary	Câble tournant	Fil	Eau boueuse Circulation normale
Rotary type commande en tête	Creusement par la rotation à moteur hydraulique à la partie supérieure de commande en tête et par le mouvement vertical du vérin hydraulique. Ce moyen a le bon rendement sur l'opération de tube conducteur.	Rotary	Moteur hydraulique	Vérin hydraulique	Eau boueuse Circulation normale
Rotary Rebirch	La circulation de l'eau boueuse est complètement inverse. Ce moyen est propre au creusement relativement d'une grande échelle.	Rotary	Table à arbre tournant Moteur hydraulique	Fil d'arbre Vérin hydraulique	Eau boueuse Circulation inverse
Rotary à air	Evacuation de boue par l'air comprimé au lieu de l'eau boueuse. Ce moyen a le bon rendement mais ne convient pas au creusement profond.	Rotary	Table à arbre tournant Moteur hydraulique	Fil d'arbre Vérin hydraulique	Air comprimé Foramousse Circulation normale
Percussion à air	Creusement par la rotation et le mouvement vertical du marteau au bout de tube conducteur. Ce moyen a le meilleur rendement mais n'est pas propre au creusement profond.	Rotary, Percussion	Table à arbre tournant Moteur hydraulique	Fil d'arbre Vérin hydraulique	Air comprimé Foramousse Circulation normale

Tableau 4-7 Comparaison des types de foreuses

très bon     bon     moyen     mauvais

Types de foreuse	Capacité de creusement		Nature du sol		Adapca- tion au niveau plus bas que les autres souterr- raines	Adapca- tion à ① ②	Obten- tion des pièces de re- change	Opéra- tions	Résis- tance à l'usure	Entre- tien et ad- mini- stra- tion	Escima- tion future	Prix	Demande	Estima- tion géné- rale
	Profondeur	Diamètre	Forma- tions sédí- men- taíres	Forma- tions sédí- men- taíres										
① Percussion (outil pour cône)	100-200	100-600	○	△	○	×	○	○	△	○	×	moins coûteux	×	×
② Rotary direct (type arbre)	plus de 500	46-1.500	○	○	○	○	○	○	○	○	○	coûteux	×	×
③ Rotary direct (type arbre)	plus de 500	46-1.500	○	○	○	○	△	△	○	△	○	coûteux	×	×
④ Rotary direct (commande en tête)	500	46-1.500	○	○	○	△	△	△	○	△	⊙	coûteux	△	×
⑤ Rotary Rebirth	100	450-1.500	○	△	○	×	×	△	○	△	○	coûteux	×	×
⑥ Rotary à air	100	100-500	⊙	○	△	×	△	△	○	△	○	coûteux	△	×
⑦ Percussion à air	100	100-200	×	△	△	⊙	△	△	△	△	⊙	coûteux	△	×
⑧ - ⑨ - ⑩ Type arbre Rotary à air Percussion à air	plus de 500	46-1.500	⊙	○	○	○	△	△	○	△	○	le plus coûteux	△	○
⑪ - ⑫ - ⑬ Type cable Rotary à air Percussion à air	plus de 500	46-1.500	⊙	○	○	○	△	△	○	△	○	le plus coûteux	△	○
⑭ - ⑮ - ⑯ Type commande en tête Rotary à air Percussion à air	500	46-1.500	⊙	○	○	○	△	△	○	△	⊙	le plus coûteux	⊙	⊙

