

4.5 Critère de Détermination des Sources d'Alimentation en Eau

(1) Classification hydrogéologique des différents types d'alimentation

Des études photogéologiques et hydrogéologiques ont révélé que les types d'alimentation en eau exploitables dans la région couverte par le projet peuvent en gros être classés en huit (8) catégories, dont le détail est donné tableau IV-3.

TABLEAU IV-3 CLASSIFICATION DES TYPES D'ALIMENTATION

Catégorie	Symbole	Caractère de la nappe	Type de roche de la nappe	Remarques
(1) Rivières et lacs	R/L	-	-	Pollution localisée des eaux
(2) Sources	Sp	-	-	Fluctuation saisonnière du niveau
(3) Précipitations	Pr	Phréatique	Quartzite	Fluctuation saisonnière
(4) Puits peu profonds	S1	Phréatique	Quartzite	Dépôts fluviatiles
(5) (0 à 30 m)	S2	Phréatique	Quartzite	Galets abondants
(6) Puits profonds	D1	Restreinte	Quartzite	Schiste dominant
(7) Puits profonds	D2	Restreinte	Quartzite	Quartzite dominant
(8) Puits profonds	D3	Restreinte	Roche granitique	Importants systèmes de joints avec zones altérées

Les sources d'alimentation telles que rivières, lacs et précipitations sont présentées paragraphe IV-8; le présent paragraphe ne traite que des puits peu profonds et des puits profonds.

1) Puits peu profonds

Un puits peu profond est un puits qui ne dépasse pas 30 m de profondeur. On distingue deux catégories de puits peu profonds : les S1 et les S2, différenciés en fonction des conditions géologiques. Les puits S1 se situent dans des zones composées principalement de dépôts d'alluvions (sable et gravier), alors que les puits S2 se situent dans des zones composées de dépôts d'alluvions et de colluvions (nombreux galets).

La nappe souterraine des puits peu profonds est en général phréatique. Les zones dans lesquelles on trouvera les puits peu profonds S1 et S2 sont indiquées figure 4.1.

2) Puits profonds

Un puits profond est un puits de plus de 30 m de profondeur. Les puits profonds se divisent en 3 catégories, D1, D2 et D3, en fonction des conditions géologiques du terrain. Les puits D1 et D2 sont situés dans des zones composées principalement de quartzite et de schiste lardés. Le schiste est dominant dans le cas des puits D1, alors que le quartzite

est dominant dans les cas des puits D2. Le quartzite constitue une bonne couche aquifère du fait que les joints sont bien fermés, alors que le schiste forme des nappes fermées puisqu'il est en général imperméable.

Les puits D3 se trouvent dans des zones principalement constituées de roches granitiques. Bien que les roches granitiques soient imperméables, elles forment souvent un important système de joints dans les roches, parallèle et/ou perpendiculaire à la surface du sol et rectangulaire. De plus les roches granitiques contiennent quelquefois des parties altérées. A la fois le système de joint et la partie transitoire entre une roche neuve et une roche altérée sont susceptibles de contenir des nappes aquifères dont le volume d'eau est limité. De telles nappes sont, de plus, fortement orientées par les altérations et en général localisées.

Par conséquent les emplacements de puits D3 doivent être choisis en fonction des résultats des sondages électriques et des essais de forage. Figure IV-1 sont indiqués les emplacements de nappes souterraines pour les puits D1, D2 ou D3, en même temps que les emplacements des puits peu profonds S1 et S2.

(2) Expertise Géologique des Nappes Souterraines

L'expertise des nappes souterraines de la région étudiée consistait en deux méthodes différentes d'analyse géophysique, la méthode ILL-MT (magnétotellurique) et la méthode de sondage électrique Schlumberger.

La méthode ELM-MT font ressortir les grandes lignes d'une distribution horizontale des résistivités apparentes qui est fonction du type de roche et du contenu d'eau de la zone prospectée, alors que les sondages électriques Schlumberger font (faisaient) ressortir une distribution verticale des résistivités qui est fonction de la profondeur et de l'épaisseur des couches à chaque site mesuré.

TABLEAU IV-4

RELEVÉ DES EMPLACEMENTS DES ANALYSES
GÉOPHYSIQUES DE LA NAPPE SOUTERRAINE

Méthode Emplacement	ELF-MT	Sondage électrique	Numéro de forage d'essai
(1) KAYONZA	-	4	1
(2) KABARONDO	-	3	2
(3) KIGARAMA	-	3	3
(4) SAKE	16	2	4
(5) RUKIRA II	12	2	5
(6) BIRENGA	14	1	6
(7) RUKIRA II	-	1	7
(8) RUSUMO	15	2	8
(9) MUHAZI	35	3	9
(10) MUGESERA	15	1	-
(11) RWAMANAGA	-	1	-
TOTAL	139 sites	23 sites	9 sites

Le numéro de forage et l'emplacement de chaque expertise géophysique sont indiqués au tableau IV-4.

A la figure 4-2 on trouvera les emplacements des expertises géophysiques des nappes souterraines. Les figures IV-3 (1) à (7) et IV-4 (1) à (23) du rapport de référence donnent les résultats des sondages ELF-MT et des sondages électriques Schlumberger. Les résultats des expertises géophysiques des nappes souterraines de la région étudiée se résument comme suit :

1) Région de Kayonza (voir figure IV-3(1) et IV-4(1)-(4))

La figure IV-3 (1) indique les zones de faible résistivité (inférieure à 200 ohm/m) qui s'étendent le long de la vallée Nyancora dans le sens Sud-Ouest à Nord-Ouest, probablement le fait d'une nappe souterraine.

Des sondages électriques étaient effectués dans la vallée pour tracer une coupe géologique de la zone montrant la plus faible résistivité (site numéro 1). Aux figures 4-4 (1) à (4) sont indiqués les résultats de ces sondages. Les chiffres indiquent les résistivités en ohm/m assignées à chaque couche du sol, et les chiffres extérieurs à la colonne indiquent l'épaisseur séparant chaque couche successive.

Les couches IV-4 (1) à (4) sont résumées figure IV-5. Cette figure donne la coupe géologique qui a été déduite à partir des résultats des sondages électriques. Il semble, à la lecture de ces résultats, que la nappe souterraine se situe à une profondeur d'environ 11 à 24 m au dessous de la surface du sol. La nappe aquifère semble être constituée de

graviers et galets de quartzite, recouvrant des couches fortement inclinées de quartzite et de schiste et recouverte par de dépôts d'alluvions constitués de sables et de graviers.

Une structure géologique similaire est déduisible par extrapolation de la structure géologique de la figure IV-5, tout le long de la vallée Nyncora.

Un des essais de forage (l'essai numéro 1) sera conduit au site numéro 1 indiqué figure IV-3 (1).

2) Région de Kararondo (voir figures IV-5 (5) à (7))

Les figures IV-4 (5) à (7) indiquent les résultats des sondages électriques effectués dans la région de Kabarondo.

D'après les données recueillies concernant le site numéro 1 où a été programmé un essai de forage, il semblerait qu'il y ait en cet endroit deux nappes aquifères dont l'une serait située à un peu moins de 20 m de profondeur, et l'autre à un peu plus de 30 m de profondeur. La première serait constituée de dépôts d'alluvions et de galets, alors que la deuxième serait constituée de quartzite. L'essai de forage prévu à cet endroit devra être effectué entre 30 m et 50 m afin d'atteindre la nappe souterraine la plus profonde qui comporte le moins de risques de contamination par rapport à la nappe supérieure.

3) Région de Kigarama (voir figures IV-4(8) à (10))

Les figures IV-4 (8) à (10) indiquent les résultats des sondages électriques effectués dans la région de Kigarama.

D'après les données recueillies concernant le site numéro 1, où l'essai de forage numéro 3 doit être effectué, il semblerait qu'il y ait deux nappes aquifères en cet endroit, dont l'une serait située à moins de 20 m de profondeur et l'autre à plus de 50 m de profondeur. La première est constituée principalement de dépôts d'alluvions, sables et graviers, alors que la deuxième serait constituée de quartzite lardé avec schiste dominant.

La profondeur de forage d'essai devra donc être comprise entre 50 m et 70 m afin de confirmer la présence d'une nappe d'eau en profondeur.

4) Région de Sake (voir figure IV-3(2) et figures IV-4(11) et (12))

Les figures IV-3 (2) et IV-4 (11)-(12) indiquent les résultats d'expertise ELF-MT et des sondages électriques effectués dans la région de Sake.

Dans cette région le sol est principalement constitué de roches granitiques. Il est par conséquent assez difficile de déterminer l'emplacement des nappes aquifères. Cependant, d'après les données obtenues sur le site numéro 2 où a été prévu l'essai de forage numéro 4, on suppose qu'il existe deux nappes aquifères dont l'une serait située à un peu moins de 40 m et l'autre à une profondeur de plus de 120 m. La deuxième nappe étant trop profonde pour pouvoir utiliser une pompe à main, l'essai de forage numéro 4 devra être effectué entre 50 m et 60 m.

La figure IV-3 (2) indique une zone à électromagnéticité anormale qui s'étend dans le voisinage du lac Birira. Ceci pourrait être dû à des différences de hauteur de sol. Donc, le voisinage des lacs est recommandé comme emplacements de puits à exploiter dans le futur.

5) Région de Rukira I (voir fig.IV-3(3) et IV-4 (13 - (15)))

Les figures IV-3 (3) et IV-4 (13) - (15) indiquent les résultats de l'expertise ELF-MT et des sondages électriques effectués dans la région de Rukira. Cette région présente des inconvénients topographiques évidents. Etant donné que la vallée est profondément découpée, le niveau hydrostatique de la nappe aquifère doit être relativement profond et le forage devra être effectué sur les pentes ou dans la vallée, alors que celles-ci sont peu accessibles.

La figure IV-3 (3) fait apparaître une zone de résistivité anormale dans la vallée (région de Rwangaboko).

Les données ressortant figure IV-4 (13) ont été obtenues sur le site près de la station numéro 9 du élevé ELF-MT indiqué figure IV-3 (3).

L'existence d'une nappe souterraine n'est pas clairement démontrée dans les données. Cependant, on suppose qu'il en existe une à moins de 20 m de profondeur à cause d'une légère déviation de la courbe entre 10 et 20 m de profondeur. La profondeur de l'essai de forage numéro 5 devra être comprise entre 30 m et 50 m.

Bien que la figure IV-4 (14) présente des conditions de nappe souterraine favorables à une profondeur d'environ 7 m à 30 m, le site étant difficilement d'accès, le transport de l'équipement de forage en sera gêné.

6) Région de Birenga (voir figures IV-3(4) et IV-4(16))

La figure IV-3 (4) indique les résultats de l'expertise ELF-MT effectuée dans la région de Birenga. La résistivité présentée par cette région est très forte car le sol est composé principalement de quartzite dominant fortement incliné vers l'Ouest (voir figure IV-3 (4)). Il n'a pas été décelé de zone anormale.

La figure IV-4 (16) indique les résultats du sondage électrique effectué près de la station numéro 14 de l'expertise ELF-MT qui est représentée figure IV-3 (4). D'après les résultats obtenus, il paraît plausible qu'une nappe souterraine existe à moins de 35 m de profondeur. L'essai de forage numéro 6 devra donc être fait entre 40 m et 80 m de cet endroit.

7) Région de Rukira II (voir figure IV-4(15))

La figure IV-4 (15) indique les résultats du sondage électrique qui a été effectué sur le site numéro 3 à l'endroit où sera percé le forage d'essai numéro 7. Selon les résultats du sondage, il pourrait y avoir deux nappes aquifères, l'une à moins de 22 m de profondeur et l'autre à plus de 97 m de profondeur. La seconde nappe est trop profonde par rapport à la capacité des pompes utilisées. Par conséquent le forage numéro 7 devra être effectué entre 30 m et 40 m.

8) Région de Rusumo (voir fig. IV-3(5) et fig. IV-4(17) - (18))

La figure IV-3 (5) indique les résultats de l'expertise ELF-MT qui a été effectuée dans la région de Rusumo. L'observation de cette figure indique clairement la présence d'une zone à résistivité anormale qui s'étend le long d'une vallée, en particulier sur les sites 10, 11 et 14.

Les données de sondage électrique présentées à figure IV-4 (17) et figure IV-4 (18) ont été obtenues aux stations 11 et 1 de l'expertise ELF-MT numéro 1. Selon les données de la figure IV-4 (17) la nappe aquifère serait située entre 10 et 30 m de profondeur. Le forage qui sera effectué sur ce site devra atteindre entre 40 m et 50 m de profondeur.

9) Région de Muhazi (voir fig. IV-3(6) et fig. IV-4(19) - (21))

La figure 4.3 (6) indique les résultats de l'expertise ELF-MT qui a été effectuée dans la région de Muhazi. La résistivité enregistrée dans cette région est très élevée car le sol est constitué de roches granitiques. Des sondages électriques ont été effectués sur les sites, près des stations numéro 10 et numéro 32 de l'expertise ELF-MT. Là, on a enregistré des résistivités relativement faibles (inférieures à 1000 ohm/m).

La figure IV-4 (19) indique les résultats du sondage électrique qui a été effectué sur le site près de la station numéro 32, où sera effectué un essai de forage (N° 9). Entre 10 et 65 m de profondeur, la résistivité était assez faible. Elle est vraisemblablement le fait de roches altérées recouvrant une couche de roches granitiques nouvelles. L'essai de forage devra être effectué entre 70 m et 80 m de profondeur.

10) Région de Mugesera (voir fig. IV-3(7) - fig. IV-4(22) - (23))

La figure IV-3 (7) indique les résultats de l'expertise ELF-MT qui a été effectuée dans la partie Nord-Est de la commune de Mugesera. Il apparaît clairement que les zones de faible résistivité sont distribuées sur les monts et les flancs de collines. Par conséquent, les puits qui seront exploités dans le futur devront être situés à l'intérieur ou près des vallées.

Les figures IV-4 (22) - (23) indiquent les résultats des sondages électriques qui ont été effectués dans la partie occidentale de la commune de Mugesera. A l'observation de la figure IV-4 (22), on constate la présence de deux zones de faible résistivité, dont l'une est située entre 3 m et 15 m de profondeur et l'autre à plus de 70 m de profondeur. La première est vraisemblablement due à des altérations sur couche de roches granitiques neuves, et la seconde à la présence d'une nappe souterraine.

L'essai de forage qui sera effectué sur le site devra aller à plus de 70 m de profondeur et à 80 m maximum. Les données supplémentaires relevées dans la figure IV-4 (23) font apparaître l'existence d'une zone altérée entre 13 m et 20 m de profondeur à partir de la surface du sol; de plus elles confirment qu'il n'y a pas de nappe souterraine exploitable sur le site numéro 1.

Les conditions hydrogéologiques des nappes aquifères suggérées par l'essai de forage de chaque site sont résumées tableau IV-5.

(3) Forages d'essai

1) Choix des sites de forage

Plusieurs sites ont été sélectionnés pour les forages d'essai dans les zones représentatives de chaque catégorie de puits à partir de la carte de classification des puits (figures IV-2 et IV-3) dressée d'après les résultats obtenus par les essais de qualité de l'eau, les relevés hydrologiques, les sondages électriques et d'autres analyses effectuées sur place. L'emplacement de chaque site est indiqué figure IV-4, et sa structure, ainsi que la qualité de l'eau qu'il renferme, ses caractéristiques hydrologiques et topographiques sont résumés Tableau IV-3

2) Résultats des essais de forage

Les résultats des essais de forage sont présentés au tableau IV-4 et figures IV-6 (1)-(7) au Rapport d'apui (en anglais). Sur les 5 puits d'essai, les puits N°1 du district de Kayonza et N°5 du district de Kigarama ont présenté un débit particulièrement abondant et on considère que la méthode optimale d'utilisation future de ces puits consisteraient à installer des pompes électriques.

La nappe aquifère se situe entre 30 et 52 m de profondeur. Or les ressources augmentent à mesure que la profondeuraugmente. Donc le présent projet propose de creuser des puits de 50 à 80 m de profondeur (moyenne 60 m). Le nombre de jours total nécessaires à la réalisation d'un puits est calculé comme suit :

<u>Travaux</u>	<u>Nombre de jours</u>
Transport	2
Installations provisoires	2
Forage (40 m)	5
Diagraphie et installation filtre	1
Nettoyage	2 (minimum)
Essai de puits	1
Démobilisation	2
 TOTAL	 15

Les estimations ci-dessus supposent l'utilisation de foreuses rotatives et de bonnes conditions d'accès des puits. Un délai suffisant sera attribué au nettoyage du puits après forage car un mauvais nettoyage aurait une incidence négative sur son futur débit. Les délais impartis ci-dessus représentent donc un temps minimum qu'il est de souhaitable d'augmenter dans le calendrier de l'ensemble des travaux.

3) Essai de puits

Un essai de puits a été effectué sur deux sites (puits N° 1 de Kayonza et puits N° 5 de Kigarama). Les volumes relevés y étaient particulièrement élevés et on en a été déduit que l'utilisation de pompes électriques y serait possible. Deux méthodes d'essai ont été utilisées : la méthode Jacob qui consiste à pomper l'eau continuellement jusqu'à ce que le niveau se stabilise pour un certain volume défini, et les variations de niveau sont ensuite mesurées, et la méthode de rétablissement du niveau, qui consiste à mesurer le niveau de rétablissement de l'eau après l'arrêt du pompage. Les résultats d'essai sont donnés Tableaux IV-6 à IV-9 et les résultats d'analyse sont présentés ci-après :

Légende des symboles utilisés :

- Q : Volume pompé (m³/sec)
- r : Rayon du puits (m)
- T : Coefficient de transmissivité (m l/4h)
- K : Coefficient de perméabilité
- S : Coefficient de stockage.
- t : Durée de l'observation
- t' : Temps écoulé après l'arrêt de pompage (sec)
- t₀ : Temps de référence du plan de travail (sec)
- s : Chute du niveau d'eau (m)

a) District de Kayonza (N° 1)

Méthode Jacob

- Q = 9,1m³/H = 2,53 x 10⁻³m³/sec
- s = 1,80 m
- r = 0,10 m
- t₀ = 1,6 sec

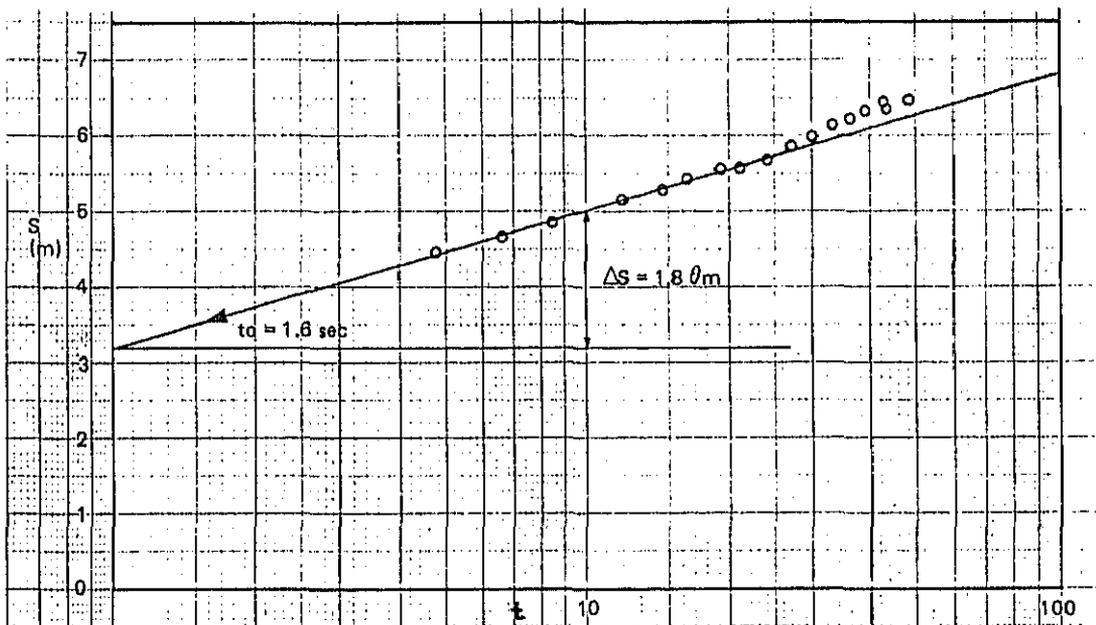
$$T = \frac{2.3Q}{4S}$$

$$= \frac{2.3 \times 2.53 \times 10^{-3}}{4 \times 3.14 \times 1.8} = 2.57 \times 10^{-4} \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

$$S = \frac{2.25 T t_0}{r^2}$$

$$= \frac{2.25 \times 2.57 \times 10^{-4} \times 1.6}{0.01} = 9.25 \times 10^{-2}$$

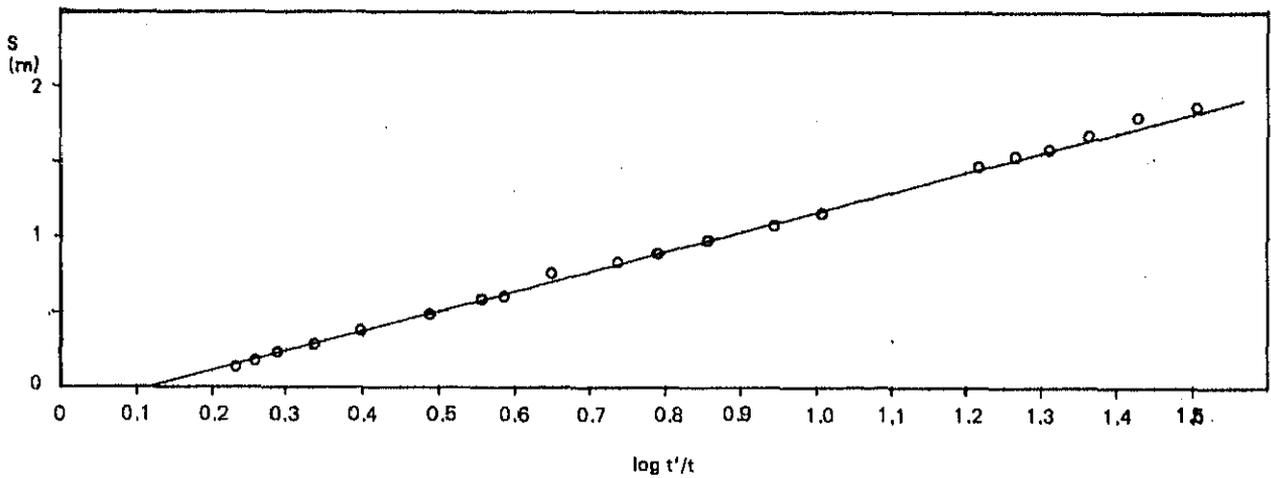
$$K = \frac{T}{h} = \frac{2.57 \times 10^{-4}}{5} = 5.14 \times 10^{-5} \text{ (m/sec)}$$



Méthode par rétablissement

$$\begin{aligned} T &= \frac{0.189 Q}{S} \cdot \log \frac{t}{t'} \\ &= \frac{0.189 \times 2.53 \times 10^{-3}}{1.47} \times 1.217 \\ &= 3.96 \times 10^{-4} \text{ (m}^2\text{/sec)} \end{aligned}$$

$$K = \frac{T}{h} = \frac{3.96 \times 10^{-4}}{5.0} = 7.92 \times 10^{-5} \text{ (m/sec)}$$



Les coefficients de perméabilité obtenus à partir de la méthode Jacob et de la méthode par rétablissement sont pratiquement du même ordre. En général, les coefficients de perméabilité et l'ordre des sables limoneux ou des joints de roches métamorphiques bien formés et de grès sont identiques. La perméabilité est assez faible si on la compare à celle des couches de gravier.

Le coefficient de stockage obtenu est beaucoup plus important que celui des nappes aquifères confinées (0,005 - 0,00005) et correspond au coefficient des nappes aquifères non confinées (0,05 - 0,4). Par conséquent il est probable que ce puits se trouve sur une nappe aquifère non confinée.

b) District de Kigarama (N° 5)

Méthode Jacob

$$Q = 6.9 \text{ m}^3/\text{h} = 1.92 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$S = 3.65 \text{ m}$$

$$r = 0.1 \text{ m}$$

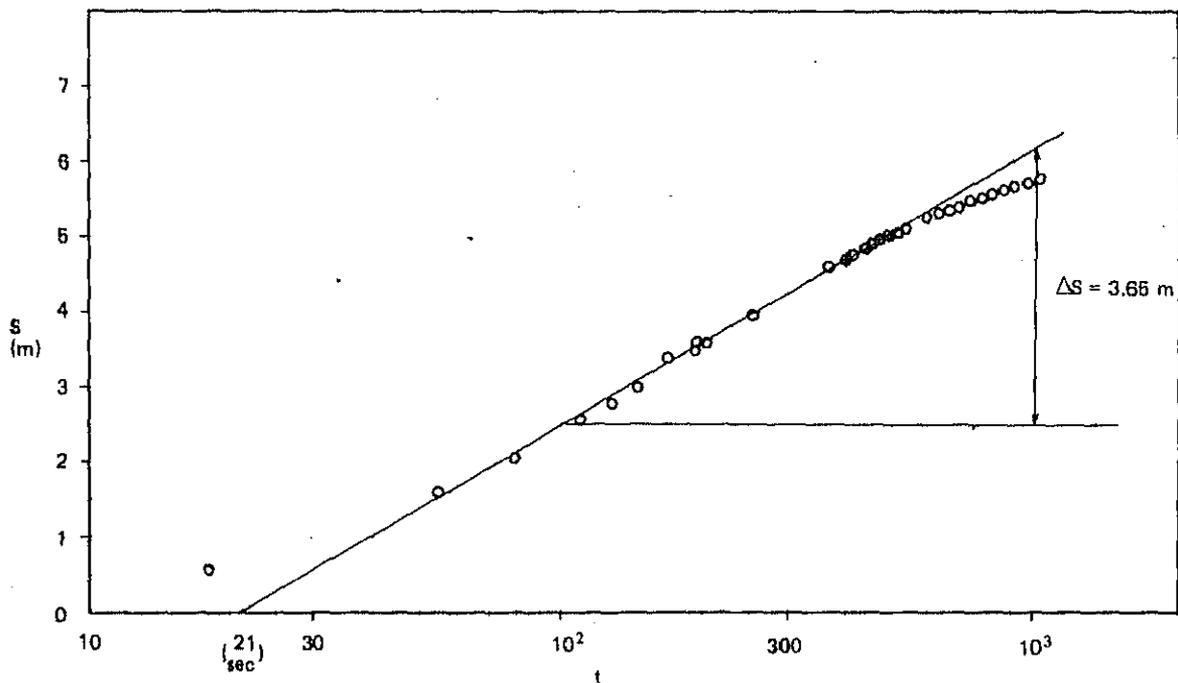
$$T = \frac{2.3 Q}{4 S}$$

$$= \frac{2.3 \times 1.92 \times 10^{-3}}{4 \times 3.14 \times 3.65} = 4.55 \times 10^{-1}$$

$$S = \frac{2.25 T t_0}{r^2}$$

$$= \frac{2.25 \times 9.63 \times 10^{-5} \times 21}{0.01} = 4.55 \times 10^{-1}$$

$$K = \frac{T}{h} = \frac{9.63 \times 10^{-5}}{5} = 1.93 \times 10^{-5} \text{ (m/sec)}$$

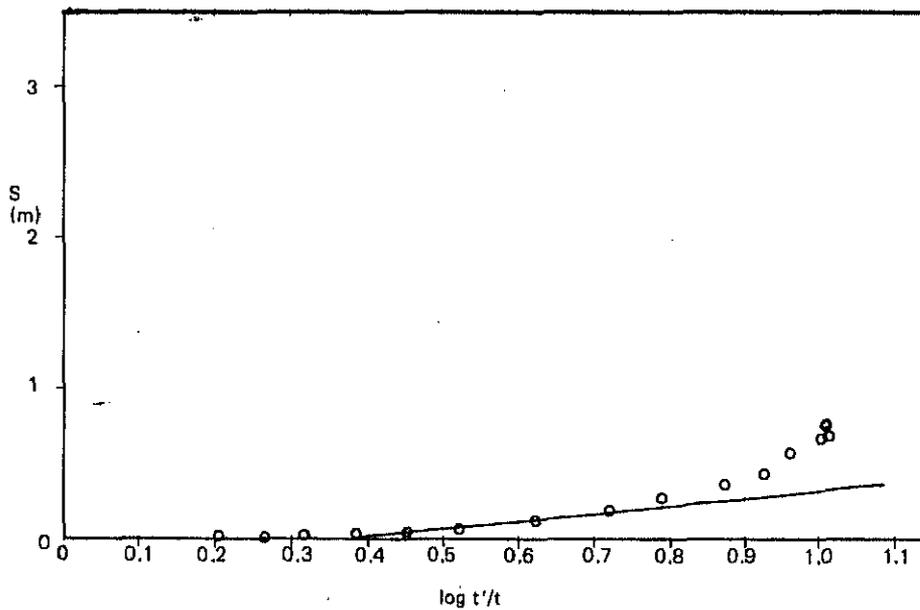


Méthode par rétablissement

$$Q = 6.9 \text{ m}^3/\text{h} = 1.92 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{0.189 Q}{S} \cdot \log \frac{t}{t'} \\ &= \frac{0.189 \times 1.92 \times 10^{-3}}{0.04} \times 0.449 \\ &= 4.07 \times 10^{-3} \text{ (m}^2/\text{sec)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{T}{h} \\ &= \frac{4.07}{5} \times 10^{-3} = 8.14 \times 10^{-4} \text{ (m/s)} \end{aligned}$$



Les chiffres obtenus pour les coefficients de perméabilité sont du même ordre que ceux présentés par les grès ou les roches métamorphiques bien jointes et sont inférieurs à ceux présentés par les couches de gravier. Comme pour le puits N° 1 de Kayabonza, le coefficient de stockage indique la présence d'une nappe aquifère non confinée.

Résultats des essais de pompage

Essai de forage du District de Kayonza (No.1)

Heure	Durée t (sec)	Niveau de l'eau (m)	Abaissement du niveau (m) - s	
9 ^h 10' 00"	0	9.40	0	Démarrage
18 00	480	13.89	4.49	du pompage
21 30	660	14.08	4.68	
24 30	840	14.28	4.88	(Débit 9,1 m3/h)
30 00	1,200	14.56	5.16	
34 00	1,440	14.70	5.30	
37 00	1,620	14.83	5.43	
42 00	1,920	14.98	5.58	
45 00	2,100	15.00	5.60	
50 00	2,400	15.09	5.69	
55 00	2,700	15.28	5.88	
10 ^h 00' 00"	3,000	15.38	5.98	
05 00	3,300	15.53	6.13	
10 00	3,600	15.62	6.22	
15 00	3,900	15.73	6.33	
22 00	4,320	15.74	6.34	
30 00	4,800	15.88	6.48	
45 00	5,700	15.75	6.35	
11 ^h 05' 00"	6,900	15.90	6.50	
10 00	7,200	15.98	6.58	
15 00	7,500	15.24	5.84	
22 00	7,920	15.30	5.90	
30 00	8,400	15.41	6.01	
35 00	8,700	15.43	6.03	
40 00	9,000	15.38	5.98	
45 00	9,300	15.23	5.83	Arrêt du pompage

Résultats des essais de rétablissement du niveau

Essai de forage du district de Kayonza (No.1)

Heure	Durée t (sec)	Durée t' (sec)	Niveau de l'eau (m)	$\log \frac{t}{t'}$	Abaissement du niveau (m) ^s	
11 ^h 45' 00"	9,300	0	15.23	—	5.83	Arrêt pompage Heure de démarrage du pompage 9 ^h 10' 00"
45 30	9,330	30	12.64	2.493	3.24	
46 00	9,360	60	12.20	2.193	2.80	
46 30	9,390	90	12.00	2.018	2.60	
47 00	9,420	120	11.80	1.895	2.40	
48 00	9,480	180	11.43	1.722	2.03	
48 30	9,510	210	11.46	1.656	2.06	
49 00	9,540	240	11.38	1.599	1.98	
49 30	9,570	270	11.32	1.550	1.92	
50 00	9,600	300	11.26	1.505	1.86	
51 00	9,660	360	11.16	1.429	1.76	
52 00	9,720	420	11.07	1.364	1.69	
53 00	9,780	480	10.99	1.309	1.59	
54 00	9,840	540	10.93	1.261	1.53	
55 00	9,900	600	10.87	1.217	1.47	
12 ^h 00' 00"	10,200	900	10.65	1.054	1.25	
05 00	10,500	1,200	10.48	0.942	1.08	
10 00	10,800	1,500	10.36	0.857	0.96	
15 00	11,100	1,800	10.28	0.790	0.88	
20 00	11,400	2,100	10.22	0.735	0.82	
30 00	12,000	2,700	10.17	0.648	0.77	
40 00	12,600	3,300	10.00	0.582	0.60	
45 00	12,900	3,600	9.97	0.554	0.57	
13 ^h 00' 00"	13,800	4,500	9.89	0.487	0.49	
30 00	15,600	6,300	9.77	0.394	0.37	
14 ^h 00' 00"	17,400	8,100	9.69	0.332	0.29	
30 00	19,200	9,900	9.63	0.288	0.23	
15 ^h 00' 00"	21,000	11,700	9.58	0.254	0.18	
30 00	22,800	13,500	9.55	0.228	0.15	

Résultats des essais de pompage

Essai de forage du district de Kigarama (No.5)

Heure	Durée t (sec)	Niveau (m)	Abaissement (m) s	
9 ^h 24' 00"	0	11.41	0	Démarrage pompage
24 18	18	12.00	0.59	(débit de pompage : 6,9 m ³ /h)
24 55	55	13.00	1.59	
25 20	80	13.50	2.09	
25 50	110	14.00	2.59	
26 10	130	14.20	2.79	
26 26	146	14.40	2.99	
26 50	170	14.70	3.29	
27 15	195	14.90	3.49	
27 25	205	15.00	3.59	
28 15	255	15.34	3.93	
30 10	370	16.00	4.59	
30 39	399	16.10	4.69	
30 50	410	16.15	4.74	
31 00	420	16.20	4.79	
31 20	440	16.25	4.84	
31 36	456	16.30	4.89	
31 42	462	16.35	4.94	
32 10	490	16.40	4.99	
32 28	508	16.45	5.04	
32 50	530	16.50	5.09	
33 55	595	16.65	5.24	
34 28	628	16.70	5.29	
35 00	660	16.75	5.34	
35 30	690	16.80	5.39	
36 05	725	16.85	5.44	
36 45	765	16.90	5.49	
37 25	805	16.95	5.54	
38 17	857	17.00	5.59	
39 00	900	17.05	5.64	
40 00	960	17.11	5.70	
41 00	1,020	17.14	5.73	
45 00	1,260	17.34	5.93	
50 00	1,560	17.46	6.05	
55 00	1,860	17.53	6.12	
10 ^h 00' 00"	2,160	17.58	6.17	
10 10 00	2,760	17.63	6.22	
10 20 00	3,360	17.80	6.39	
11 ^h 30' 00"	7,560	17.85	6.44	

Résultats des essais de rétablissement du niveau

Essai de forage du district de Kigarama (No.5)

Heure	Durée t (sec)	Durée t' (sec)	Niveau de l'eau (m)	$\log \frac{t}{t'}$	Abaissement du niveau (m)	
11 ^h 30' 20"	7,562	0	17.82	—	6.41	Arrêt pompage
31 18	7,620	58	17.50	2.119	6.09	
31 25	7,627	65	16.50	2.069	5.09	
31 40	7,642	80	16.00	1.980	4.59	Heure de
31 55	7,657	95	15.60	1.906	4.19	démarrage
32 20	7,682	120	15.20	1.806	3.79	du pompage
32 30	7,692	130	15.08	1.772	3.67	
32 55	7,717	155	14.77	1.697	3.36	
33 15	7,737	175	14.50	1.646	3.09	9 ^h 24' 18"
33 22	7,744	182	14.40	1.629	2.99	
33 45	7,767	205	14.11	1.578	2.70	
34 00	7,782	220	14.08	1.549	2.67	
34 10	7,792	230	14.00	1.530	2.59	
34 20	7,802	240	13.90	1.512	2.49	
34 33	7,815	253	13.80	1.490	2.39	
34 48	7,830	268	13.70	1.466	2.29	
35 00	7,842	280	13.60	1.447	2.19	
35 18	7,860	298	13.50	1.421	2.09	
35 30	7,872	310	13.40	1.405	1.99	
35 50	7,892	330	13.30	1.379	1.89	
36 10	7,912	350	13.20	1.354	1.79	
36 30	7,932	370	13.10	1.331	1.69	
37 00	7,962	400	13.00	1.299	1.59	
37 30	7,992	430	12.90	1.269	1.49	
37 57	8,019	457	12.80	1.244	1.39	
38 24	8,046	484	12.70	1.221	1.29	
39 00	8,082	520	12.60	1.192	1.19	
39 50	8,132	570	12.50	1.154	1.09	
40 38	8,180	618	12.40	1.122	0.99	
41 30	8,232	670	12.30	1.089	0.89	
42 42	8,304	742	12.20	1.049	0.79	
44 08	8,390	828	12.10	1.006	0.69	
45 55	8,497	935	12.00	0.958	0.59	
47 30	8,592	1,030	11.85	0.921	0.44	
50 00	8,742	1,180	11.77	0.870	0.36	
55 00	9,042	1,480	11.67	0.786	0.26	
12 ^h 00' 00"	9,342	1,780	11.60	0.720	0.19	
10 00	9,942	2,380	11.53	0.621	0.12	
40 00	11,742	4,180	11.45	0.449	0.04	
13 ^h 00' 00"	12,942	5,380	11.43	0.381	0.02	
30 00	14,742	7,180	11.42	0.312	0.01	
14 ^h 00' 00"	16,542	8,980	11.41	0.265	0.00	
15 ^h 00' 00"	20,162	12,600	11.41	0.204	0.00	

4.6 Qualité de l'eau

La population rurale est en général installée dans les zones surélevées, sommet ou flanc des collines, et pratiquement aucune famille ne dispose de toilette ou de système de recueillement et de traitement des eaux usées. Par conséquent les eaux usées se déversent en contre-bas ou au pied des collines en un laps de temps insuffisant pour qu'elles puissent être purifiées naturellement.

Les sources d'approvisionnement en eau de la population rurale sont constituées par les rivières, l'eau stagnante et les sources situées dans la vallée. Ainsi, elles se trouvent de plus en plus contaminées à cause de ce manque de protection vis à vis des eaux d'égouts.

La mission d'étude a tout d'abord effectué des essais bactériologiques d'échantillons d'eau pris sur des sources existantes, afin de déterminer les conditions d'hygiène de l'eau à usage domestique utilisée par la population rurale et pour identifier les zones critiques où le développement et l'amélioration des points d'eau potable sont les plus urgents. Les résultats indiquent une sérieuse contamination même au niveau des sources protégées qui sont souillées de déchets humains et animaux; seule l'eau de pluie collectée dans des cuves a présenté une qualité satisfaisante. Les résultats d'analyse du PH et de la dureté des eaux étaient toutefois plus modérés. Les résultats de ces tests sont donnés tableau IV.6. Une évaluation plus approfondie et plus élaborée de la qualité des eaux sera effectuée à une date ultérieure.

Les normes appliquées pour le contrôle de la qualité de l'eau potable des zones urbaines sont les dernières normes établies par

l'OMS; en zone rurale toutefois, aucun contrôle de qualité n'a encore été fait. Dans un premier temps, il serait souhaitable de procéder à des tests bactériologiques et de commencer à pratiquer de simple désinfection, tout en interdisant petit à petit l'utilisation des eaux de surface non traitées. Ces mesures sont du ressort des autorités Rwandaises. Les tests effectués sur des échantillons d'eau pris sur les puits nouveaux sont satisfaisants. Les données d'analyse sont jointes aux présentes.

4.7 Délimitation des Districts d'Alimentation en Eau

4.7.1 Taille d'un district

Comme nous l'avons déjà mentionné, la population de la région concernée par le projet est très dispersée. Cette forme de peuplement est assez peu propice à l'installation d'un système de canalisation centralisé, qui s'avèrerait peu économique.

Dans les cas où une source est utilisée comme système d'alimentation, la zone géographique couverte par un district est très restreinte. En effet, la population rurale est souvent amenée à ne pas utiliser les sources d'eau bonifiées lorsqu'elles sont trop éloignées du lieu d'habitation. Elle préfère avoir recours aux sources plus proches, même si elles sont fortement contaminées. Par conséquent, comme il a été mentionné au paragraphe 4.2.3, la facilité d'accès doit être prise en considération lors de l'établissement des nouveaux points d'eau de projet de développement des eaux potables, faute de quoi les améliorations apportées n'auront aucune signification pratique dans le cas des zones rurales.

C'est pourquoi la Cellule a été choisie pour constituer l'unité de délimitation du district d'approvisionnement qui dépendra d'un point d'eau exploité dans le cadre de ce projet. Mais la Cellule ne constitue pas une unité administrative. Aussi est-il difficile de cerner avec exactitude la zone géographique qu'elle

englobe à l'intérieur d'une commune. L'emplacement des Cellules est indiqué mais non délimité sur la carte administrative jointe (échelle /25.000).

A un stade ultérieur de réalisation du projet il sera nécessaire d'étudier plus en détail la question de délimitation des Cellules afin de fixer les districts qui seront couverts sur la base d'une Cellule. Pour l'instant, bien que les emplacements et les superficies de chaque Cellule ne sont pas précis, les Cellules n'ayant pas de frontières établies, les districts ont été identifiés à partir des données démographiques disponibles et des territoires plausibles de chaque Cellule bordés par des rivières et des vallées. L'estimation qui suit, qui a été établie à partir de données statistiques, confirme que le territoire hypothétique d'une cellule doit couvrir 3 ou 4 km.