Tableau 4-8 Comparaison des modèles de foreuse montée sur camion

⊙ Meilleur ○ Bon △ Assez bon x Mauvais

Rubriques d'appréciation	Type	Circulation de la boue (avec pompe à boue)	Estimation	Creusement à air (avec compresseur)	Estimation	Combinaison creusement à la boue et à l'air (avec pompe à boue)	Estimation
Durée		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps d'installation long</li> <li>• Temps de creusement long</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>△</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps d'installation court</li> <li>• Temps de creusement court</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙</li> <li>⊙</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps d'installation moyen</li> <li>• Temps de creusement moyen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> </ul>
Caractéristiques		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalisé</li> <li>• Pas d'antécédents en Afrique</li> <li>• Système de creusement conventionnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>x</li> <li>△</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan spécial nécessaire</li> <li>• Nombreux antécédents en Afrique</li> <li>• La puissance du compresseur doit être réduite à cause d'un problème de place sur le camion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>⊙</li> <li>△</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan spécial inutile</li> <li>• Nombreux antécédents en Afrique</li> <li>• Utilisé avec le compresseur sur camion, il permet l'adaptation à des conditions géologiques variées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>⊙</li> <li>⊙</li> </ul>
Matériaux et frais		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentonite et boue nécessaires</li> <li>• Pas de frais de carburant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>⊙</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentonite et boue inutiles</li> <li>• Frais de carburant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙</li> <li>△</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptable aux circonstances</li> <li>• Autres équipements nécessaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙</li> <li>△</li> </ul>
Puissance de creusement		Faible	x	Grande	⊙	Moyenne	○
Profondeur de creusement		plus de 100 m	⊙	100 m max.	△	plus de 100 m	⊙
Méthode		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptée à la terre-sable, au grès, à la roche de dureté moyenne</li> <li>• Inadaptée à la roche dure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>x</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptée à la roche dure</li> <li>• Inadaptée à la terre-sable de type argileux, à la roche tendre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙</li> <li>△</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptée à tous les types de roche</li> <li>• système très avancé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙</li> <li>⊙</li> </ul>

Problèmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Peu du point de vue de la méthode</li> <li>· Peu de problèmes complexes</li> </ul>	<p>⊙</p> <p>⊙</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Problèmes de destruction, fuite nombreux</li> <li>· Grande influence sur le projet lui-même à cause de l'impossibilité de récupérer le marteau en cas de destruction</li> </ul>	<p>x</p> <p>x</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Permet de remédier aux problèmes de méthode et mécaniques</li> <li>· Même en cas de problème dans le système de creusement à air, le travail peut se poursuivre avec le système de creusement à boue</li> </ul>	<p>⊙</p> <p>○</p>
Appréciation d'ensemble	△	○	⊙			

#### 4-3-5 Procédé de forage

Voici un exemple de procédé de forage au moyen des équipements fournis dans la roche tendre (comprenant des couches non consolidées).

- 1) On réalisera un forage dans la couche de sable jusqu'à 10 m au moyen du trépan pour trou de forage  $\phi 14-3/4"$ . On procédera par rotation de boue de bentonite. Après le forage, on insèrera un tuyau de guide de  $\phi 12"$ .

Cependant si à partir de la couche superficielle on rencontre des couches dures sans risque d'effondrement, on utilisera la rotation pneumatique avec agent mousse.

- 2) On avancera jusqu'à 60 m de profondeur avec un trépan de  $\phi 10-5/8"$  dans le tuyau de guide  $\phi 12"$ . On procédera par rotation de boue de bentonite. Pour les couches dures sans risque d'effondrement, on utilisera la rotation pneumatique avec agent mousse.

- 3) Le creusement terminé, on effectuera un sondage électrique sous le plan d'eau (surface eau-boue), fixera l'emplacement de la crépine, et on installera un tubage et une crépine de  $\phi 5"$  en FRP.

- 4) On garnira le périmètre de la crépine de matériaux filtrants, gravier à grains uniformes. La garniture sera faite jusqu'à 11 m, ensuite, le tuyau de guide  $\phi 12"$  sera retiré. Si c'est impossible, on le laissera en place.

- 5) Sur la partie supérieure, afin d'éviter la pénétration directe de l'eau polluée, on coulera du mortier au ciment sur 1 mètre au-dessus de la garniture de gravier.

- 6) Une fois le mortier durci, on procédera au lavage du trou de forage. On puisera de l'eau en continu par airlift jusqu'à l'obtention d'eau propre.

- 7) Après le lavage, on effectuera des essais de pompage et de qualité de l'eau, pour déterminer s'il s'agit d'un forage positif ou



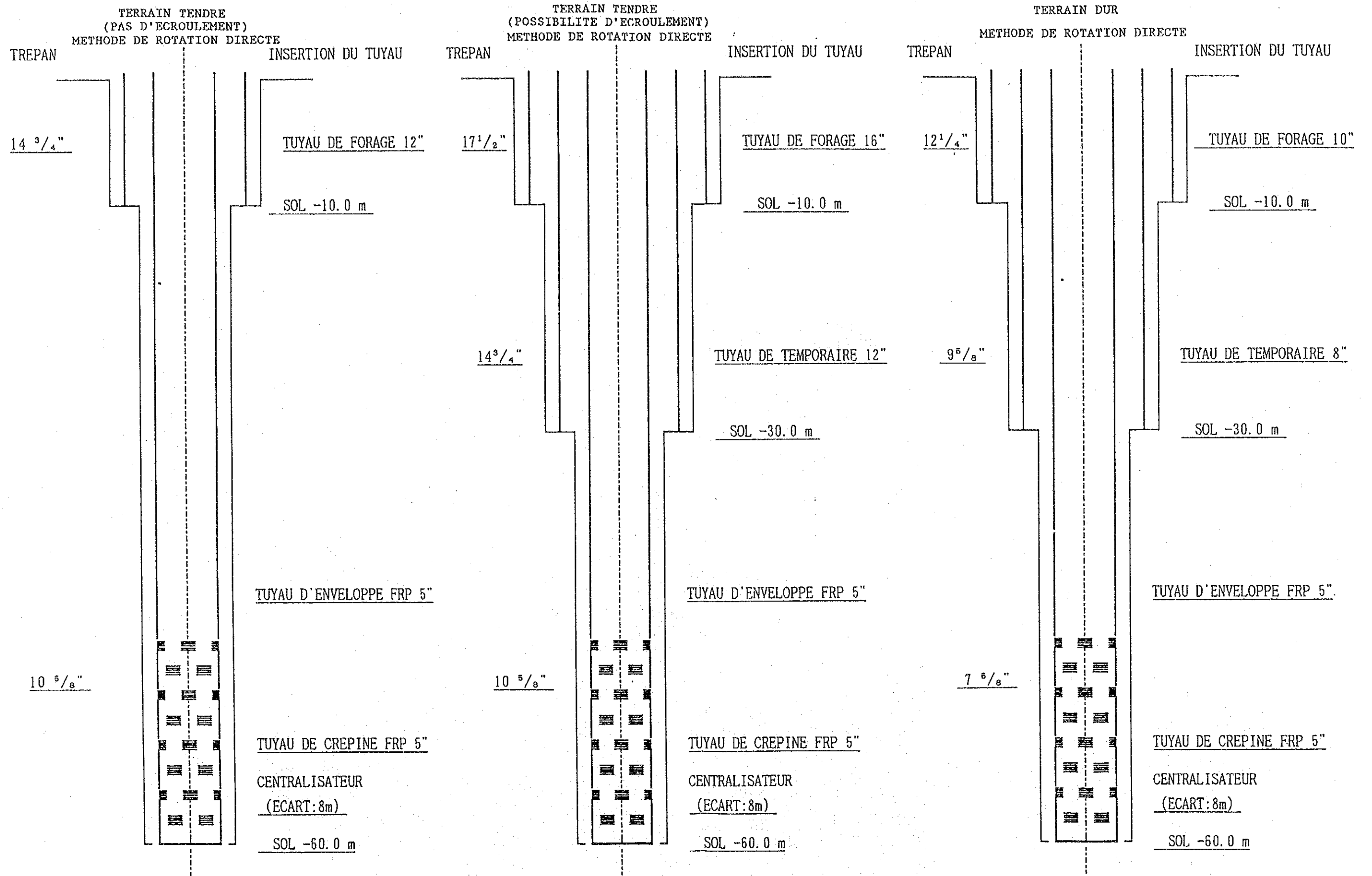
négatif. Au cours des essais de pompage, on pourra, si besoin est, procéder au rétablissement du plan d'eau.

8) S'il s'agit d'un forage réussi (débit supérieur à  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ), on installera une pompe à pied, et un couvercle en béton pour achever le forage.

Les Figures 4-5 et 5 donnent le schéma de l'installation du forage et de la pompe à pied.