La superficie de chaque district d'alimentation en eau a été obtenue à partir de la superficie de la Cellule prise comme hypothèse: on a divisé la superficie habitable totale de la préfecture de Kibungo par le nombre de cellules, ce qui donne environ 42 km².

A : Superficie habitable totale de la préfecture Kibungo :
2.666,6 km²;

B : Nombre total de Cellules : 694

A/B = 42 km²/Cellule

En supposant que le district d'alimentation en eau est rectangulaire ou circulaire, la longueur ou le rayon d'un district est d'environ 2 km. Si un puits est installé au centre du district, la distance maximum qu'il faudra parcourir entre le puits et le lieu d'habitation sera de 1 km.

Les districts d'alimentation en eau de chaque commune sont indiqués tableau IV-7.

4.7.2 Districts alimentés par puits

L'ensemble de la région couverte par le projet a tout d'abord été doté de districts d'alimentation en eau. Nous avons essayé d'assurer la couverture la plus large possible mais avons tenu compte cependant de la distribution réelle des ressources procurées par les nappes souterraines. Nous avons ainsi abouti à 625 au total (dotation idéale).

Chaque district ainsi obtenu a ensuite été examiné et ceux qui présentaient des conditions susceptibles de conduire à des coûts de développement trop élevés ont été éliminés. Les districts non retenus sont les suivants :

- . Ceux qui demandent la construction de nouvelles voies d'accès importantes pour la réalisation du puits.
- . Ceux dont la nappe aquifère est trop profonde pour pouvoir utiliser une pompe manuelle.
- . Ceux dont le sol granitique ne permet pas au forage d'atteindre la nappe.

Le nombre net des districts ainsi obtenu est de 186, possibles d'inclure dans le plan des travaux.

4.7.3 Districts alimentés par stockage des eaux de pluie

Comme nous l'avons expliqué paragraphe 4.1.4, des cuves de stockage seront installées dans les districts où le développement de l'eau souterraine n'est pas réalisable, pour palier à leur manque d'eau saisonnier. Pour couvrir les besoins de la région du projet, 136 cuves ont été allouées à 136 districts, conjointement aux districts alimentés par puits.

Pour une cuve de stockage de l'eau de pluie, il faut une superficie de recueillement assez importante. On utilise en général les terrasses de couvertures des immeubles, afin de minimiser les coûts de construction. Or, dans le cas de la préfecture de Kibungo, peu d'immeubles peuvent être appropriés un tel usage : dans le présent programme des travaux de 12 hôpitaux et dispensaires ont été retenus. Il est donc prévu d'installer 12 cuves de stockage sur les terrasses de couverture de ces 12 immeubles.

4.7.4 Récapitulation du plan de travail des districts d'alimentation en eau

La récapitulation des districts d'alimentations de chaque commune est donnée Tableau IV-9 (plan idéal et plan réel). Les renseignements essentiels de chacun des 186 districts sont par ailleurs donnés Tableau

Les districts sont classés en 12 zones régionales, et ces zones sont indiquées à la fig. IV-8 .

4.7.5 Population et zones desservies

Comme nous l'avons mentionné plus haut et d'après les chiffres de 1984, la population de la Préfecture de Kibungo s'élève à 382.915 habitants, dont 5% seulement, soit moins de 20.000 habitants, a accès à un système d'alimentation en eau potable.

On suppose que 45,5% de la population, soit environ 170.000 habitants, s'alimentent par le biais des sources protégées qui ont été développées par l'Association Internationale de Développement Rural, le reste, soit 49,5% de la population (190.000 h) étant tributaires des eaux de surface polluées. C'est précisément cette tranche de population qui est visée par le nouveau système d'alimentation qui a été étudié pour le projet.

Selon les chiffres qui apparaissent à l'étude du plan de travail des districts (chapitres 4.7.2, 3, 4) la population et la zone couverte par le projet sont les suivantes :

- . Population desservie : 67.600 h soit environ 18% de la population totale
- . Zone desservie : 750 km² environ, soit 30% de la superficie totale

Grâce à la nouvelle dotation des districts d'alimentation 35% de la population qui n'a aujourd'hui pas accès à l'eau potable devrait pouvoir s'alimenter par le biais des puits.

4.8 Nombre et Types d'Installations

Le type d'installation du système d'alimentation en eau le plus approprié pour un district donné a été choisi selon le procédé indiqué figure 4.6.

Dans un premier temps les volumes des besoins en eau et les volumes d'eau fournis par les sources existantes ont été déterminés et comparés. Si la demande est supérieure au volume d'eau fourni par les sources existantes, on détermine ensuite le nombre d'installations qu'il faudra envisager pour une Cellule. Le nombre de pompes nécessaires est obtenu en divisant le volume net des besoins par la capacité d'une pompe, soit 10 m³ par jour

$$(\text{Nombre de pompes} = \frac{\text{Volume net des besoins}}{\text{capacité}}).$$

Le nombre de puits qui seront nécessaires est déterminé à partir du nombre de pompes, à condition qu'une pompe maximum soit installée à chaque puits. Lorsque les besoins sont inférieurs au volume disponible, il est prévu d'allouer au moins un puits par cellule, quelle que soit la capacité de la source existante, afin d'assurer la facilité d'accès. Ce puits sera situé le plus près possible des utilisateurs.

Dans certains districts, le développement des nappes d'eau est rendu difficile par des facteurs hydrogéologiques et géophysiques. Ces districts sont exclus du programme de forage mais une solution alternative a été prévue : à titre provisoire, des cuves de stockage des eaux de pluies seront étudiées, afin de fournir un maximum d'eau potable.

Le nombre et le type d'installations pour l'alimentation en eau potable sont indiqués tableau IV-8 et tableau IV-9.

4.9 Installations Standard

Le diamètre des pompes manuelles qui seront installées dans les puits est de 70 mm pour les puits peu profonds et de 90 mm pour les puits abyssiniens. Les puits doivent satisfaire les normes suivantes :

Débit	: supérieur à 15 l/mn
Niveau d'eau	: inférieur à 50 m au pompage
Qualité de l'eau	: non spécifiée

(1) Tubage

1) Tube-Guide Provisoire

Un tube-guide provisoire sera posé pendant le forage du puits. Ce tube guide sera retiré du trou à la fin du forage. L'espace annulaire formé tout autour du tubage permanent de la chambre de la pompe est en même temps rempli d'un coulis d'étanchéité.

2) Tubage de la Chambre de la Pompe (Carter de Pompe)

Le tubage du carter de pompe constitue la partie la plus importante du puits, car il relie directement la surface du sol et la nappe aquifère, sert de joint étanche pour traverser les nappes superficielles qui ne seront pas utilisables, et constitue le support des parois du trou.

Parmi les différents types de matériaux de tubage, nous avons retenu le polychlorure de vinyle (PVC) pour sa légèreté, sa facilité d'installation, sa bonne résistance à la corrosion, et parce qu'on le trouve sur le marché local à des prix modérés.

Le diamètre minimum recommandé pour le tubage du carter des pompes de 99 mm (2-4/5 pouces) est de 150 mm (6"). Le plan type d'un puits d'essai et le plan type de la plate-forme de pompe sont indiqués fig. 4.3 et fig. 4.4.

La longueur du tubage du carter de pompe sera déterminée d'après les niveaux de pompage projetés, le niveau d'eau statique, et l'abaissement de niveau potentiel dû au pompage. Le haut du tubage du carter de pompe devra être situé à au moins 300 mm (12") au dessus de la partie supérieure des fondations envisagées. Tout accès au haut du tubage sera scellé lors de l'installation de la pompe définitive. Le tubage du carter de pompe sera rempli d'un coulis de mortier de ciment, au moment où le tube-guide provisoire sera retiré.

3) Filtres

Les caractéristiques les plus importantes des filtres sont la taille des fentes et le nombre d'ouvertures prévues pour stabiliser les parois du trou et empêcher le sable de pénétrer dans le puits. Ces caractéristiques sont déterminées d'après l'analyse mécanique d'échantillons de formation et la diagraphie électrique du puits après forage. Le filtre est constitué d'un tamis (tuyau PVC perforé) et de bouchons de fond. La taille des fentes peut aller jusqu'à 0,25 mm (0,010"). Un bouchon de fond sera installé au dessous de la partie de filtre la plus basse.

4.9.2 Pompes manuelles

Des pompes très fiables ont été conçues spécialement pour les pays où l'eau est rare et en profondeur, afin de répondre aux normes VL0M (Fonctionnement et Entretien au Niveau des Villages). Pour le choix de la pompe, il y a lieu de considérer les impératifs suivants :

(1) Fonctionnement à deux mains

Dans la région couverte par le projet, ce sont les femmes et les enfants qui viennent puiser l'eau. Par conséquent la pompe doit être à une hauteur conséquente et le pompage pouvoir être fait à deux mains.

(2) Simplicité de fonctionnement et d'entretien

Il faut que la pompe soit dotée d'un mécanisme simple et ne demandant pas d'entretien trop sophistiqué. Les pièces qui s'usent seront situées au dessus du niveau du sol afin de simplifier leur remplacement.

(3) Bonne durabilité

Le choix sera porté sur des pompes dont les pièces d'usure sont robustes, même si le prix de la pome est assez élevé. La durée de vie des pièces d'usure doit représenter au moins deux mois de fonctionnement effectifs, faute de quoi l'utilisation de pompes manuelles dans la zone rurale perdrait toute signification.

Le débit moyen d'une pompe est de 500 à 1.300 litres par heure. Ce débit est suffisant pour alimenter entre 178 et 462 personnes par jour en supposant que la pompe fonctionne 8 heures par jour et que chaque personne nécessite 22,5 l d'eau par jour.

Caractéristiques techniques des pompes

a) Modèle	Pour puits peu profond	Pour puits profond
b) Profondeur (m)	1 - 50	20 - 70
c) Puissance moyenne (1/h)	800 - 1000	50 - 1300
d) Diam. minimum du trou de sonde (mm)	76 (3 pouces)	100 (4 pouces)
e) Tuyau de décharge - Taille (mm)	Polyéthylène 18 x 26	Polyéthylène 20 x 32

4.9.3 Point de Décharge

Une plate-forme surélevée en béton est prévue pour protéger l'eau du puits des contaminations par les eaux qui s'écoulent en surface ou par les déchets. Elle sera construite sur le dessus du puits et comportera une rigole d'écoulement tout autour.

Une barrière sera également installée tout autour du puits pour éviter le piétinement du bétail. La disposition type de la plate-forme et de la barrière est indiquée à la fig.IV-9.

4.9.4 Cuves de Stockage des Eaux de pluie

Les cuves de stockage des eaux de pluies sont destinées à palier aux insuffisances d'approvisionnement par les sources principales pendant la saison sèche de juin à août. Ces unités sont particulièrement avantageuses dans les districts où la nappe aquifère n'est pas accessible à une profondeur normale. La capacité standard d'une cuve devra pouvoir permettre d'alimenter 100 familles (de 5 personnes) capable de disposer de 30 m³ d'eau potable par mois, c'est-à-dire 10 litres d'eau par famille et par jour.

L'estimation des eaux de pluies récupérables est décrites ci-après.

(1) Eau Récupérable

On considère qu'il sera possible de récupérer et de stocker dans des tanks plus de 2mm d'eau de pluie par jour, même en envisageant un certain taux de perte par évaporation, ou manque de pluie. Pour l'estimation de ces calculs nous nous

sommes basés sur les données enregistrées en 1974, année où la pluviosité annuelle avait atteint 995 mm, c'est-à-dire une valeur proche de la moyenne annuelle de 11 années, de 1973 à 1983. La courbe des chutes de pluies de cette année 1974 se rapproche aussi beaucoup de la courbe typique de la région concernée par le projet (voir figure IV-10).

- (2) Pour concevoir la surface d'une cuve de récupération eaux et la capacité des réservoirs, il faut tenir compte des variations pluviométriques annuelles. Ce facteur de variation a été fixé à 85% d'après les calculs effectués à partir de l'étude de 11 années, de 1973 à 1983. Pour calculer la valeur proposée pour la pluviométrie retenue dans le projet, on effectue l'opération suivante :

Pluviométrie retenue =

$$(\text{Pluviométrie 1974}) \times 1 - \left(\frac{\% \text{ indisponibilité}}{100} \right) \times 0,85$$

(3) Capacité Proposée pour les Installations

Des cuves de récupération et des réservoirs qui sont respectivement de 500 m² et de 100 m² ont été prévus pour le projet. La capacité annuelle des cuves de récupérations de l'eau de pluie sera de 373 m³, alors que les réservoirs devraient fournir chacun environ 30 m³ d'eau toute l'année, l'eau étant stockée tous les mois. Le niveau de stockage le plus bas sera de 13,7 m³ en septembre, et le plus élevé de 112,6 m³ en mai.

(4) Principe de Récupération et Projet de Réservoir

La cuve de récupération des eaux pourra être divisée en quelques cuves plus petites, selon les conditions topographiques du site sur lequel elle sera installée, et les petites cuves seront alors reliées à un réservoir par des caniveaux recouverts ou par des tuyaux. La surface du sol tout autour de la cuve sera maintenue propre grâce à des rigoles d'écoulement et à des barrières tout autour. En certains endroits, on pourra utiliser les routes non goudronnées déjà existantes ou tous les autres espaces qui seront recouverts de béton. Il est préférable de choisir des endroits surélevés pour installer les cuves de récupération.

Le réservoir sera de type hermétique, en pierres ou en briques, matériaux peu coûteux. La paroi interne sera étanche.

TABLEAU IV-1
(1/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : BIRENGA

Nom du SECTEUR	Superf. en km ² .	POPULATION 1983 (h/km ²)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km ²)	Nbre de person./ famille
1. BARE	37,1	1.897	635	2,99	N.D.	2.333	62,9	3,67
2. BIRENGA	32,7	2.087	767	2,72	N.D.	2.567	78,5	3,35
3. GAHARA	72,7	5.436	990	5,49	N.D.	6.686	92,0	6,75
4. GAHULIRE	13,5	2.765	455	6,08	N.D.	3.401	259,9	7,47
5. GASHONGORA	38,3	4.193	414	10,13	N.D.	5.157	134,6	12,46
6. KIBAYA	8,3	2.967	412	7,20	N.D.	3.649	439,6	8,86
7. KIBARA	15,4	3.406	353	9,65	N.D.	4.189	272,0	11,87
8. KIBIMBA	16,7	2.947	358	8,23	N.D.	3.624	217,0	10,12
9. KIBUNGO	14,4	2.998	N.D.	N.D.	N.D.	3.687	256,0	N.D.
10. MATONGO	28,8	4.396	534	8,23	N.D.	5.406	187,7	10,12
11. NDAMIRA	11,0	2.349	467	5,03	N.D.	2.889	262,6	6,19
12. SAKARA	22,7	3.866	774	6,14	N.D.	4.755	209,5	6,14
TOTAL	311,6	39.307	N.D.	N.D.	3,0	48.343	155,1	N.D.

TABLEAU IV-I
(2/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : KABARONDO

Nom du SECTEUR	Superf. en km2.	POPULATION 1983	DENSITÉ 1983 (h/km2)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km2)	Nbre de person./ famille
1. BISENGA	19,8	2.104	106,3	476	4,42	5,02	2.619	132,3	5,50
2. CYINZOVU	10,8	2.418	223,9	484	5,00	3,54	3.010	278,7	6,22
3. KABARONDO	15,0	2.101	140,1	301	6,98	2,88	2.616	174,4	8,69
4. MURAMA	21,0	1.461	69,6	284	5,14	1,80	1.819	86,6	6,04
5. NKANBA	12,7	2.955	232,7	628	4,71	2,48	3.679	289,7	5,86
6. RUBIRA	6,7	2.296	342,7	362	6,34	1,78	2.859	426,7	7,90
7. RUKIRA	6,0	1.963	327,2	350	5,61	3,26	2.444	407,3	6,98
8. RUNDA	11,7	2.908	248,6	616	4,72	3,38	3.621	309,5	5,88
9. RURAMIRA	15,8	2.866	181,4	612	4,68	2,50	3.568	225,8	5,83
10. RUSERA	9,6	1.875	195,3	480	3,91	5,16	2.334	243,1	4,86
11. RUYONZA	8,5	2.238	263,3	349	6,41	2,36	2.786	327,8	7,98
12. SHYANDA	36,3	2.346	64,6	315	7,45	5,46	2.921	80,5	9,27
TOTAL	173,9	27.531	158,3	5.257	5,24	3,18	34.276	197,1	6,52

TABLEAU IV-1
(3/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : KAYONZA

Nom du SECTEUR	Superf. en km2.	POPULATION 1983	DENSITÉ 1983 (h/km2)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km2)	Nbre de person./ famille
1. GASOGI	15,0	2.738	182,5	543	5,04	2,86	2.968	197,9	5,47
2. KAYONZA	13,5	3.247	240,5	530	6,13	0,86	3.520	260,7	6,64
3. MBARABUTURO	10,0	1.982	198,2	365	5,43	1,80	2.149	214,9	5,89
4. MUSUMBA	20,2	2.454	121,5	324	7,57	1,16	2.660	131,7	8,21
5. NYAMIRAMA	19,6	3.524	179,8	298	11,80	-5,00	3.820	194,9	12,80
6. RUTARE	13,1	2.410	184,0	354	6,81	-0,50	2.613	199,5	7,38
7. RWINDWAVU	99,4	4.784	48,1	557	8,59	10,46	5.186	52,2	9,31
8. SHYOGO	7,5	2.621	349,5	409	6,41	1,00	2.841	378,8	6,95
TOTAL	198,3	23.760	119,8	3.380	7,03	1,16	25.757	129,9	7,62

TABLEAU IV-1
(4/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : KIGARAMA

Nom du SECTEUR	Superf. en km2.	POPULATION 1983	DENSITÉ 1983 (h/km2)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km2)	Nbre de person./ famille
1. FUKWE	5,0	3.744	748,8	552	6,78	3,02	5.136	1072,2	9,30
2. GASETSA	22,5	2.436	108,3	553	4,41	5,82	3.342	148,5	6,04
3. GSHANDA	15,6	2.622	168,1	451	5,81	3,98	3.597	230,6	7,98
4. KARABE I	16,0	2.473	154,6	638	3,88	6,56	3.393	212,1	5,32
5. KARARE II	68,8	4.156	60,4	908	4,58	6,48	5.701	82,9	6,28
6. KARABERANGUF	30,8	3.366	109,3	691	4,87	4,92	4.618	149,9	6,68
7. KANSANA	18,3	3.462	189,2	573	6,04	3,34	4.749	259,5	8,29
8. REMERA	16,7	2.327	139,3	506	4,60	5,72	3.192	191,1	6,31
9. RUBONA	22,5	5.389	239,5	625	8,62	3,08	7.393	328,6	11,83
10. RURENGA	20,8	2.168	104,2	615	3,53	6,32	2.874	143,0	4,84
11. VUMUE	22,5	3.454	153,2	672	5,14	3,96	4.738	210,6	7,05
TOTAL	159,5	35.597	137,2	6.784	5,25	4,62	48.833	188,2	7,20

TABLEAU IV-1
(5/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : MUGESERA

Nom du SECTEUR	Superf. en km2.	POPULATION	DENSITÉ 1983 (h/km2)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km2)	Nbre de person./ famille
1. CYIZIHIZA	9,8	2.919	297,9	506	5,77	3,78	3.785	386,7	7,49
2. GATARE	16,3	3.015	185,0	538	5,60	3,33	3.915	240,2	7,28
3. KAGASHI	21,7	3.537	163,0	587	6,03	3,78	4.585	211,6	7,82
4. KARENBO	5,4	2.092	387,4	299	7,00	4,40	2.716	503,0	9,08
5. KIBARE	8,8	3.444	391,4	483	7,13	3,75	4.472	508,2	9,26
6. KIBILIZA I-II	20,6	5.143	249,7	815	6,31	2,53	6.677	324,1	8,19
7. KIRANBO	10,6	2.454	231,5	327	7,50	4,13	3.186	300,6	9,74
8. KIKABUYE	8,5	3.427	403,2	653	5,25	3,63	4.450	523,5	6,81
9. MATONGO	5,2	2.583	496,7	422	6,12	3,95	3.354	645,0	7,95
10. NUGARA	11,0	2.895	263,2	459	6,31	4,35	3.759	341,7	8,19
11. NYANGE	20,2	2.085	103,2	462	4,51	5,33	2.707	134,0	5,86
12. SANGAZA	16,3	2.839	174,2	502	5,66	4,03	3.686	226,1	7,34
13. SHYWA	8,3	2.691	324,2	419	6,42	3,50	3.494	421,0	8,34
14. ZAZA	7,7	2.385	309,7	329	7,25	5,20	3.094	401,8	9,40
TOTAL	170,4	41.509	243,6	6.801	6,10	3,80	53.880	316,3	7,92