Figure 4-3 Projet de tubage







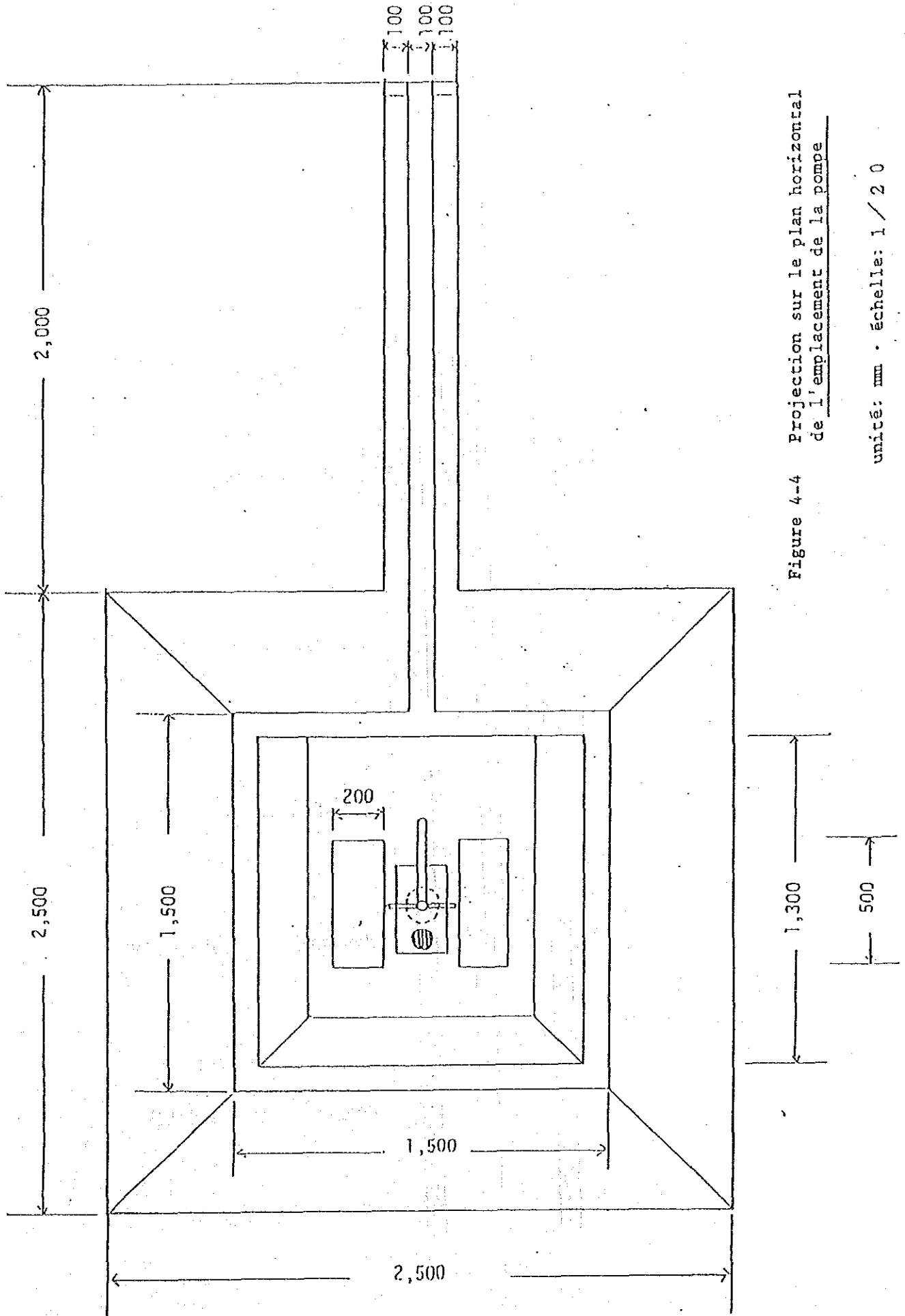