TABLEAU IV-1
(6/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : MUHAZI

Nom du SECTEUR	Superf. en km2.	POPULATION	DENSITÉ 1983 (h/km2)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance de population (78-83)	POPULATION ESTIMÉE	DENSITÉ 1990 (h/km2)	Nbre de person./ famille
1. GATI	15,0	3.286	219,1	700	4,69	2,70	4.050	270,0	5,79
2. GISHALI	12,5	3.910	312,8	722	5,42	2,27	4.819	385,5	6,67
3. KARABE	10,6	3.025	285,4	402	7,52	7,17	3.728	351,7	9,27
4. KITAZIGURWA	10,6	2.395	222,5	466	5,06	2,0	2.907	274,2	6,24
5. MUKARANGE	7,9	2.219	280,5	438	5,07	3,00	2.735	36,2	6,24
6. MUNYIGINYA	8,1	2.577	318,1	522	4,94	2,10	3.176	392,1	6,08
7. MURANBI	15,0	3.129	208,6	525	5,96	3,13	3.856	257,1	7,34
8. NKOMANGWA	8,8	2.271	258,1	457	4,97	1,63	2.799	318,7	6,12
9. NYANGATOVU	12,1	2.700	223,1	504	5,36	3,30	3.327	275,0	6,60
10. NYARUBUYE	8,5	2.810	330,6	512	5,49	3,37	3.463	407,4	6,76
11. NYARUCALI	8,3	2.399	289,1	525	4,57	2,17	2.956	356,1	5,63
12. RUHUNDA	11,5	2.814	244,7	538	5,23	2,70	3.468	301,6	6,45
TOTAL	128,9	33.499	259,9	6 311	5,31	3,30	41.284	320,3	6,54

TABLEAU IV-1
(7/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : RUKARA

Nom du SECTEUR	Superf. en km ² .	POPULATION	DENSITÉ 1983 (h/km ²)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km ²)	Nbre de person./ famille
1. GAHINI	27,1	5.111	188,6	521	9,81	1,70	5.803	214,1	11,14
2. KAWANGIRE	17,9	3.492	195,1	553	6,31	1,47	3.965	221,5	7,17
3. KIYENZI	15,6	3.355	215,1	331	10,14	1,33	3.809	244,2	11,51
4. NYANKABUNGO	31,9	2.663	83,5	340	7,83	1,77	3.809	244,2	11,51
5. NYAWERA	44,6	3.809	85,4	350	10,88	1,70	4.325	97,0	12,35
6. RUKARA	47,5	6.049	127,4	745	8,12	2,10	6.868	144,6	9,22
7. RWIMISHINYA	22,5	4.609	204,8	638	7,22	1,60	5.233	232,6	8,208
8. RYAMANYONI	63,8	2.454	38,5	377	6,51	3,33	2.786	43,7	7,39
TOTAL	270,9	31.542	116,4	3.855	8,18	1,83	35.811	132,2	9,29

TABLEAU IV-1
(8/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : RUKIRA

Nom du SECTEUR	Superf. en km ² .	POPULATION	DENSITÉ 1983 (h/km ²)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance de population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km ²)	Nbre de person./ famille
1. GASHIRU	31,7	3.245	102,4	505	6,43	N.D.	4.609	145,4	9,13
2. GITUKU	24,8	3.057	123,3	483	6,33	N.D.	4.324	175,1	8,99
3. GITWE	33,5	3.552	106,0	477	7,45	N.D.	5.045	150,6	10,58
4. MUBANGO	15,4	3.466	225,0	611	5,67	N.D.	4.923	319,7	8,06
5. MURAMA	11,7	3.134	268,0	565	5,55	N.D.	4.451	380,4	7,88
6. MUSHIKIRI	58,1	2.997	51,6	459	6,53	N.D.	4.257	73,3	9,27
7. NUTARUKA	36,9	2.310	62,6	458	5,04	N.D.	3.281	88,9	7,16
8. RUGARAMA	30,8	2.171	70,5	367	5,92	N.D.	3.083	100,1	8,40
9. RURAMA	14,6	3.151	215,8	572	5,51	N.D.	4.475	306,5	7,82
10. RURENGE	15,8	3.261	206,4	642	5,08	N.D.	4.632	293,2	7,21
TOTAL	273,3	30.344	111,0	5.139	5,00	5,14	43.098	157,7	8,39

TABLEAU IV-1
(9/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : RUSUMO

Nom du SECTEUR	Superf. en km2.	POPULATION 1983 (h/km2)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km2)	Nbre de person./ famille
1. GATURE	74,6	6.088	N.D.	N.D.	3,36	8.341	111,8	8,69
2. GISENBI	47,1	2.346	512	4,58	2,38	3.214	68,2	6,28
3. KANKOBWA	267,5	4.225	722	5,85	5,92	5.788	21,6	8,02
4. KIGARAMA	135,6	5.711	753	7,58	4,84	7.824	57,7	10,39
5. KIGINA	65,0	5.296	876	6,05	4,24	7.256	111,6	8,28
6. KIRFIF	50,6	4.792	902	5,31	4,88	6.565	129,7	7,28
7. MUSAZA	86,5	6.509	N.D.	N.D.	4,34	8.917	103,1	8,69
8. NYABITARE	42,1	3.177	408	7,79	4,06	4.353	103,4	10,67
9. NYAMUGALI	114,8	3.614	N.D.	N.D.	3,76	4.951	43,1	8,69
10. NYARUBUYE	85,0	5.214	723	7,12	7,68	7.143	84,0	9,88
TOTAL	968,8	46.972	N.D.	N.D.	4,60	64.352	66,4	8,69

TABLEAU IV-1
(10/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : RUTONDE

Nom du SECTEUR	Superf. en km2.	POPULATION	DENSITÉ 1983 (h/km2)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMÉE	DENSITÉ 1990 (h/km2)	Nbre de person./ famille
1. KADUHA	18,1	3.267	180,2	558	5,85	6,90	4.201	232,1	7,53
2. KIGABIRO	3,8	3.417	899,2	406	8,42	1,88	4.401	1.158	10,84
3. NKUNGU	12,1	2.866	236,9	501	5,72	7,36	3.691	305,0	7,37
4. NSINDA	9,0	2.731	303,4	216	12,6	8,86	3.517	390,8	16,28
5. NYARUSANCE	11,7	3.161	270,2	500*	6,32*	4,80	4.071	347,9	8,14
6. RUTONDE	15,8	3.273	207,2	551	5,94	10,60	4.215	266,8	7,65
7. RWERU	8,3	3.235	389,8	700	4,62	0,46	4.166	501,9	5,95
8. RWIKUBO	11,9	3.022	254,0	597	5,06	-1,48**	3.892	327,1	6,52
9. SOVU	13,3	2.759	207,4	491	5,62	0,02	3.553	267,1	7,24
TOTAL	104,0	27.726	266,6	4.520*	6,13	3,68	35.707	343,3	7,90*

TABLEAU IV-1
(11/11)

POPULATION ESTIMATIVE DE 1990

Commune : SAKE

Nom du SECTEUR	Superf. en km2.	POPULATION 1983 (h/km2)	Nombre de Familles	Nbre de person./ famille	% moyen de croissance population (78-83)	POPULATION ESTIMEE	DENSITÉ 1990 (h/km2)	Nbre de person./ famille
1. GITUZA	19,8	2.830	415	6,82	7,08	3.625	183,1	8,73
2. MABUGA I	11,0	2.228	374	5,96	2,88	2.854	259,5	7,63
3. MABUGA II	10,4	2.295	378	6,07	3,44	2.940	282,7	7,78
4. MBUYE	28,5	3.031	856	3,54	3,36	3.883	136,2	4,54
5. MURWA	60,0	3.541	52	6,78	7,06	4.536	75,6	8,69
6. NGOMA	14,4	2.228	536	4,16	1,42	2.854	198,2	5,32
7. NSHILI I	13,3	2.641	496	5,32	4,30	3.383	254,4	6,82
8. NSHILI II	9,6	2.263	219	10,33	2,10	2.899	302,0	13,24
9. RUBAGO	14,0	3.315	518	6,40	2,60	4.246	303,3	8,20
10. RUKUMBELI	126,5	3.320	589	5,64	2,28	4.252	160,5	7,21
11. RUYEMA I	4,6	1.731	300	5,77	3,98	2.217	482,0	7,39
12. RUYEMA II	5,6	1.604	344	4,66	4,80	2.054	366,8	5,97
13. SHOLI	23,8	3.091	348	12,46	2,68	3.959	166,3	11,38
TOTAL	241,5	34.118	5.895	5,79	3,60	43.702	181,0	7,41

TABLE IV-5

Conditions Hydrogéologiques des Nappes Aquifères
à Chaque Point de Forage

No.	Location (Secteur)	Basement	Overburden	Aquifer	Topography	Type
1.	KAYONZA (RWINKWAVU)	quartzite/schist (dominant schist)	clay/thick sand and gravel with boulders	quartzite (confined/ unconfined)	wide valley fluvial fan	S ₁ + D ₁
2.	KABARONDO (KABARONDO)	quartzite/schist (dominant quartzite)	clay/thick sand and gravel with boulders	quartzite (confined)	narrow valley colluvial	D ₂
3.	RUKIRA (RURENGE)	quartzite/schist (dominant schist)	clay/thick sand and gravel	quartzite (confined)	wide valley marsh	S ₁ + D ₁
4.	RUSUMO (KIGINA)	quartzite/schist (dominant quartzite)	clay/thick sand and gravel	quartzite (confined)	narrow valley steeply inclined layer	D ₁
5.	KIGARAMA (GASETZA)	quartzite/schist (dominant schist)	clay/thick sand and gravel	quartzite (confined/ unconfined)	wide valley alluvial	S ₂ + D ₁
6.	SAKE (SHOLI)	granite	thin clay layer	granite/ weathered layer (confined)	terraced hills hill side	D ₃
7.	BIRENGA (BIRENGA)	quartzite/schist (dominant quartzite)	clay/thin sand and gravel	quartzite (confined)	narrow valley mountainside	D ₂

TABLE IV-6

SOMMAIRE DU RÉSULTAT DE LA FORAGE D'ÉSSAI

No. (Sector)	Location	Well Depth (m)	Strainer Depth (m)	Pump Depth (m)	Water Level (m)	Yield (m ³ /h)	Comment
1.	KAYONZA (RWINKWAVU)	48.85	36-42	25	9.40	15.0	Foot pedal pump (now in use) Potential for use of S ₁ -D ₂ power pump in future
2.	KABARONDO (KABARONDO)	43.50	30-42	40	19.50	2.0	Foot pedal pump (now in use) D ₂ type
3.	RUKIRA (RURENCE)	42.00	30-36	32.5	22.18	2.0	Foot pedal pump (now in use) S ₁ -D ₂ type
4.	RUSUMO (KIGINA)	46.00	-	-	-	no water	D ₁ type
5.	KIGARAMA (GASETZA)	54.85	45-51	25	11.41	12.0	Foot pedal pump (now in use) Potential for use of S ₂ -D ₁ power pump in future
6.	SAKE (SHOLI)	58.00	-	-	-	no water	Bored through weathered granite zone bedrock but did not strike water
7.	BIRENGA (BIRENGA)	58.00	34-52	40	33.8	2.4	Foot pedal pump (now in use) D ₂ type

TABLEAU IV-7
Districts d'Alimentation en Eau Potable

COMMUNE	Nombre de Secteurs	Nombre de Cellules	Nombre de districts d'alimentation		Programme à réaliser	
			Programme idéal Puits	Puits		
BIRENGA	12	59	517	41	3	2
KABARONDO	12	60	32	19	12	1
KAYONZA	8	38	18	4	15	1
KIGARAMA	11	66	39	17	19	1
MUGESERA	15	75	59	4	0	1
MUHAZI	12	66	40	0	25	1
RUKARA	8	52	27	0	24	1
RUKIRA	10	58	41	18	16	1
RUSUMO	10	99	69	49	17	1
RUTONDE	9	51	38	20	2	1
SAKE	13	70	69	14	3	1
TOTAL	120	694	489	186	136	12

TABLE IV-8

Résultats des Essais de Qualité de l'Eau

Water Source	Nyakora River	Kodilidimba River Rugazi: I	Sendaya River Rugazi: I	Rwinkwavu Pond	Kadilidimba River Nkondo West
Items	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Date of Analysis	Aug.23,'85	Aug.26,'85	Sep.26,'85	Sep.24,'85	Oct.10,'85
NO ₂ - N	0ppm	0ppm	0.05ppm		0ppm
NO ₃ - N	0	0	2.0	0	0
NH ₄ - N	0.8	0	0.5	0	0
Cl	115	140	100	130	150
Cr ⁶⁺	0	0	0	0	0
Cu	0	0	0	0	0
Fe ^T	0	1.0	0.5	0	0
Zn	0	0	0.5	0	0
pH	8.0pH	7.0pH	7.0pH	7.0pH	7.5pH
COD	> 20	> 20	> 20	20	5
CaCO ₃	255	150	50	140	150
Colon Bactisille	++	++	++	++	++
Other Bacteria	++	++	++	++	++
Turidity	>10°	>10°	>10°	>10°	5°
Temperature	20°C	16°C	17°C	20°C	20°C

TABLE IV-8

Water Source	Kabilizi Rurenge	Ruvuvu Gasetza	"Kano" Kayonza	"Kano" Rutonde Ngungu	Public Faucet near Somirwa Hospital
Items	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Date of Analysis	Sep.7,'85	Sep.24,'85	Aug.26,'85	Sep.24,'85	Sep.24,'85
NO ₂ - N	Oppm	Oppm	Oppm	Oppm	Oppm
NO ₃ - N	0	0	0	0	0
NH ₄ - N	0.4	0	0	0	1.0
Cl	50	110	80	140	135
Cr ⁶⁺	0	0	0	0	0
Cu	0.5	0	0	0	0
Fe ^I	0.5	0	0	0	0.5
Zn	0	0	0.5	0	0
pH	7.0pH	8.0pH	6.0pH	5.5pH	8.5pH
COD	> 20	> 20	15	5	10
CaCO ₃	105	110	150	100	130
Colon Bactisille	++	++	-	-	++
Other Bacteria	++	++	+	+	++
Tervidity	> 10°	> 10°	0°	0°	> 10°
Temperature	19°C	20°C	16°C	17°C	20°C

TABLE IV-8

Items	Water Source	Nyankora Test Well No.1 (11)	Kabarondo Test Well No.2 (12)	Rukira Test Well No.3 (13)	Kigarama Test Well No.4 (14)	Birenga Test Well No.5 (15)
Date of Analysis		Aug.23,'85	Aug.23,'85	Sep.25,'85	Sep.12,'85	Oct.25,'85
NO ₂ - N		Oppm	Oppm	Oppm	Oppm	Oppm
NO ₃ - N		0	0	0	0	0
NH ₄ - N		0	0	0	0	0
Cl		75	90	75	85	75
Cr ⁶⁺		0	0	0	0	0
Cu		0	0	0	0	0.5
Fe ^T		0	0.2	0.2	0	0.2
Zn		0	0	0.5	0	0
pH		7.0pH	6.5pH	6.0pH	6.0pH	7.5pH
COD		0	0	0	0	0
CaCO ₃		125	150	50	45	50
Colon Bactisille		-	-	-	-	-
Other Bacteria		-	-	-	-	-
Turvidity		0°	0°	0°	0°	0°
Temperature		17°C	18°C	21°C	22°C	20°C

TABLEAU IV-9 Plan d'Alimentation en Eau Potable de Chaque Commune

Zone	Nombre de Communes	Nombre de Secteurs	Nombre de Cellules	Population (1983)	Population Deservie (1990)	Besoins (l/d)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessaires	Type de puits
I.	2	2	3	2,752	3,187	71,708	80,000	1	D1 (pompe électrique)
II.	3	6	13	7,831	8,714	130,710	130,000	13	D1
III.	3	6	18	6,324	11,754	176,310	180,000	18	"
IV.	4	13	40	20,144	26,247	393,705	400,000	40	"
	<u>Sous-total</u>			<u>37,051</u>	<u>49,467</u>	<u>703,912</u>	<u>720,000</u>	<u>72</u>	(pompe manuelle)
V.	1	2	7	3,823	5,239	78,585	80,000	8	D1
VI.	2	6	17	9,355	12,952	194,280	180,000	18	D1
VII.	1	5	191/	3,496	4,786	71,790	180,000	18	D1
VIII.	1	1	5	1,534	2,101	31,515	50,000	5	S1
IX.	1	3	112/	3,252	4,455	66,825	110,000	11	S1
X.	1	6	13	10,062	12,368	185,520	160,000	16	D1
XI.	1	6	183/	12,528	15,399	230,985	240,000	24	S1
XII.	1	6	14	7,596	9,864	147,960	140,000	14	S1
	<u>Sous-total</u>			<u>51,646</u>	<u>67,164</u>	<u>1,007,460</u>	<u>1,140,000</u>	<u>114</u>	
	<u>Total</u>			<u>88,697</u>	<u>116,631</u>	<u>1,711,372</u>	<u>1,860,000</u>	<u>186</u>	

Note 1. 11 cellules ne disposent pas de statistiques démographiques

2. 5 " " "
3. 1 " " "

Zone I.
 TABLEAU IV-10 Plan d'Alimentation en Eau Potable de Chaque Secteur

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessités	Type de puits
1.	Kayonza	Rwinkwavu	Mukoyoyo	1,572	1,703	38,318	0	80,000	1	D1
2.			Gishanda	722	856	19,260	0	-		Pompe électrique
3.	Kigarama	Kabare II	Gishanda	458	628	14,130	47,692	-	-	-
	Total			2,752	3,187	71,708	47,692	80,000	1	D1

Note : Le taux de consommation pris en compte est de 22,5 l par personneet par habitant.

Zone II.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessités	Type de puits
1.	Kabarondo	Shyanda	Gisunzu	N.A.	(667)	(10,005)	0	10,000	1	D1
2.			Nyakagezi	887	843	12,645	0	10,000	1	"
3.		Kabarondo	Rugazi I	370	460	6,900	0	10,000	1	"
4.			Cyabajwa	398	459	6,885	15,033	10,000	1	"
5.			Kabarondo	537	669	10,035	23,328	10,000	1	"
6.		Cyinzovu	Rugazi II	450	559	8,385	0	10,000	1	"
7.			Eurenge	500	622	9,330	30,585	10,000	1	"
8.		Bisenga	Muko	486	605	9,075	0	10,000	1	"
9.			Rulenge	486	605	9,075	0	10,000	1	"
10.			Nyakanazi	402	500	7,500	0	10,000	1	"
11.	Kigarama	Remera	Kamvumba	644	883	13,245	19,180	10,000	1	"
12.	Kayenza	Rwinkwavu	Mkondo	936	1,014	15,210	0	10,000	1	"
13.			Cyabajwa	765	828	12,420	0	10,000	1	"
Total				6,324	8,714	130,710	88,126	130,000	13	

Zone III.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population DESSERVIE (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits necessites	Type de puits
1.	Birenga	Sakara	Gahama	664	816	12,240	91,756	10,000	1	D1
2.			Kabahushi	419	515	7,725	11,588	10,000	1	"
3.		Kibara	Nyamugali	772	949	14,235	0	10,000	1	"
4.	Rukira	Murama	Mutara	660	937	14,055	0	10,000	1	"
5.			Nyagasozzi	677	961	14,415	39,398	10,000	1	"
6.			Rukizi	427	606	9,090	0	10,000	1	"
7.			Tonero	366	520	7,800	0	10,000	1	"
8.			Nyakabanga	344	488	7,320	0	10,000	1	"
9.		Rurenge	Ntara	345	490	7,350	0	10,000	1	"
10.			Kizenga	528	749	11,235	0	10,000	1	"
11.			Ruzinga I	360	605	9,075	0	10,000	1	"
12.			Ruzinga II	376	511	7,665	0	10,000	1	"
13.			Nyakazinga	457	648	9,720	0	10,000	1	"
14.			Ruvuzi II	411	533	7,995	0	10,000	1	"
15.			Rugombe	356	504	7,560	0	10,000	1	"
16.		Mubago	Nyagateme	669	588	8,820	0	10,000	1	"
17.	Rusumo	Gatore	Rurenge I	N.A.	(667)	(10,005)	0	10,000	1	"
18.			Rurenge II	N.A.	(667)	(10,005)	0	10,000	1	"
Total				7,831	11,754	176,310	142,742	180,000	18	

Zone IV.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de Puits nécessités	Type de puits
1.	Kigarama	Gasetza	Murukore	445	610	9,150	0	10,000	1	D1
2.			Kurutari	445	610	9,150	0	10,000	1	"
3.			Mandekwe	520	712	10,680	0	10,000	1	"
4.			Gikomero	348	477	7,155	0	10,000	1	"
5.		Rurenge	Sata	409	561	8,415	0	10,000	1	"
6.		Kaberangwe	Rugese	648	888	13,320	0	10,000	1	"
7.			Bugarama	657	901	13,515	0	10,000	1	"
8.	Kabarondo	Rundu	Gisoro	712	887	13,305	0	10,000	1	"
9.		Rukira	Mashya	303	446	6,690	0	10,000	1	"
10.			Ngatare	292	362	5,430	0	10,000	1	"
11.			Murambi	438	544	8,160	0	10,000	1	"
12.			Agasharu	438	544	8,160	0	10,000	1	"
13.			Buhoro	438	544	8,160	0	10,000	1	"
14.		Ruramira	Abiyahuzi	627	781	11,715	0	10,000	1	"
15.		Nkamba	Cyemo	513	638	9,570	0	10,000	1	"
16.			Mabuga	782	972	14,580	23,846	10,000	1	"
17.	Rutonde	Nkungu	Matabe	578	744	11,160	0	10,000	1	"
18.			Rushangari	572	737	11,055	33,696	10,000	1	"
19.			Rudashya	572	737	11,055	0	10,000	1	"
20.			Kabye	583	751	11,265	0	10,000	1	"
21.			Nyagakombe	561	722	10,830	6,739	10,000	1	"
22.		Kaduha	Kabare	644	828	12,420	0	10,000	1	"

Zone IV.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessaires	Type de puits
23.			Gishike	573	737	11,055	175,789	10,000	1	D1
24.			Kangabo	515	662	9,930	6,739	10,000	1	"
25.			Kababero	509	655	9,825	112,492	10,000	1	"
26.			Rwimbago	509	655	9,825	51,840	10,000	1	"
27.			Kamanana	515	662	9,930	0	10,000	1	"
28.		Rweru	Mubuga	407	523	7,845	0	10,000	1	"
29.			Kinganzwa	402	517	7,755	9,331	10,000	1	"
30.			Catare	411	529	7,935	0	10,000	1	"
31.			Rwisange	411	529	7,935	3,628	10,000	1	"
32.			Kabareyi	365	470	7,050	55,987	10,000	1	"
33.			Kanyegera	402	517	7,755	0	10,000	1	"
34.		Sovu	Nyabishunzi	399	651	9,765	41,990	10,000	1	"
35.			Rushangara	461	593	8,895	112,492	10,000	1	"
36.			Rugobagoba	550	644	9,660	0	10,000	1	"
37.	Mugesera		Rwakayango	631	819	12,285	24,364	10,000	1	"
38.			Kalibu	631	819	12,285	68,947	10,000	1	"
39.			Kashekashi	536	696	10,440	76,956	10,000	1	"
40.		Kabilizi II	Cashekasheke	442	573	8,595	11,404	10,000	1	"
Total				20,144	26,247	393,705	766,240	400,000	40	

Zone V.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessités	Type de puits
1.	Kigarama	Kabare II	Murugunga	591	810	12,150	0	10,000	1	D1
2.			Cyarubare	458	628	9,420	0	10,000	1	"
3.			Rubimba	403	552	8,280	0	10,000	1	"
4.			Bara	518	709	10,635	0	10,000	1	"
5.			Rushenyi	522	715	10,725	0	10,000	1	"
6.			Gitara	495	678	10,170	0	10,000	1	"
7.		Rubona	Nyagatovu	836	1,147	17,205	0	20,000	2	"
Total				3,823	5,239	78,585	0	80,000	8	

Zone VI.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessités.	Type de puits
1.	Rukira	Mushikili	Bisagara	771	1,093	16,395	0	20,000	2	D1
2.			Gatongo	699	991	14,865	0	10,000	1	"
3.			Rwamuhigi	470	667	10,005	0	10,000	1	"
4.		Gitwe	Rusenya	648	920	13,800	0	10,000	1	"
5.	Rusumo	Kirehe	Bugarura	542	742	11,130	0	10,000	1	"
6.			Kirehe	579	793	11,895	0	10,000	1	"
7.			Kaduha	584	800	12,000	114,048	10,000	1	"
8.			Rurenge	489	669	10,035	0	10,000	1	"
9.			Gacumu	515	706	10,590	0	10,000	1	"
10.			Mubuga	377	516	7,740	0	10,000	1	"
11.		Kigina	Ruhanga	605	828	12,420	41,990	10,000	1	"
12.			Rugando	605	828	12,420	0	10,000	1	"
13.			Rugarama	605	828	12,420	0	10,000	1	"
14.		Nyabitare	Rwaigitura	506	693	10,395	0	10,000	1	"
15.			Rusarabaga	506	693	10,395	13,996	10,000	1	"
16.		Nyarubuye	Kagabiro	470	652	9,780	0	10,000	1	"
17.			Mareba	384	533	7,995	0	10,000	1	"
Total				9,355	12,952	194,280	170,034	180,000	18	

Zone VII.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (1/j)	Alimentation Sources (1/j)	Volume Fourni (1/j)	Nombre de puits nécessités	Type de puits
1.	Rusumo	Gatore	Rwabutazi	N.A.	-	-	0	10,000	1	D1
2.			Cyunuzi	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
3.			Nyamiryango	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
4.			Kurugarika	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
5.			Kamemo	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
6.			Muganza	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
7.		Kirehe	Mukaziba	425	582	8,730	0	10,000	1	"
8.			Rutobagu	664	910	13,650	0	10,000	1	"
9.			Murugando	308	422	6,330	0	10,000	1	"
10.			Nyabukokora	308	422	6,330	0	10,000	1	"
11.		Musasa	Rugarama	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
12.			Nyagabama	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
13.			Kumurambi	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
14.			Nkwandi	N.A.	-	-	29,548	10,000	1	"
15.		Kigarama	Kigarama	508	696	10,440	0	10,000	1	"
16.		Kigina	Buhwaga	442	604	9,060	11,923	10,000	1	"
17.			Bugarura	448	612	9,180	32,140	10,000	1	"
18.			Nyakibande	393	538	8,070	0	10,000	1	"
Total				3,496	4,786	71,790	73,611	18,000	18	"

Note: Rusumo/Gatore & Musasa have no data of No. of families. (total 11 cellules)

Zone VIII.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits necessités	Type de puits
1.	Rusumo	Gisenyi	Kigonge	256	351	5,265	0	10,000	1	S1
2.			Gisenyi	334	458	6,870	0	10,000	1	"
3.			Mahama	266	364	5,460	0	10,000	1	"
4.			Mwoga	339	464	6,960	0	10,000	1	"
5.			Mwizinga	339	464	6,960	0	10,000	1	"
Total				1,534	2,101	31,515	0	50,000	5	

Zone IX.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (1/j)	Alimentation Sources (1/j)	Volume Fourni (1/j)	Nombre de puits necessités	Type de puits
1.	Rusumo	Kigarama	Kiyanzi	652	893	13,395	0	10,000	1	S1
2.			Kiremera	652	893	13,395	0	10,000	1	"
3.			Kimesho	546	748	11,220	0	10,000	1	"
4.			Nyacyerera	394	540	8,100	23,328	10,000	1	"
5.			Gishenyi	576	789	11,835	0	10,000	1	"
6.			Cyanya	432	592	8,880	0	10,000	1	"
7.	Musaza		Catwe	N.A.	-	-	93,312	10,000	1	"
8.			Zagera	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
9.			Gikenke	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
10.	Gatore		Mukiha	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
11.			Rubona	N.A.	-	-	0	10,000	1	"
Total				3,252	4,455	66,825	116,640	110,000	11	

Note: Rusumo/Musaza & Gatore have no data of No. of families. (total 5 cellules)

Zone X.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessités	Type de puits
1.	Birenga	Sakara	Nyagataba	788	970	14,550	0	10,000	1	D1
2.			Kukarambi	549	675	10,125	0	10,000	1	"
3.			Kukarengé	564	693	10,395	0	10,000	1	"
4.		Kibara	Nyamirindi	1,312	1,614	24,210	0	20,000	2	"
5.			Nyagasozzi	1,322	1,626	24,390	0	20,000	2	"
6.		Gahulire	Itambiro	736	903	13,545	57,542	10,000	1	"
7.			Rugenge	553	679	10,185	8,812	10,000	1	"
8.		Bare	Muzingira	395	484	7,260	0	10,000	1	"
9.			Rurunge	395	484	7,260	188,679	10,000	1	"
10.		Cashongora	Kabagera	608	747	11,205	0	10,000	1	"
11.			Rwimondo	1,520	1,869	28,035	0	20,000	2	"
12.			Nyagasenyi	1,013	1,246	18,690	36,288	10,000	1	"
13.		Gahara	Nyakagezi	307	378	5,670	6,839	10,000	1	"
Total				10,062	12,368	185,520	298,060	160,000	16	

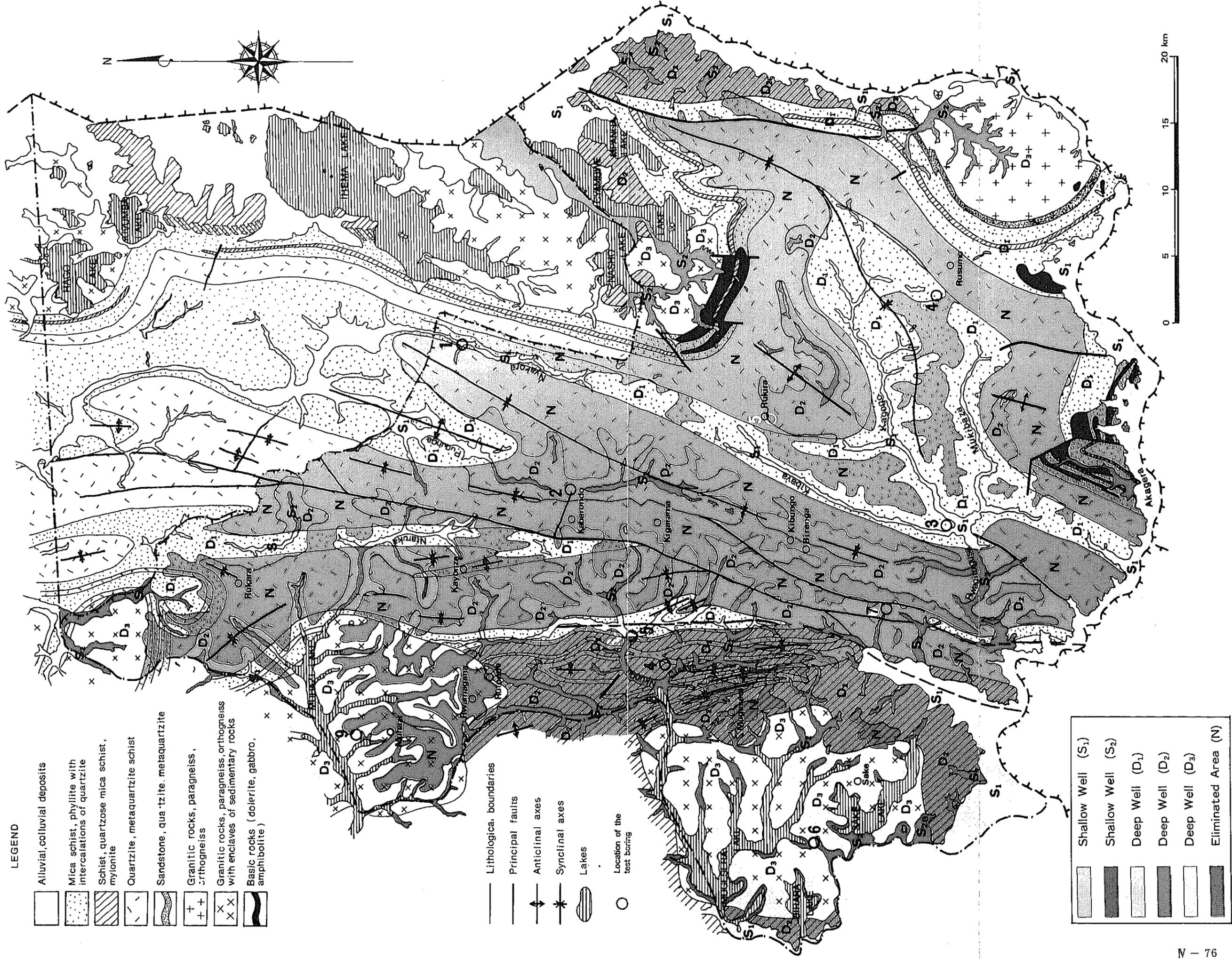
Zone XI.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessités	Type de puits
1.	Birenga	Gashongora	Butezi	N.A.	-	-	0	10,000	1	S1
2.		Gahara	Mugogo	988	1,215	18,225	0	20,000	2	"
3.			Taraye	631	776	11,640	0	10,000	1	"
4.			Muhamba	686	843	12,645	0	10,000	1	"
5.			Murangara	368	452	6,780	0	10,000	1	"
6.			Butanga	631	776	11,640	0	10,000	1	"
7.		Bare	Mutendeli	362	444	6,660	27,993	10,000	1	"
8.			Karengé	372	444	6,660	0	10,000	1	"
9.		Matongo	Mukona	872	1,072	16,080	10,368	10,000	1	"
10.			Kibaro	1,202	1,477	22,155	0	20,000	2	"
11.			Karwema	1,300	1,598	23,970	0	20,000	2	"
12.			Nyagasozzi	1,021	1,254	18,810	0	20,000	2	"
13.		Kibimba	Kinyonzo	839	1,032	15,480	235,353	10,000	1	"
14.			Rugarama	1,037	1,275	19,125	0	20,000	2	"
15.			Tunduti	1,070	1,315	19,725	0	20,000	2	"
16.		Birenga	Karengé	275	338	5,070	0	10,000	1	"
17.			Rusebeya	413	509	7,635	0	10,000	1	"
18.			Kazo	471	579	8,685	10,368	10,000	1	"
Total				12,528	15,399	230,985	400,986	240,000	24	

Note: Birenga/Gashongora has no data of No. of families.

Zone XII.

No.	Communes	Secteur	Cellules	Population (1983)	Population Desservie (1990)	Besoins (l/j)	Alimentation Sources (l/j)	Volume Fourni (l/j)	Nombre de puits nécessités	Type de puits
1.	Sake	Ruyema I	Mizibilli	577	739	11,085	29,548	10,000	1	S1
2.		Ruyema	Ruyema	577	739	11,085	0	10,000	1	"
3.		Ruyema II	Rubumba	303	399	5,985	0	10,000	1	"
4.		Ngoma	Giseso	270	468	7,020	0	10,000	1	"
5.		Nshili II	Nyagasani	671	860	12,900	122,342	10,000	1	"
6.			Kabare	795	1,019	15,285	0	10,000	1	"
7.			Karange	795	1,019	15,285	38,361	10,000	1	"
8.		Mbuye	Kigoma	315	404	6,060	0	10,000	1	"
9.			Mubaha	726	930	13,950	0	10,000	1	"
10.			Akabande	655	839	12,585	0	10,000	1	"
11.		Murwa	Jarama	570	729	10,935	0	10,000	1	"
12.			Irarire	359	460	6,900	0	10,000	1	"
13.			Inanika	468	599	8,985	0	10,000	1	"
14.			Kiryama	515	660	9,900	0	10,000	1	"
Total				7,596	9,864	147,960	190,251	140,000	14	



LEGEND

- Alluvial, colluvial deposits
- Mica schist, phyllite with intercalations of quartzite
- Schist, quartzose mica schist, mylonite
- Quartzite, metaquartzite schist
- Sandstone, quartzite, metaquartzite
- Granitic rocks, paragneiss, orthogneiss
- Granitic rocks, paragneiss, orthogneiss with enclaves of sedimentary rocks
- Basic rocks (dolerite, gabbro, amphibolite)

- Lithologica boundaries
- Principal faults
- Anticlinal axes
- Synclinal axes
- Lakes
- Location of the test boring

- Shallow Well (S₁)
- Shallow Well (S₂)
- Deep Well (D₁)
- Deep Well (D₂)
- Deep Well (D₃)
- Eliminated Area (N)

Fig. IV-1 Classification de la Source d'Eau (Type des puits)

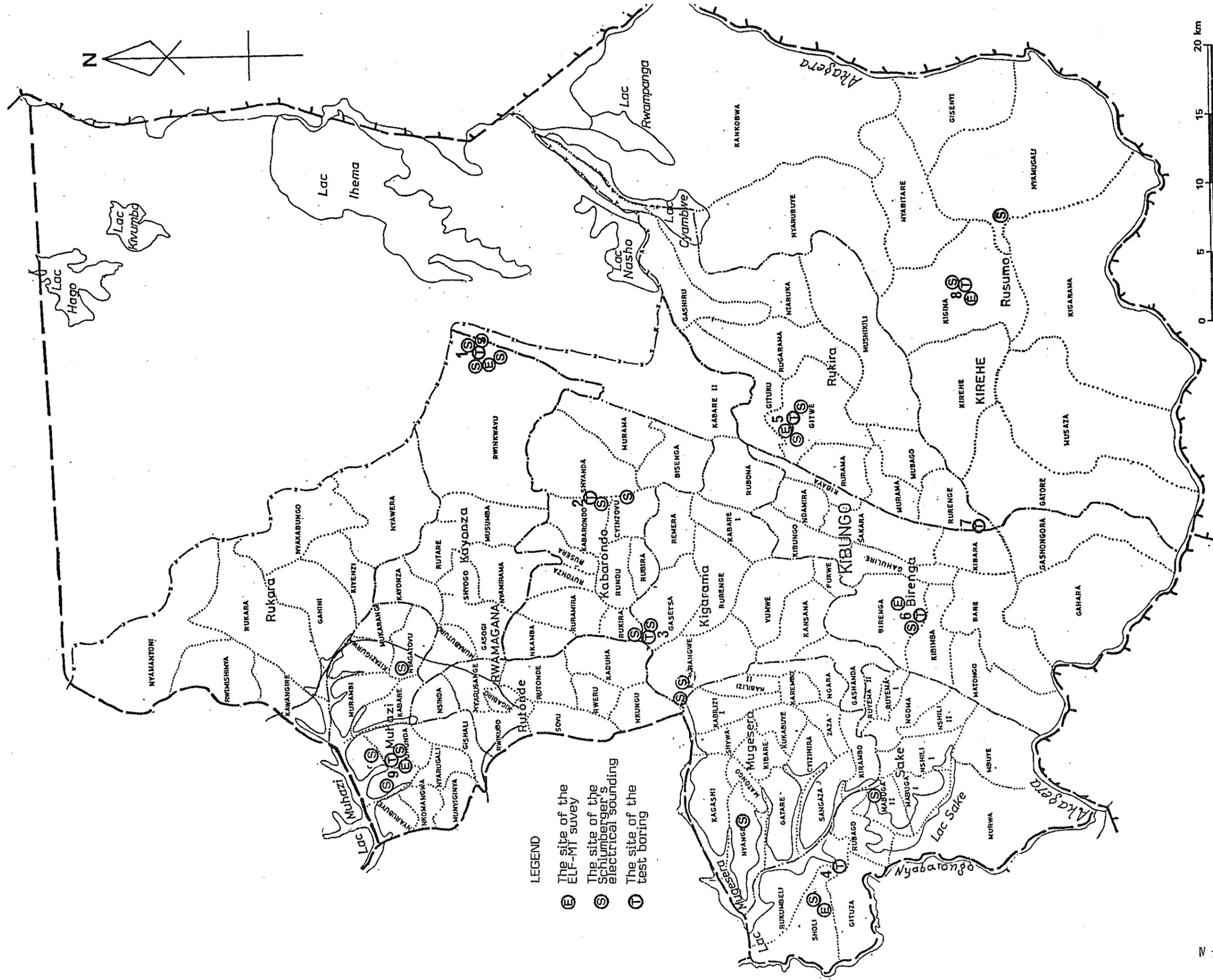
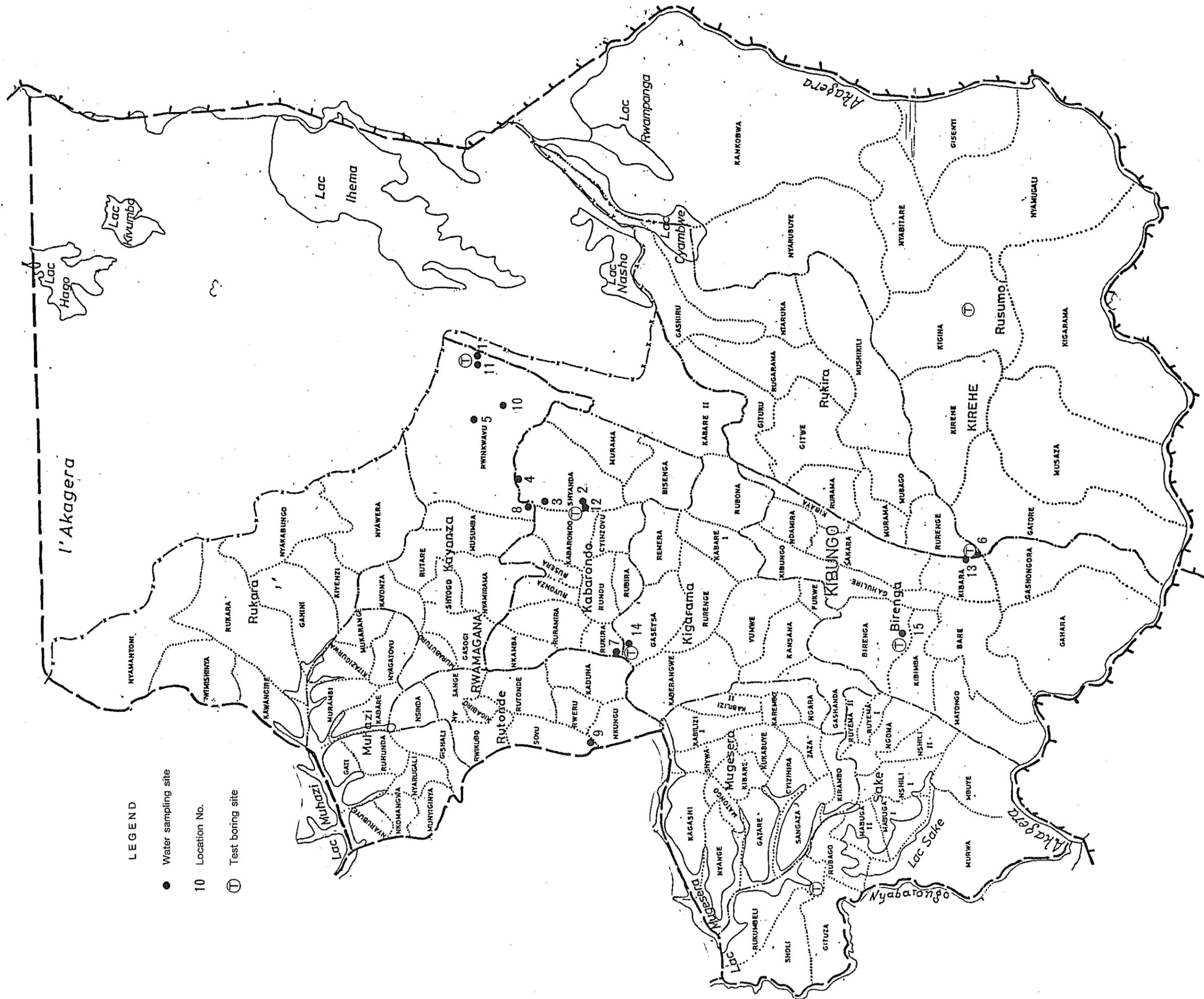