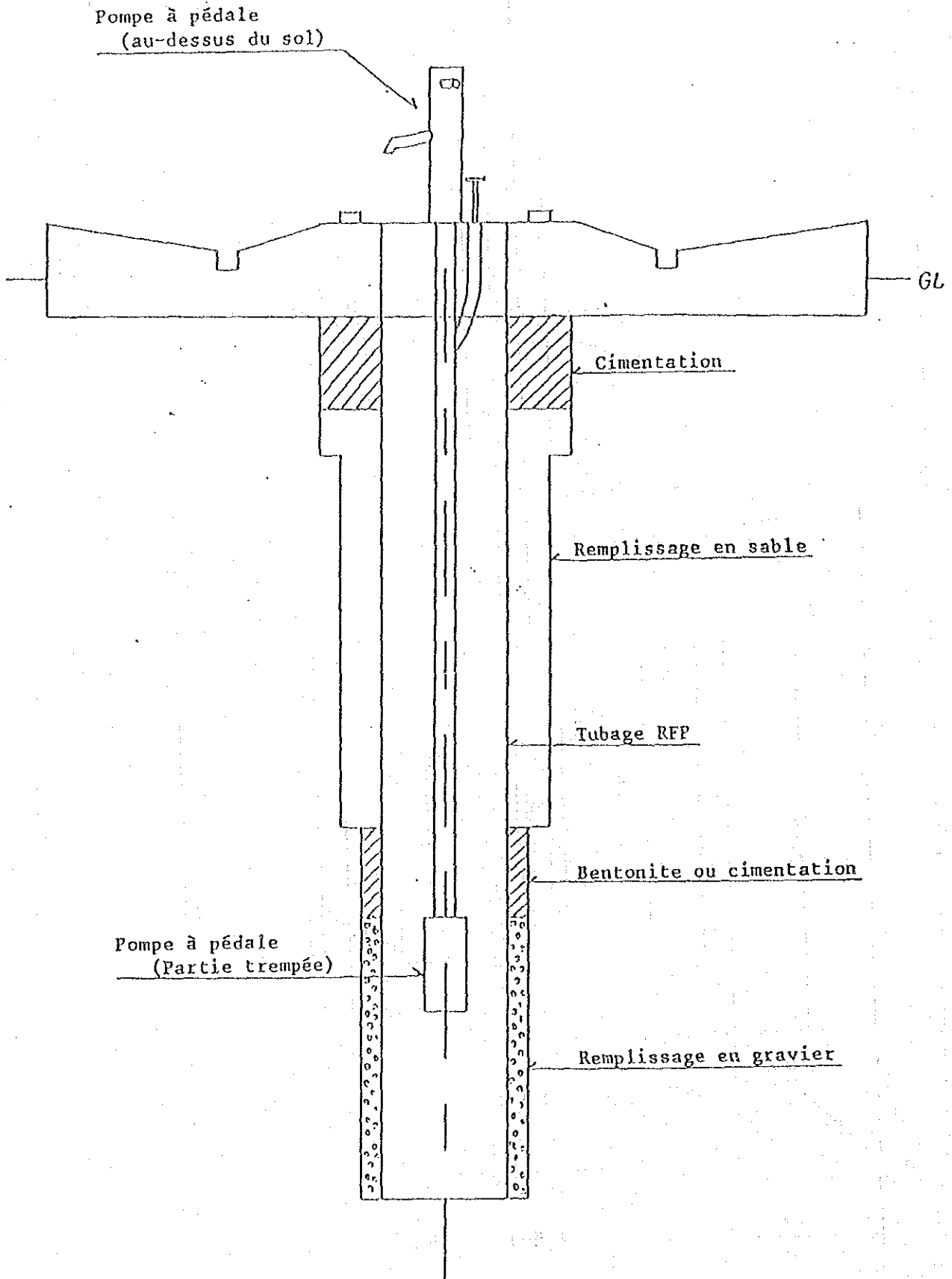