Fig. IV-2 Emplacement Géophysique d'Etude de l'Eau Souterraine et Terrains des Forages d'Essai



LEGEND

- Water sampling site
- 10 Location No.
- Ⓣ Test boring site

Fig. IV - 7 Carte d'Emplacement d'Essai de Qualite de l'Eau

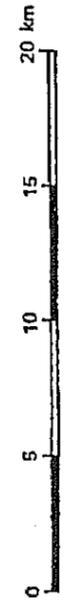
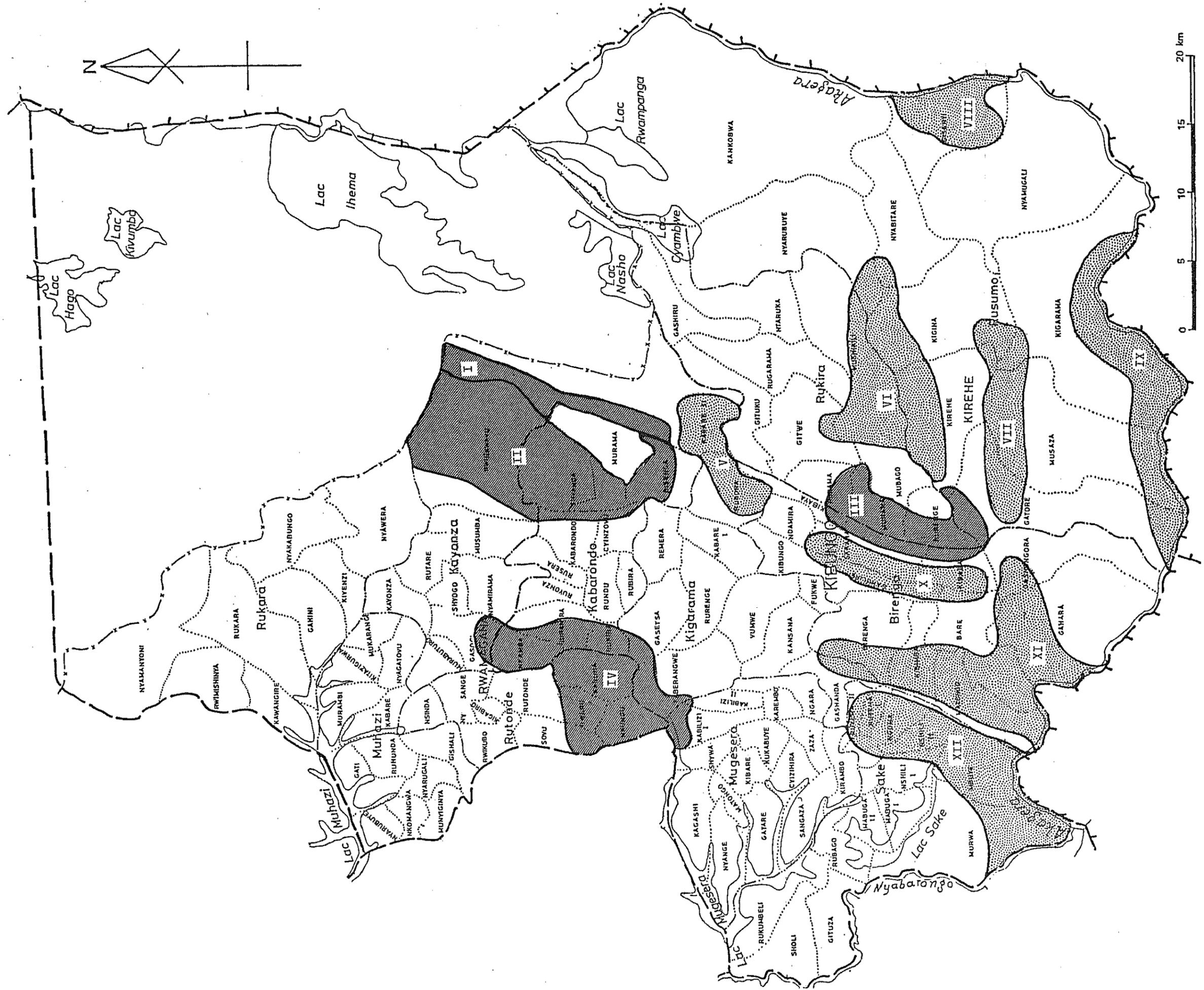


Fig. IV-8 Emplacement de District de l'Eau

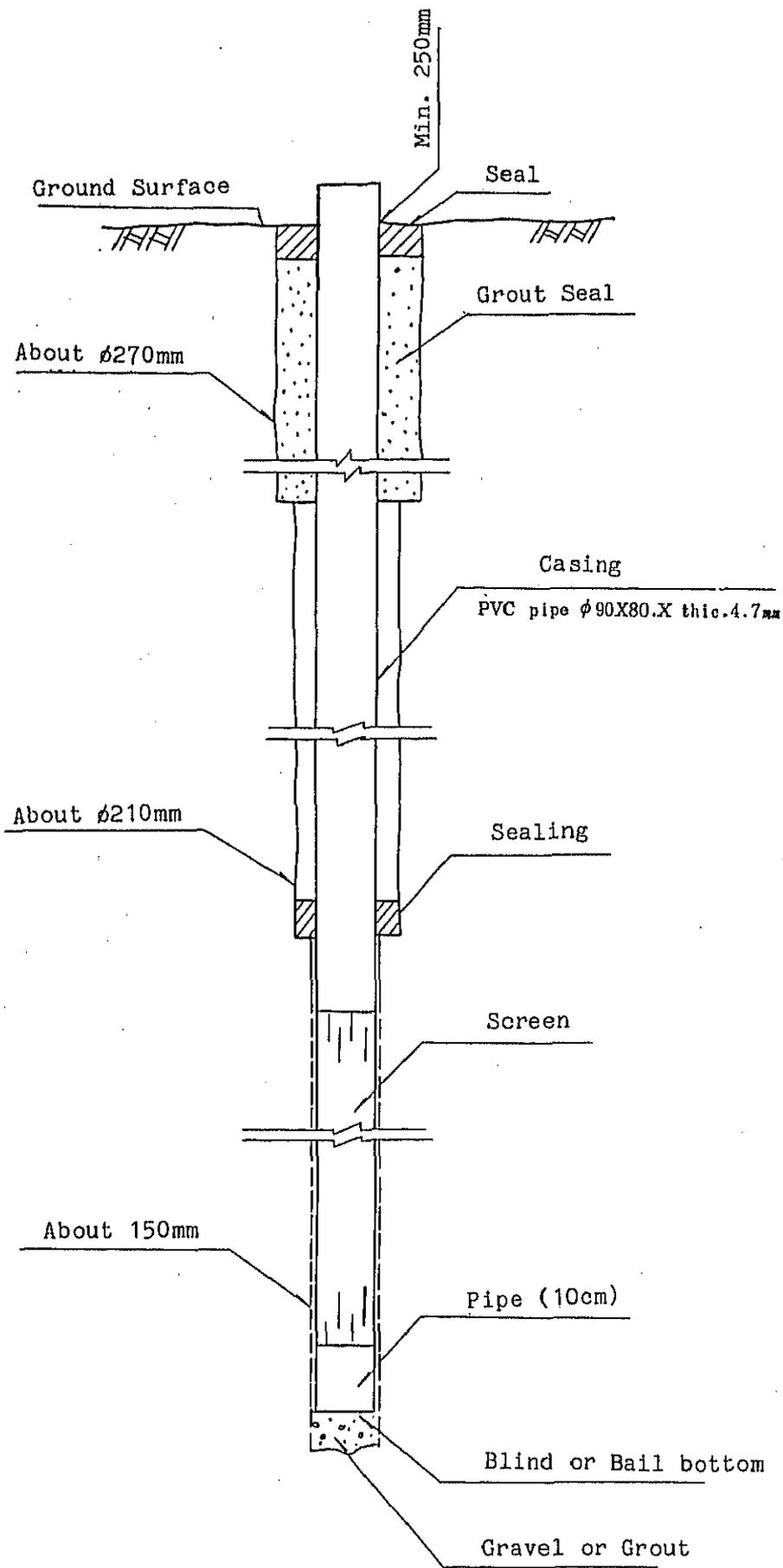
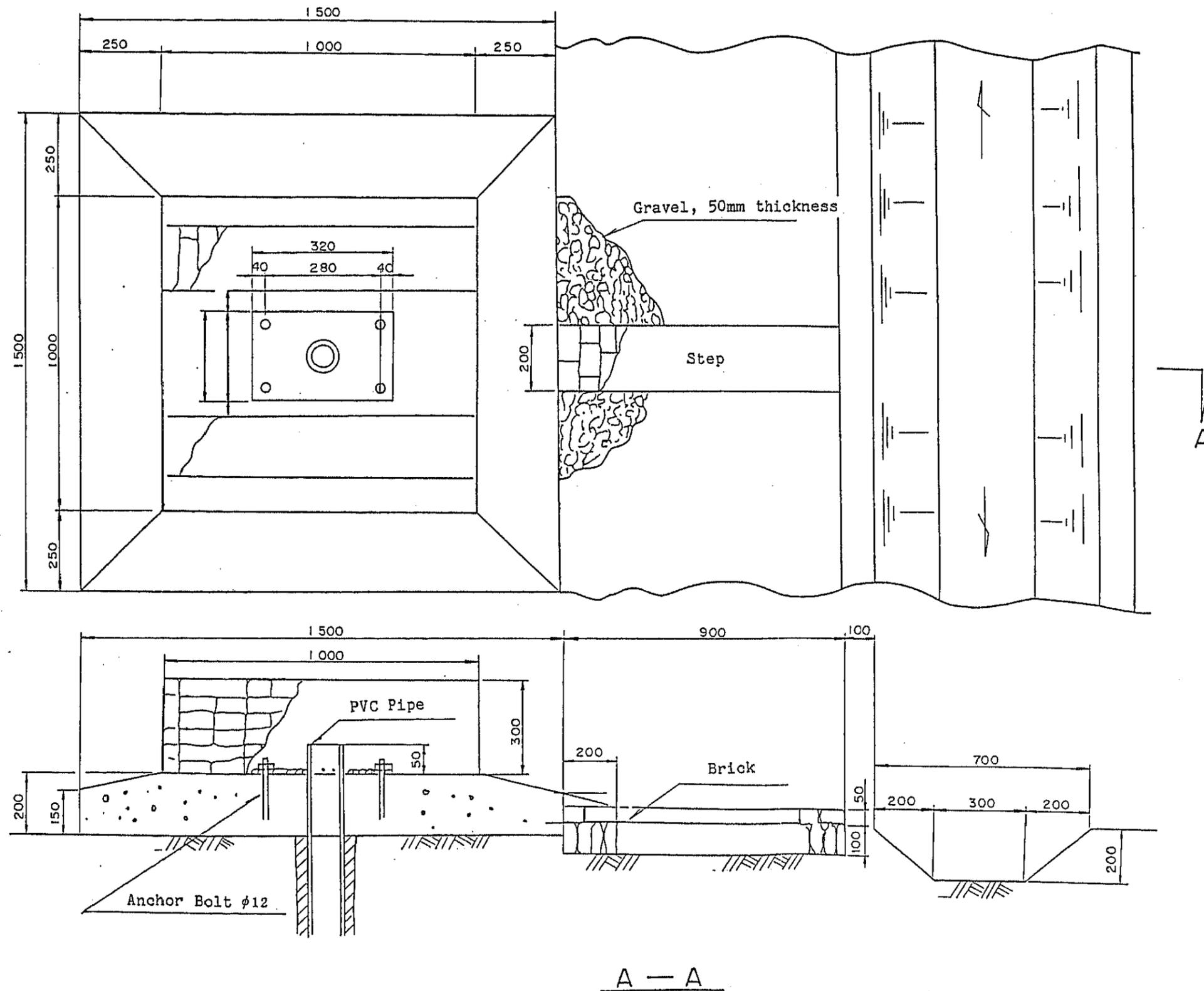


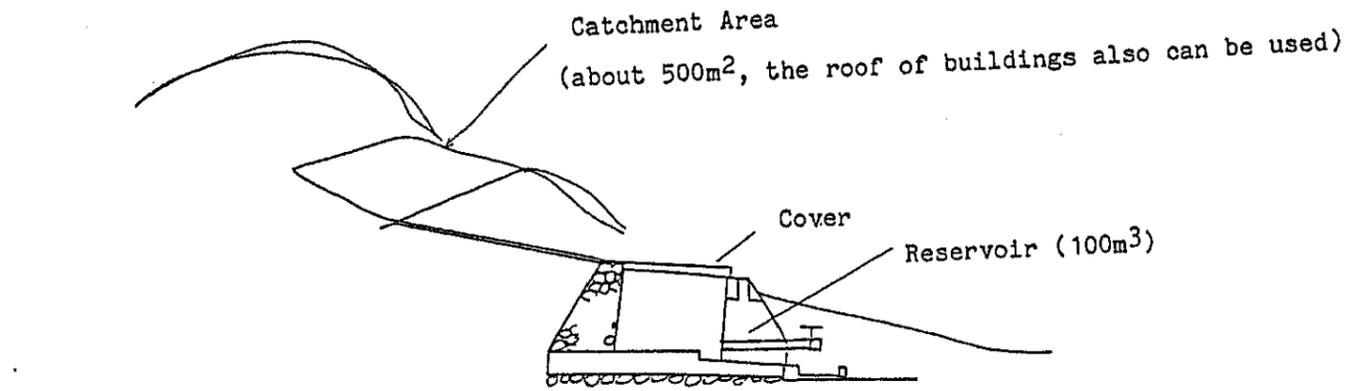
Fig. IV-8 Dessin Typique de Puits



- 1) Il est prévu d'installer une barrière dans un rayon de 30m pour empêcher le bétail de s'approcher. Ce rayon pourra être modifié en fonction du site.
- 2) Pour ce qui concerne les fondations se reporter au "Manuel d'utilisation de la pompe".

Fig. IV-10 Dessin Typique de la Plate-forme de Pompage

Rainfall Storage Unit



Note:

1. Zone de recueillement Décidée selon les conditions topographiques
2. La zone de recueillement doit être située à l'écart des contaminations possibles des eaux de drainage

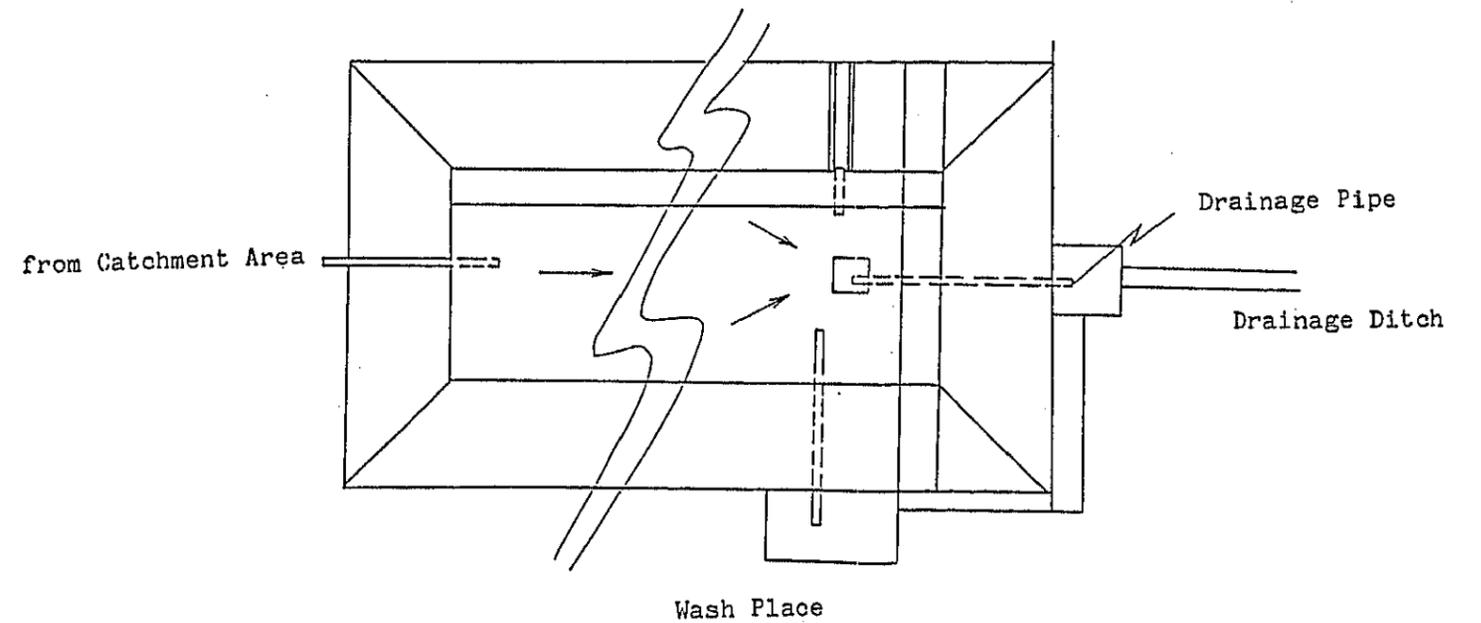
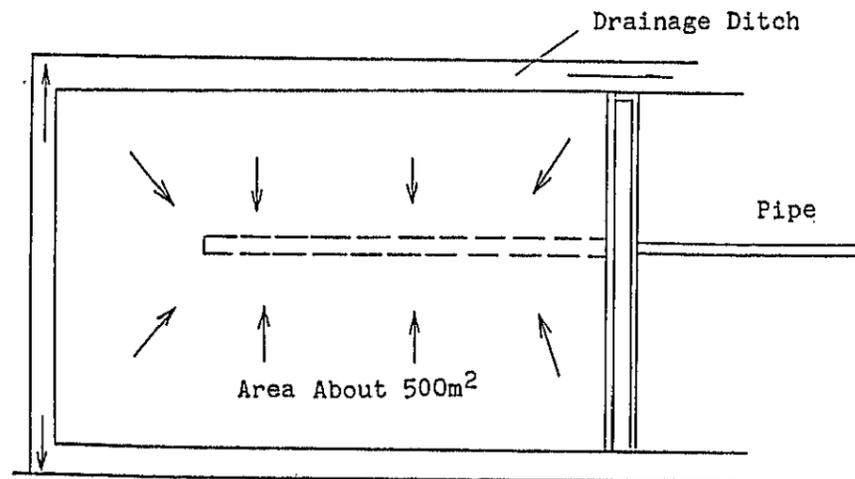
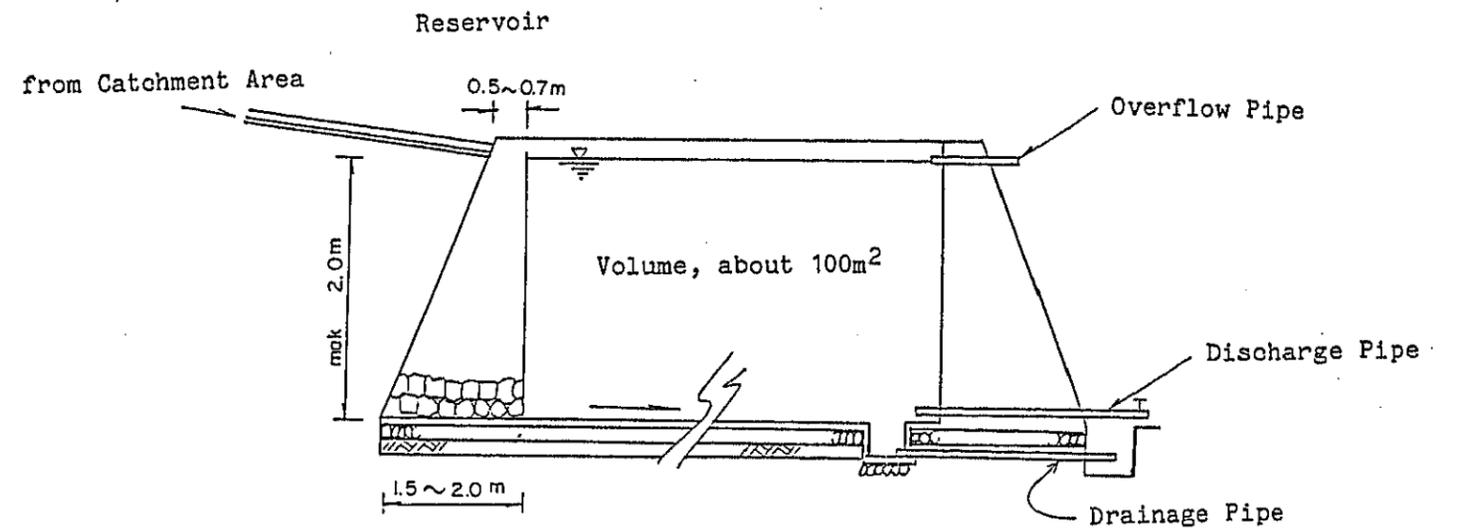
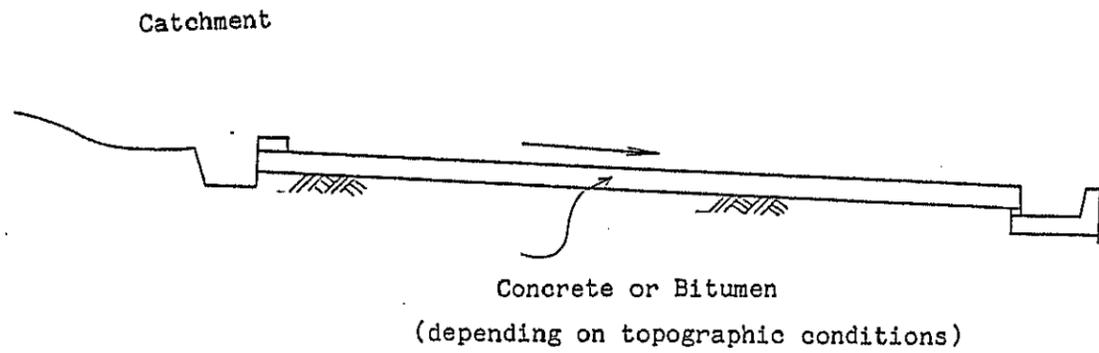