Figure 4-4 Projection sur le plan horizontal de l'emplacement de la pompe

unité: mm · échelle: 1 / 20

Figure 4-5 PLAN D'UN FORAGE ACHEVE .



#### 4-3-6 Projet de gestion-entretien

Le projet de gestion-entretien du projet comprend deux parties: la maintenance des forages en tant qu'installation d'approvisionnement en eau, et la maintenance pendant la construction des forages. Mais, l'exploitation des eaux souterraines ayant à peine commencé au Congo, et le nombre des forages construits étant faible, la partie congolaise et la Direction de l'Hydraulique n'ont pas encore beaucoup d'expérience en la matière, il faudra donc mettre en place un système de gestion-entretien convenable, et ce projet constituera donc le point de départ de ce système. L'aménagement de ce système est donc une question essentielle pour la Direction de l'Hydraulique, pour l'exploitation des projets hydrauliques en milieu rural.

##### 1) Gestion-entretien des installations d'approvisionnement en eau des forages

La partie congolaise est parfaitement consciente de l'importance de la gestion-entretien des installations d'approvisionnement en eau, et prévoit, avant le commencement des travaux de construction des forages, de donner une instruction sanitaire aux habitants des villages concernés et de former un comité de gestion des forages composés de villageois.

Les comités de gestion des forages, sous tutelle de la Direction de l'Hydraulique, se composeront des membres suivants (5 membres), et l'exploitation des installations sera laissée au jugement de chaque village.

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| i) Responsable:                 | Le chef du village.  |
| ii) Comptable:                  | On prévoit une participation mensuelle de 25 F CFA par habitant. |
| iii) Responsable sanitaire:     | Gestion sanitaire du forage, sera confiée à une femme.           |
| iv) Responsable de la pompe:    | Gestion de la pompe.   |
| v) Responsable des réparations: | Réparation des accidents minimes.                                |



La partie congolaise ayant établi un tel projet de gestion-entretien adapté sur le plan local, on adoptera la proposition de projet congolaise pour la gestion des forages, et la partie japonaise se chargera de fournir les pièces de rechange (de la liste) pour les pompes à pied, et d'effectuer un transfert technologique concernant l'instruction sanitaire de la population rurale sur les techniciens de la Direction de l'Hydraulique.

## 2) Gestion-entretien des équipements et matériaux

La Direction de l'Hydraulique n'ayant pas encore d'expérience en matière d'exploitation des eaux souterraines et de travaux de construction de forages, la plupart de ses techniciens, mis à part ceux qui ont participé aux projets hydrauliques réalisés avec l'aide étrangère et ceux qui ont fait des stages à l'étranger, n'ont que peu de connaissances de la gestion-entretien des équipements et matériaux pour les projets.

La foreuse, élément essentiel pour la construction des forages, si l'on met sur pied un système de remplacement des pièces d'usure et si l'on effectue un entretien périodique, peut servir plus de 10 ans, elle servira donc à l'exécution des travaux de construction de forages futurs prévus après l'achèvement de ce Projet, et c'est pourquoi la mise en place d'un système de gestion-entretien des équipements et matériaux est essentiel.

La partie congolaise comprenant très bien cette nécessité, nous projetons d'établir un système de gestion-entretien des équipements et matériaux par la formation sur le site comme pour le transfert technologique concernant les techniques de forage, durant la période des travaux de construction des forages.

## 4-4 Coopération technique

Comme il a été indiqué au paragraphe 4-2-6, la Direction de l'Hydraulique n'a pas encore d'expérience dans le domaine de

l'exploitation des eaux souterraines ni dans celui de la construction des forages, et vu la situation de la construction des forages au Congo (Tableau 2-7), les techniciens de la partie congolaise, et même ceux venus en renfort des autres directions, n'ont pas de connaissance préalables concernant la foreuse prévue pour le projet (même système de forage que pour le projet allemand), et manquent d'habitude; il faudra donc insister sur le transfert technologique concernant l'acquisition des techniques de forage pour pouvoir réussir ce projet.

Le Gouvernement Congolais, comprenant bien la nécessité de cette coopération technique, a demandé auprès du Gouvernement Japonais une coopération technique allant au delà de la fourniture des équipements et matériaux, des travaux de construction des forages et de la construction des bases.

En vue de cette coopération technique, il est possible d'organiser des stages avec des techniciens délégués par des organismes publics et privés japonais, mais l'instruction technique sur place par l'intermédiaire des travaux de construction des forages du projet permettra de réaliser un transfert technologique sur un plus grand nombre de techniciens, et cela améliorera également leur capacité à faire face à des problèmes réels.