Fig. IV-11 Dessin Typique de Unité du Réservoir de la Préipitation

CHAPITRE V

EXECUTION DU PROJET

V. EXECUTION DU PROJET

5.1 Maître d'Oeuvre

Le Ministère des Travaux Publics et de l'Energie (MINITRAPE) est le Maître d'Oeuvre du projet et la Direction Générale des Eaux, service rattaché à ce même ministère, est chargée de sa direction et de la coordination.

5.2 Programme de Réalisation du Projet

Il est souhaitable de mettre rapidement le projet en oeuvre, étant donné les difficultés que connaît la population de la région qu'il recouvre pour s'alimenter en eau potable, la grande majorité en étant entièrement tributaire des eaux de surface et des sources, fortement contaminées. A l'heure actuelle, cependant, une mise en place rapide du projet est entravée par le manque de ressources financières et techniques du Rwanda.

Comme nous l'avons vu au chapitre 2.6.4, tous les projets d'alimentation en eau étudiés ou réalisés jusqu'ici ont été en grande partie (85%) financés par les aides gouvernementales étrangères. En ce qui concerne l'aspect technique, la plus grande partie du matériel nécessaire à la construction des puits fait entièrement défaut, et il n'est pas possible de disposer sur place de machines de forage; le matériel ne peut être fourni ni par les services gouvernementaux, ni par les sociétés privées. Les entrepreneurs locaux n'ont par ailleurs aucune expérience des travaux de forage et un nombre restreint d'ingénieurs du Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Artisanat est familiarisé avec les techniques de forage. La mise en oeuvre du projet dépend donc grandement des disponibilités concédées par l'aide financière et technique de l'étranger.

S'il est souhaitable de prévoir de courts délais d'exécution du projet, il faut néanmoins tenir compte des conditions réelles rencontrées au Rwanda et des moyens dont dispose le pays, pour arriver à un calendrier réaliste et efficace. La mission d'étude propose donc d'étaler le projet sur une durée de 6 ans, divisée en deux phases, la première phase couvrant les deux premières années et la deuxième phase les quatre dernières années.

Au cours de la première phase les démarches pour obtenir les aides financières étrangères et la coopération technique seront entreprises. Ces deux années devront permettre au Gouvernement du Rwanda de se procurer des machines et équipements par le biais d'aides financières étrangères, et, en même temps de donner une formation technique aussi complète que possible au personnel Rwandais qui sera chargé de réalisation du projet.

Au cours de la deuxième phase, MINITRAPE se chargera de la réalisation du projet, soutenu en partie par l'aide financière et technique des pays étrangers. Le délai de deux ans imparti à la première phase est nécessaire pour que MINITRAPE puisse se procurer l'ensemble du matériel et des connaissances qui lui permettront de faire progresser correctement les travaux de la deuxième phase. Le programme de réalisation du projet a été dressé tableau V sur la base des considérations ci-dessus.

Il est prévu de construire 72 puits au cours de la première phase et 114 au cours de la deuxième phase. Des cuves de stockage des eaux de pluies sont également prévues au nombre de 12, soit 3 en première phase et 9 en deuxième phase. Deux unités de forage, équipements et machines seront fournis en première phase, auxquelles sera ajoutée une unité supplémentaire en deuxième phase, par le biais d'une aide financière étrangère. Les pièces de rechange des machines, les pompes manuelles et tous les matériaux fongibles nécessités par le projet au cours de la première et de la deuxième phase seront fournis de même.

Les travaux de construction des puits et des unités de stockage de l'eau de pluie seront entrepris en priorité dans les districts qui manquent le plus d'eau, tant en qualité qu'en quantité, dont les points d'eau sont éloignés et dont la population souffre de maladies causées par la contamination. Le programme de réalisation du projet est détaillé tableau V.

5.3 Plan d'Exécution

L'exécution de la première phase du projet sera placée sous la responsabilité d'un consultant et d'un entrepreneur étrangers engagés par le gouvernement du Rwanda.

L'Entrepreneur sera chargé de l'approvisionnement, du transport et de la construction sur le terrain, et le Consultant sera chargé des sondages électriques des sites et de l'établissement de l'ensemble des plans détaillés. Le Consultant aura la compétence de superviser les de l'Entrepreneur pour le compte du gouvernement du Rwanda.

Les contre-parties rwandaises participeront autant que possible peut aux travaux de construction, veillant à assurer une formation sur le tas bien adaptée. Dans sa deuxième phase, le projet sera entièrement placé sous la responsabilité MINITRAPE avec l'aide financière et technique de l'étranger.

5.4 Travaux de Construction

Les travaux de construction comprennent les travaux de préparation, le forage des puits, les diagraphies et les essais de pompage, l'installation des pompes, la construction des plate-formes, les travaux d'écoulement et l'installation de barrières.

5.4.1 Travaux de Préparation

(1) Amélioration des voies d'accès

Les foreuses sont en général difficiles à transporter sur les chemins de terre peu praticables surtout pendant et après la saison des pluies. Or, presque toutes les voies d'accès au site sont constituées de chemins non bitumés, comportant de nombreux lacets et côtes. De plus, très souvent, la largeur des routes ne permet pas le passage des foreuses et des véhicules.

Il faudra donc élargir et arranger les routes avant de faire transporter le matériel sur place afin que les remorques et les véhicules puissent passer, faute de quoi les retards de livraison qui s'ensuivront affecteront le calendrier des travaux.

(2) Élargissement et Nivellement des Sites

Pour installer les foreuses sur le site, il faut prévoir 1000 m² de terrain plat. Les bénéficiaires du Projet devront donc effectuer les travaux d'élargissement et de nivellement des terrains.

5.4.2 Forage des Puits

Pour le forage des puits l'équipement est principalement constitué de tours de forage rotatives montées sur remorque ou tracteur, de matériel de soutènement et de véhicules.

Le forage sera effectué à l'aide de foreuses rotatives à circulation directe, qui offrent l'avantage d'avoir accès à la plupart des formations et de percer relativement vite, d'offrir une profondeur de forage maximale et de présenter un tubage et une installation de filtres simples. Le trou est foré sous l'effet des rotations d'un cône en queue de poisson denté ou d'un trépan similaire installé au bas du train de tige de forage. Le train de tige est en général équipé d'un trépan permettant de racler, broyer, briser ou casser la formation travaillée, et d'un masse-tige avec lourd appui sur paroi qui, en ajoutant du poids au trépan, aide à maintenir le forage bien droit.

Les déblais de forage sont ramenés à la surface par le balayage d'un fluide circulant envoyé par un orifice situé entre la paroi du trou et la tige de forage. Le fluide circulant sert également à lubrifier le trépan et à le refroidir. Comme fluide circulant on choisira soit l'eau boueuse soit l'air comprimé, en fonction des conditions du terrain rencontré. Lorsque le balayage est fait avec de l'eau boueuse, il est important de la dégager lorsqu'elle s'accumule dans le trou, et de nettoyer le mur de boue qui se forme à l'intérieur du trou. Cette opération peut être effectuée soit avec un jet d'eau envoyé au moyen d'une crépine d'aspiration, soit en injectant de l'air comprimé dans le trou.

5.4.3 Essais de Pompe et Diagraphie

(1) Méthode d'Essai de Puits

Il faudra mesurer le niveau d'eau du puits, juste avant le démarrage de l'essai de puits, afin de déterminer le niveau d'eau statique qui servira de base au calcul des abaissements de niveau. Il faudra soigneusement noter les chiffres relevés et le moment où a été effectuée la mesure. Le débit de la pompe devra être maintenu à une valeur aussi constante que possible après que le surdébit initial ait été stabilisé.

Pendant l'essai de puits et pour déterminer les caractéristiques de la nappe aquifère, il faudra mesurer le niveau d'eau du puits afin de disposer d'au moins 10 observations d'abaissement de niveau à chaque cycle d'enregistrement. Il n'est pas nécessaire de vouloir à tout prix suivre les durées de cycle préétablies, si ces durées nuisent à la précision des mesures d'abaissement des niveaux.

Les durées de cycle de mesure proposées sont les suivantes :

0 à 10 minutes : 0,5 - 1 - 1,5 - 2,5 - 3,0 - 4 - 5 - 6 - 7 -
8 - 9 et 10 mn

10 à 20 mn : 10 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20 mn

20 à 100 mn : 10 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90
et 100 mn

100 mn jusqu'à la fin :

intervalles d'une demi-heure à une heure.

Le débit de refoulement de la pompe sera mesuré à l'aide d'un débit mètre avec totalisateur et la mesure effectuée lorsque le tuyau d'évacuation de refoulement est plein d'eau. L'essai se poursuivra jus qu'à ce que soient obtenues des données suffisantes pour déterminer les courbes d'abaissement de niveau par rapport au cycle d'enregistrement.

(2) Essai de Récupération

Une mesure du niveau d'eau dans le puits sera effectuée immédiatement après les essais de pompe, lorsque la pompe est arrêtée. La forme de récupération du niveau d'eau sera notée.

(3) Diagraphie du Trou

Les diagraphies du trou de forage sont obtenues à l'aide d'un instrument posé au fond du puits et relié à un dispositif d'enregistrement en surface. Deux types de diagraphie seront retenus (résistivité et polarisation spontanée, et température).

1) Diagraphie électrique (résistivité et polarisation spontanée)

Les diagraphies électriques seront effectuées selon la méthode normale : deux électrodes appliquées dessinent deux courbes, la courbe de polarisation spontanée (SP) et la courbe de résistivité, qui sont tracées sur un enregistreur à deux stylos. La courbe SP enregistre les variations de potentiel naturel du courant continu des matériaux de la subsurface par rapport au potentiel d'une électrode statique. Les variations sont données pour des profondeurs de diagraphie différentes. La courbe de résistivité enregistre les variations de la résistivité des matériaux de la subsurface.

L'instrument de diagraphie est constitué d'une sonde munie de deux électrodes avec double câble conducteur alimentant l'enregistreur à double stylo. Pour refermer le circuit, le câble est mis à la terre en surface, de même que les bobines, moulinets et autres accessoires. La tension varie en fonction de la nature des couches traversées. Si on compare par exemple le potentiel d'une nappe contenant de l'eau salée et le potentiel d'une nappe d'eau douce, on constate que la tension de la première est en général négative lorsqu'elle contient des argiles et des argiles schisteux, alors que la tension de la deuxième est indifféremment positive ou négative mais d'amplitude

inférieure. Cette différence apparaît nettement à la lecture de la courbe.

La résistivité d'un matériau est la mesure de sa résistance spécifique. Elle est fonction de sa nature, ainsi que de la quantité, des propriétés et de la répartition des fluides contenus. Ces facteurs étant variables d'un matériau à l'autre, les mesures de résistivités des électrode d'un trou de forage permettent de délimiter les différentes couches et de déterminer certaines de leurs caractéristiques.

La courbe obtenue à partir de la méthode courante permet de disposer sur le champ des renseignements visuels à partir desquels on reconnaîtra les lignes de délimitation presque exactes de la nappe aquifère et l'épaisseur des formations supérieures à 30 cm. Il n'est pas possible d'obtenir les valeurs de la résistivité de chaque formation, à partir de laquelle une interprétation qualitative de l'eau des différentes nappes aquifères pourrait dans certains cas être proposée.

2) Diagraphie par Enregistrement des Températures

L'enregistrement des températures se fait à l'aide d'une sonde à laquelle est ajusté un thermocouple à résistance (thermistance) gradué, afin d'établir la corrélation entre les variations de résistance et les variations de température. L'enregistrement des températures est quelquefois effectué en même temps que la diagraphie électrique. Les diagraphies constituent un outil d'analyse de grande utilité pour rechercher les migrations inter-aquifères de l'eau, déterminer la bonne injection de coulis, l'activité géothermique, les glissements de terrain, etc.

5.4.4 Installation du Filtre et Bouchon d'Étanchéité

(1) Installation du Filtre

Les fonctions et la durée de vie d'un puits sont énormément influencées par la qualité du filtre utilisé. Il est préférable d'installer le filtre dans la deuxième nappe plutôt que dans la première et de lui adjoindre un tuyau borgne sur la partie inférieure. Lorsque la première nappe touche directement la roche de fondation et qu'il n'est pas possible d'installer le filtre dans la seconde nappe, il faudra le fixer aussi loin que possible de la première nappe. La structure du filtre sera déterminée selon les données réelles recueillies sur la taille des sables grossiers qui forment la nappe aquifère, leur forme et leur répartition.

(2) Bouchon d'Étanchéité

Un bouchon d'étanchéité sera construit en surface afin d'empêcher les infiltrations d'eau de pluie et l'éboulement de la terre de surface le long de la partie externe du tubage de puits. Il pourra consister en un coulis d'argile-ciment. Pour une meilleure étanchéité, il sera bon de creuser une fosse en surface d'environ 1 m de profondeur et de diamètre suffisant; le fond de la fosse sera comblé avec de l'argile uniformément compactée. Au niveau du sol, le remblais sera élevé en forme de cône tout autour de l'extension du tubage de pompe, pour améliorer encore l'écoulement.

5.4.5 Délais de Construction des Puits

- (1) Il faudra prévoir 5 jours pour la préparation des équipements et l'achat des matériaux.
- (2) Il faut compter un délai de 17 jours pour construire un puits.

17 jours/trou (profondeur moyenne P = 40,0 m)

Travaux	Nombre de jours
- Mobilisation	2,0
- Préparation	2,0
- Forage (8m/j)	5,0
- Diagraphie	1,0
- Nettoyage du trou	0,5
- Installation du tubage de carter de pompe	0,5
- Essai de puits	1,0
- Fondation de béton	1,0
- Retrait	1,5
- Fixation de la pompe	0,5
- Démobilisation	2,0
TOTAL	17,0

5.4.6 Point de Décharge de la Pompe et Aire "Lavoir"

Le point de décharge de la pompe et l'aire "lavoir" consisteront en une plate-forme en béton construite selon le procédé suivant :

- (1) Grattage du sol sur une superficie de 2 m autour de la pompe.

- (2) Tracé du coffrage de la dalle (1,5m x 1,5m x 0,15m d'épaisseur).
- (3) Une dalle de béton sera ensuite coulée dans le coffrage. On lui donnera si possible la forme d'un petit dome qui facilitera l'écoulement des eaux. Pour une dalle de 15 cm d'épaisseur, il faut prévoir 0,4 m³ de béton, soit 3 sacs de 40 kg de ciment.
- (4) Les tiges d'ancrage seront ensuite scellées dans le bâti et vissées jusqu'au bout du filetage.
- (5) Le bâti sera ensuite scellé dans la plate-forme en béton, en veillant à ce que le trou soit bien centré par rapport à la pompe.
- (6) On laissera sécher le béton pendant 48 heures, puis on installera la pompe.

5.5 Portée des Travaux

5.5.1 Phase 1

Les travaux de la phase 1 seront entrepris d'abord par le Consultant et l'Entrepreneur étrangers. Les opérations et services ci-après devraient être pris en charge par le Gouvernement du Rwanda. Cependant la décision finale sera prise ultérieurement après discussion des deux parties concernées.

- (1) Mobilisation de la main d'oeuvre UMUGANDA pour la construction de nouvelles voies d'accès, la réparation et l'entretien des routes existantes au cours de la période de construction.
- (2) MINITRAPE fournira gracieusement le matériel lourd, l'équipement et les opérateurs nécessaires pour la construction de larges voies d'accès.
- (3) Les salaires et indemnités des contre-parties Rwandaises seront supportés par le Gouvernement du Rwanda.
- (4) Les expropriations et les compensations de récolte éventuelles seront supportées par la partie Rwandaise.

5.5.2 Phase 2

Les travaux de la phase 2 seront de la seule responsabilité du Gouvernement Rwandais; toutefois il souhaite que les matériels et les équipements suivants seront fournis par le biais de l'aide étrangère:

- | | | |
|-----|---|-------------------------------|
| (1) | Foreuse et équipement porteur | 1 jeu |
| (2) | Matériaux fongibles pour travaux de forage | Qté suffisante pour 381 puits |
| (3) | Pompes manuelles | Qté suffisante pour 381 puits |
| (4) | Pièces de rechange des foreuses fournies en phase 1 et en phase 2 | |

5.6 Recommandations pour l'Entretien Futur des Installations

Il est vivement recommandé de demander aux utilisateurs de procéder eux-mêmes à l'entretien quotidien des installations. Pour ce faire, chaque cellule devra mettre au point un système d'entretien efficient. Actuellement, les sources protégées sont entretenues par des "sourciers" de la commune. Il est également prévu d'établir un nouveau service au bureau de la préfecture qui sera chargé de la gestion et de la coordination de chaque "sourcier". De telles mesures paraissent cependant insuffisantes pour faire face aux travaux d'entretien des nouveaux puits et des nouvelles installations du projet. Il faudrait également affecter des surveillants supplémentaires au niveau de la cellule et les intégrer dans le système déjà mis en place.

Dans un premier temps, il est souhaitable que MINITRAPE se charge de la gestion des pièces détachées et des matériaux fongibles réservés aux réparations mais qu'ensuite la responsabilité en soit confiée aux administrateurs de chaque bureau de préfecture. Les réparations pourraient être assurées par les surveillants et autres

personnes concernées de la cellule, dirigés par un ingénieur de MINITAPE. Il est recommandé que MINITRAPE organise des cours et des cycles de formation pratique aux surveillants afin d'élever leur niveau. Ces séances d'apprentissage devront être ouvertes à intervalles réguliers. Des réunions d'échange d'informations seraient également bénéfiques pour toutes les parties concernées. Un programme intensif sur les méthodes d'utilisation des puits sera également à prévoir. Un schéma de l'organisation proposée est indiqué à la Fig. 5.2.

5.7 Coûts et Financement

(1) Estimation des Coûts

Comme nous l'avons mentionné plus haut, le projet sera exécuté en deux phases. A ce stade de l'étude, l'investissement total nécessité par le projet est estimé à la somme de 5.902.000 \$ US , dont 3.271.000 \$ US seront réglés en devises et 2.631.000 \$ en monnaie rwandaise. Le coût des matériaux et des équipements importés estimé en devises a été calculé sur la base des prix CIF valables à mi-octobre 1985. L'augmentation des prix anticipée pour la période d'exécution du projet 1986-1991 est estimée à 10% du montant du prix de base. Son montant est également inclus dans le coût estimatif.

(2) Plan de Financement

Compte tenu du montant important de l'investissement prévu pour le projet et de la situation financière actuelle du Gouvernement du Rwanda, il est indispensable de mettre au point un programme de financement faisant appel à l'aide extérieure, et de s'adresser à plusieurs agences donatrices multilatérales ou bilatérales. L'aide financière qui sera demandée aux gouvernements étrangers couvrira le montant total du coût en devises et une partie du coût en monnaie locale.

La répartition du coût de l'investissement total prévu pour le projet est présenté Tableau V-2.

TABLEAU V-1 PROGRAMME DE REALISATION PROPOSE

Première étape (Aide Etrangère)		Deuxième étape (Par Le Rwanda)					TOTAL
Année	1986	1987	1988	1989	1990		
ZONE	I(1), II(13), III(12)	III(6), IV(40)	V(8), VI(18), VII(12)	VII(6), VIII(5), IX(11), X(16), XI(24), XII(14)			
Nombre de puits	26	47	38	38	38	186	
Nombre de foreuses	2	2	2	2	2	2	
Installations pour Alimentation							
Pompes manuelles	25	46	38	38	38	185	
Pompes électriques	1	0				1	
Cuves stockage eau de pluie (Pour installations santé publique)	1	0			3	12	
Aide Etrangère							
Consultant	Plan détaillé Relevés géologiques/topographiques Supervision		Experts étrangers				
Entrepreneur	Fournitures et construction		Formation dans le pays hôte				
Equipement et Matériel							
Equipement de forage	1	-	-	-	-	1	
Matériaux de forage	(pour 72 puits)	-	38	38	38	182	
Pompes manuelles	(pour 72 puits)	-	38	38	38	181	
Pompes électriques	(pour Nyankola)	-	-	-	-	1	
Cuves de stockage	(pour 1 station de stockage)	-	3	3	3	12	

TABLEAU V-2 TABLEAU RECAPITULATIF DES COUTS

Unité : \$ US

	1987	1988	1989	1990	1991	total
Nombre de puits	26	46	38	38	38	186
Nombre de pompes électriques	1	0	0	0	0	1
Nombre de cuves de stockage d'eau	1	0	4	4	3	12
1. Travaux de génie civil et de forage	977.000	1.019.000	341.000	375.000	413.000	3.125.000
2. Equipements et machines	571.000	0	242.000	254.000	267.000	1.334.000
3. Services d'ingénierie	123.000	81.000	71.000	78.000	86.000	439.000
4.	275.000	225.000	77.000	77.000	85.000	739.000
5. Administration et indemnités d'expropriation	20.000	53.000	58.000	64.000	90.000	265.000
T O T A L	1.966.000	1.378.000	789.000	848.000	921.000	5.902.000
1. FINANCEMENT ETRANGER	1.946.000	1.325.000	-	-	-	3.271.000
2. FINANCEMENT RWANDA (PORTION FINALE)	20.000	53.000	789.000	848.000	921.000	2.631.000

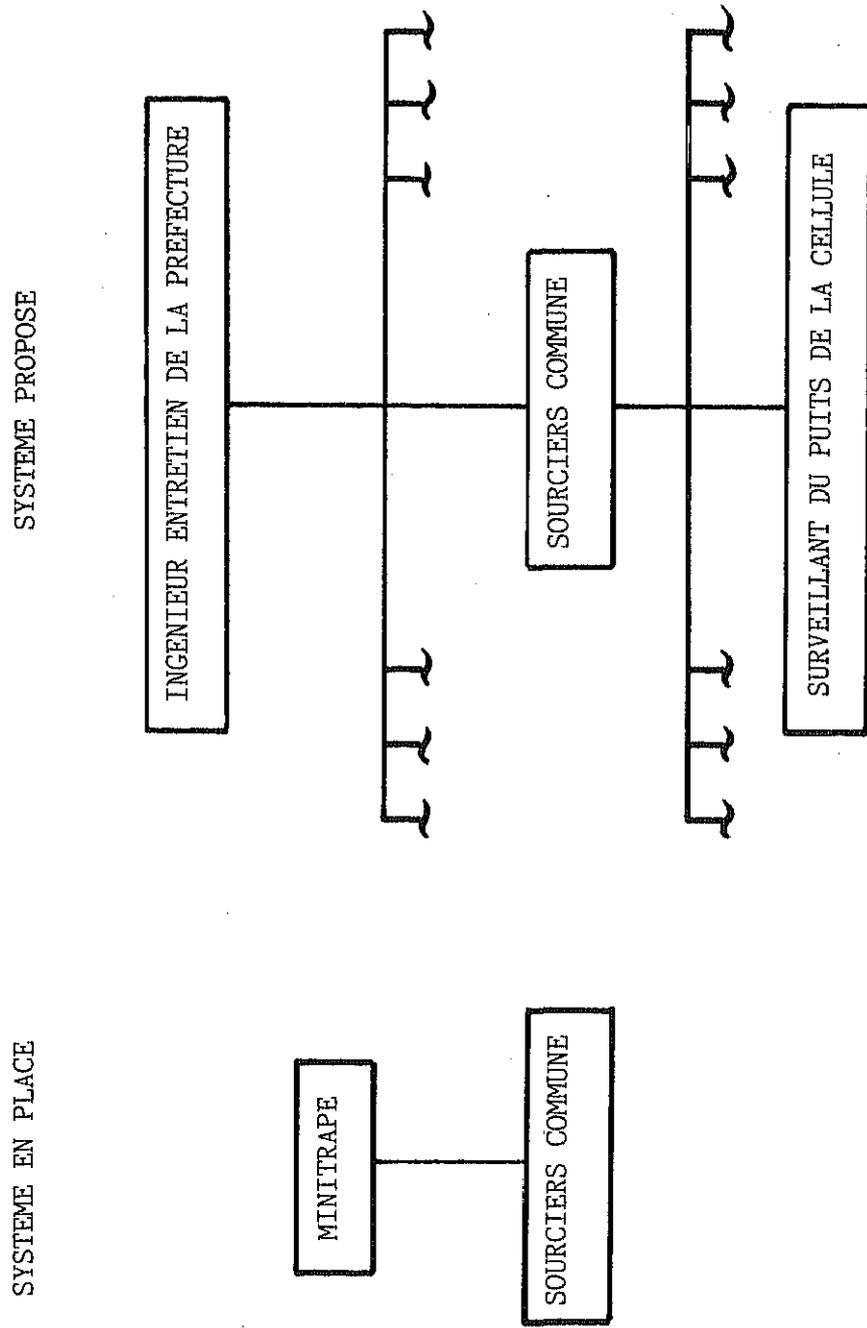
Note : Estimation faite en octobre 1985

1\$ US = 240 ¥, 1 FRW = 2,4 ¥

Fig.V-1 Emploi du Temps des Travaux du projet

Opération	Quantité	Année						
		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Contrat d'Echange de Note		▽						
Contrat du Consultant étranger		▽						
Calendrier des travaux		■						
Contrat de Construction extérieure			■					
Approvisionnement			■	■				
Transport/Douane			■	■				
Construction sur site			■					
Programme réalisation				■		■	■	
Contrat de Construction				■		■	■	
Approvisionnement				■	■	■	■	
Transport/Douane					■	■	■	
Construction sur site'					■			

Fig. 5-2 RESEAU D'ENTRETIEN PROPOSE



CHAPITRE VI

IMPACT DU PROJET ET RECOMMANDATIONS

VI. IMPACT DU PROJET ET RECOMMANDATIONS

6.1 Impact du Projet

(1) Comparé à d'autres pays d'Afrique, le Rwanda est riche en ressources d'eau souterraine. De plus les nappes souterraines constituent une forme d'approvisionnement en eau potable à usage domestique qui convient parfaitement à la géographie du pays et à la forme d'installations de la population rurale. Mais, jusqu'à ce jour, les ressources aquifères n'ont pas été exploitées et l'exploration des nappes n'a pas été entreprise. L'exécution du projet proposé marque donc un tournant important pour le développement des nappes souterraines au Rwanda. Au cours de la mise en oeuvre du projet, le personnel clé du Rwanda acquerra une expérience technique précieuse qui pourra servir pour les futurs projets qui seront dirigés par le Gouvernement du Rwanda.

(2) Les sources protégées qui ont été exploitées jusqu'à présent fournissent une eau relativement potable à la population rurale, mais elles ne couvrent pas plus de 45% de la demande totale. L'autre moitié des besoins de la population dépend des eaux de surface fortement polluées auxquelles doit s'alimenter ceux qui ne peuvent pas avoir accès aux sources protégées.

Lorsque le Projet sera terminé la région qu'il couvre sera alimentée en eau potable de qualité et le niveau de consommation par personne élevé à 15 litres par jour. Le Projet envisage de fournir un minimum d'eau potable aux habitants des régions qui ne renferment pas de nappe souterraine, soit 2 litres par personne et par jour, par le biais d'unités de récupération des eaux de pluie (12 unités pour 12 hôpitaux et dispensaires).

(3) Grâce au projet, la population rurale disposera de points d'eau potable d'accès facile. L'impact bénéfique qu'aura le projet sur l'hygiène et la santé de la population concernée est évident si l'on considère que 8,7% des maladies au Rwanda sont attribuables à l'utilisation d'eau de mauvaise qualité. Le nombre de maladies provoquées par une fourniture insuffisante d'eau et par le manque d'hygiène qui sévissent fortement dans la région couverte par le projet sera remarquablement réduit et les dépenses médicales des ménages seront diminuées.

(4) En général, les source protégées ne sont pas commodés d'accès et il n'est pas rare que les utilisateurs passent plusieurs heures par jour pour aller chercher de l'eau. Le Projet facilitera la fourniture d'eau potable en des points accessibles et le temps passé chaque jour à la corvée d'eau sera réduit de 2 à 4 heures. Le temps qui sera ainsi libéré pourra être utilisé à des fins plus productives.

6.2 Entraves au Projet

(1) La principale entrave à l'exécution du projet est constituée par le manque actuel de connaissances techniques au Rwanda, en particulier dans les domaines les plus importants du développement des nappes souterraines, tels que le sondage électrique et le forage. Pour résoudre ce problème, le Projet offre aux ingénieurs et techniciens rwandais l'occasion de recevoir une formation spécialisée auprès d'experts étrangers, pendant toute la durée des Travaux. Sans un transfert technologique réussi l'objectif final du Projet ne serait pas atteint et l'entretien des puits, installations et foreuses ne sera pas assuré convenablement après la fin du Projet.

6.3 Recommandations

(1) Comme nous l'avons expliqué plus haut, l'exploitation des nappes souterraines n'a pas encore été entreprise au Rwanda et donc le

personnel expérimenté fait défaut. Par conséquent il est important de veiller à assurer correctement le transfert technologique pendant le stade initial du développement par la coopération des contre-parties étrangères, afin de pouvoir poursuivre dans le futur un objectif à long terme. Le transfert des technologies concerne

- 1) La formation sur le tas donnée pendant l'exécution du projet,
- 2) La formation d'ingénieurs Rwandais dans le pays de la contre-partie étrangère,
- 3) La nomination d'un instructeur technique étranger au Rwanda pendant quelques années pour aider le personnel Rwandais.

(2) Le plan préparé et soumis par la mission d'étude concerne l'installation d'un grand nombre de petits points d'eau sans système de distribution, sauf pour ce qui concerne le système spécial de Kayonza. Il présente la solution la plus pratique et la plus réaliste au problème d'alimentation en eau de la région qu'il recouvre compte tenu surtout de la situation actuelle et des limites techniques et financières du Rwanda.

Il est évident, cependant, que l'adoption de petits points d'eau comme système d'alimentation de la région du projet ne se justifie pas à long terme. Les points d'eau ont leur propres limitations du fait de leur marge de couverture restreinte. Dans le futur, lorsque la région du Projet sera socialement et économiquement plus développé et que la population sera davantage concentrée vers les communes, les petits points d'eau avec pompes manuelles ne suffiront plus à assurer les besoins croissants. A long terme donc, un système d'alimentation et de distribution plus efficace et plus moderne devra être proposé.

Un des plans possibles consiste à installer une canalisation d'eau le long de la route principale qui traversera la préfecture du nord au sud.

Un plan de distribution d'eau à partir de la canalisation principale vers chaque petit district doit être étudié, et on pourrait prévoir d'utiliser le système d'écoulement par gravité. L'eau de la rivière Akagera et du lac Sake pourraient constituer une importante source d'alimentation compte-tenu de leur capacité importante. Un traitement des eaux s'imposerait donc mais il pourrait être effectué par simple filtration au sable lent et désinfection.

Par ailleurs, pour les zones où la nappe aquifère, bien qu'existante, est trop profonde pour que l'eau soit pompée manuellement, il serait utile de prévoir un système de canalisation indépendant de petit diamètre muni d'une pompe à moteur, en particulier lorsque ces zones renferment une importante concentration de population.

Quel que soit le plan considéré, son coût demandera un investissement important et l'entretien entraînera des frais très élevés. Ces possibilités seront donc soigneusement examinées avant toute décision.

(3) Malgré un certain nombre de restrictions financières et techniques ne permettant pas au Rwanda d'améliorer l'alimentation en eau potable de la zone rurale, un certain nombre de mesures pratiques peuvent être prises pour soulager quelque peu la situation, qui ne nécessitent pas d'investissements trop importants et des efforts considérables :

- 1) Souvent les habitants des campagnes charroient l'eau dans des gourdes traditionnelles ou dans des jerricanes à kérosènes sales. L'eau est donc contaminée pendant le transport et pendant le stockage annulant tout le bénéfice des sources d'eau potables.

Une campagne d'information et d'hygiène devra être menée auprès de la population rurale, afin que l'eau des sources reste propre et, si possible, de nouveaux récipients propres seront distribués gratuitement.

- 2) Un très grand nombre de personnes prend l'eau du lac le plus proche, dont les berges sont également utilisées par le bétail. L'eau est puisée très près du bord, à l'endroit où par conséquent elle est le plus contaminée. Si une simple jetée en bois, à laquelle n'auraient pas accès les animaux, était avancée sur le lac sur une longueur de quelques mètres, on pourrait avoir accès à une eau plus propre.

- 3) La population rurale est souvent peu informée ou mal informée sur les risques de contamination par l'eau et sur les bénéfices évidents apportés par un système d'alimentation amélioré. En même temps, elle apprécie la commodité d'accès. Par conséquent une campagne d'information appropriée doit être menée pour que chacun ait conscience de l'impact sur la santé que représente l'utilisation d'eau potable. Ce n'est que lorsque l'intérêt qui découle de l'utilisation de l'eau potable sera largement reconnu par la population rurale que les nouveaux points d'eau installés dans le cadre du projet seront utilisés à leur maximum et qu'ils revêtont toute leur signification pratique.

ATTACHMENTS

LIST OF STUDY MEMBERS

DOCUMENT COLLECTED IN RWANDA

LISTE DES MEMBRES DE LA MISSION D'ETUDE

<u>FONCTION</u>	<u>NOM</u>	<u>SOCIETE</u>
Chef de Mission du Plan d'Alimentation en Eau	Mr. Hiraotsu NARITA	Chuo Kaihatsu Corporation (CKC)
Socio-Economiste	Mr. Seishiro OGITA	"
Hydrogéologue	Mr. Shigemi KIMURA	"
Calendrier d'exécution / Estimation des coûts	Mr. Toshinori TODA	"
Organisation / Système	Mr. Wataru SHIGA	"
Géophysicien		
Exploration (A)	Mr. Takashi AOYAMA	"
Exploration (B)	Mr. Sadao SAKUNAGA	"
Forage des puits (A)	Mr. Kazutoshi NAKAMURA	"
Forage des puits (B)	Mr. Masao OHTSUKI	"
Interprètes	Mr. Fumio MATSUZAWA	"
	Mr. Kenichi TAKAHASHI	"

DOCUMENTS REMIS SUR PLACE

Titre	Publication	Date	Remarques
-Journal Officiel de la République Rwandaise "IIIème Plan de Développement économique, social et culturel 1982-1986"	Le Ministre du Plan	(1982.9.28) (1982.11.1)	Original
-Banque Nationale du Rwanda Bulletin No. 9	Banque Nationale du Rwanda	1983.6	Original
-Banque Nationale du Rwanda Bulletin no. 10	Banque Nationale du Rwanda	1984.4	Original
-Banque Nationale du Rwanda Rapport d'Activités 1972-1980	Banque Nationale du Rwanda		Original Original
-Banque Nationale du Rwanda Rapport d'Activités 1981-1982	Banque Nationale du Rwanda		Original
-Avec les compliments du Représentant	Organisation Mondiale de la Santé (WHO)	1984.7	Copy
-Avec les compliments du Représentant	Organisation Mondiale de la Santé (WHO)	1984.7	Copy
-La Monographie de la Préfecture Kibungo	Ministère Intérieur	1983	Original
-Carte Administrative et Routière	Service de Cartographie		
-Atlas du Rwanda	Ministère de la Coopération de la République Française	1981	Copy
-Atlas rural du Rwanda	Ministère Travaux Publics et de l'Équipement	1980	Copy
-Inventaire des Ressources en Eau de la Région KIBUNGO-RUSUMO (RW/SHR/61)"	AIDR	1975.6.9	Copy
-Adduction en eau du centre B.G.M. de KIBUNGO, étude topographique et hydraulique"	AIDR	1980.10.28	Copy

Titre	Publication	Date	Remarques
-Ghands Lacs Organe d'information de la CE.P.G.L.	Secrétariat Exécutif Permanent (République Rwandaise)	1984 1984	Original Original
-Kibungo Schéma d'aménagement urbain -note de présentation	Ministère des Travaux Publics Direction Générale de l'Urbanisme et des Bâtiments Civils Direction de l'Urbanisme	1983	Copy
-Document Provisoire Schéma d'Aménagement Urbain de Kibungo Rapport d'Etude	Ministère des Travaux Publics Direction l'Urbanisme	1982.3	Copy
-Reconnaissance Géothermique de la République du Rwanda Rapport Hydrogéochimique	Bureau de Recherches Géologiques et Minières B.R.G.M	1983	Copy
-Bulletin du Service Géologique No. 1-1964	Ministère de l'Economie	1964	Original
-Bulletin du Service Géologique No. 2-1965	Ministère de l'Economie	1965	Original
-Rapport Annuel Exercice 1984	Ministère des Travaux Publics et de l'Energie	1984.12	Copy
-Carte des Gîtes Minéraux du Rwanda 1/250000	Ministère Ressources Naturelles (MIRENA)	1982	Original
-Carte administrative de la Préfecture de KIBUNGO 1/100000	Service de la Cartographie	1978	Copy
-Carte de la Commune BIRENGA	Service de Cartographie	1977	Copy
-Carte de la Commune KABARONDO	"	"	"
-Carte de la Commune KAYONZA	"	"	"
-Carte de la Commune KIGARAMA	"	"	"
-Carte de la Commune MUGESERA	"	"	"
-Carte de la Commune RUKARA	"	"	"

Titre	Publication	Date	Remarques
-Carte de la Commune RUKIRA	"	"	"
-Carte de la Commune SAKE	"	"	"
-Carte de la Commune RUTONDE	"	"	"
-Projet d'Aménagement des Petites Sources Plan de Situation (Préfecture de Kibungo)	AIDR Service d'Hydraulique et de Construction Rurale		
-Commune de BIRENGA			
- " KABARONDO			
- " KAYONZA			
- " KIGARAMA			
- " MUGESERA			
- " RUKARA			
- " RUKIRA			
- " RUSUMO			
- " RUTONDE			
-Carte de Géographie	Service National de Cartographie	1980	Original
-NEMBA			
-NYAMATA			
-NYARUBUYE			
-RUSUMO			
-RWERU			
-ZAZA 1/50000			
-Carte Administrative et Routière 1/250000	Service de Cartographie		Original
-Carte Géologique du Rwanda	Service Géologique de la République Rwandaise		Original
-Feuille BUGESERA			
-Feuille KIGALI			
-Feuille KIRUNGO			
-Feuille RWINKWAVU 1/100000			
-Carte administrative du Rwanda	Service de Cartographie MINERA	1983	Copy
-Carte administrative de la Préfecture de KIBUNGO 1/100000	Service de la Cartographie	1978	Copy

Titre	Publication	Date	Remarques
-Carte des Secteurs Administratifs	Service de la Cartographie	1983	Copy
-Canevas Altimétrique 1/250000	Direction Cartographie		Copy
-Canevas Triangule 1/250000	"	1971	Copy
-Atlas rural du Rwanda	Ministère des Travaux Publics et de l'Équipement	1980	Copy

UJICA