On prévoit donc d'effectuer un transfert technologique sur les techniciens de la partie congolaise, par formation sur le site, durant la période de construction des forages en ce qui concerne la gestion-entretien des équipements et matériaux du projet, qui sont nécessaires à l'exploitation des eaux souterraines et à la construction des forages, et leur emploi efficace.

La période prévue pour ce transfert couvrira toute la période des travaux de construction sur place des 100 forages, pour mieux assurer la réussite du transfert technologique.



CHAPITRE 5 PLAN DE BASE



## Chapitre 5 Plan de base

### 5-1 Plan de base pour la sélection des équipements et matériels

- 1) Il faudra fournir à l'équipe d'exploitation des eaux souterraines des équipements très mobiles pour permettre la construction de forages dans la zone du projet qui est très étendue.
- 2) Pour rendre la construction plus efficace, l'équipe d'exploitation des eaux souterraines sera subdivisée en équipe de forage et équipe de finition des forages, à tâches spécialisées.
- 3) Une foreuse mobile, montée sur camion adaptée aux diverses couches de terre-sable, roches tendres et roches dures sera adoptée.
- 4) Les équipements et matériaux seront sélectionnés en fonction de la foreuse choisie et des conditions hydrogéologiques congolaises.
- 6) Les instruments d'étude nécessaires pour juger de la réussite des forages et pour l'étude des eaux souterraines seront sélectionnés.
- 7) Une équipe d'exploitation des eaux souterraines sera formée, les matériaux pour la construction de 100 forages seront fournis, et des pièces de rechange pour deux années de fonctionnement environ.
- 8) La base rurale prévue sera de dimensions minimales pour ne pas entraver les travaux de construction des forages.

### 5-2 Etude des équipements et matériaux principaux

#### 1) Foreuse sur camion

On a adopté une foreuse sur camion combinant circulation de boue, circulation d'air et percussion pneumatique permettant de forer toutes sortes de couches de roches tendres et dures. Compte tenu du fait que la profondeur de creusement moyenne du projet est de 60 m, la profondeur maximale de 100 m environ, et des possibilités de forage des roches très dures qui pourraient être rencontrées, et de la répartition des nappes aquifères assez profondes, on a estimé que la foreuse devait pouvoir en procédé circulation de boue, avoir une puissance de forage de plus de 200 m avec trou de forage de 6-3/4", et en procédé marteau

de fond de trou, elle devait pouvoir forer à plus de 100 m avec un trou de forage de 6-3/4".

## 2) Véhicules

L'équipe de forage aura besoin d'un camion avec foreuse, d'un camion avec compresseur, d'un camion de transport des équipements de forage, d'un camion-citerne à eau, d'un camion-citerne à carburant, d'une camionnette pour le transport des techniciens de grade supérieur et de 2 véhicules de soutien.

L'équipe de finition des forages aura besoin d'un camion de transport des matériaux, d'un camion benne pour le gravier, d'une camionnette pour les techniciens de rang supérieur et d'un véhicule de soutien.

Vu les conditions routières, on utilisera des véhicules à 4 roues motrices, à pièces interchangeables pour réduire au minimum le nombre des pièces de rechange.

## 3) Instruments à fournir

L'équipe de finition des forages aura besoin d'un appareil de sondage électrique, d'un appareil à diagraphie, d'un indicateur de plan d'eau, d'instruments d'essai de l'eau, d'un compresseur et d'une pompe submersible multi-étage et d'outils pour l'airlift.

## 4) Pompe à pied

La pompe à pied a été choisie en fonction de ses avantages sur le plan sanitaire, de la gestion-entretien, débit, résultats antérieurs et du souhait de la partie congolaise.

## 5) Tubage et crépine (FRP, $\phi$ 125 mm, fileté)

La quantité de tubages et crépines à fournir a été calculée pour 100 forages, une profondeur de creusement moyenne de 60 m, des pertes et rechange de 15%.

Longueur totale de tuyau:  $100 \text{ forages} \times 60 \text{ m} \times 1,15 = 6.900 \text{ m}$

Tubage:  $6.900 \text{ m} \times 0,75 = 5.175 \text{ m}$

Crépine:  $6.900 \text{ m} \times 0,25 = 1.725 \text{ m}$