

- Bassin H:
[Q: sur les crêtes et pentes raides; S: terrains ondulés et bas-fonds]
Large zone de rechargement et d'alimentation dans la partie supérieure et/ou production de quelques volumes d'eau dans les zones en pente, les parties basses et dans les formations alluvionnaires excepté les parties du massif non altéré. On trouve quelques sources dans la zone de quartzite.

- Bassins I et K:
[Q: sur les crêtes et pentes raides; SQ+diorite: dans la zone à faible pente]
Rechargement ou transmission dans les parties supérieures et/ou production de quelques volumes sur les flancs, les parties basses et les alluvions, excepté la zone non altérée. On trouve quelques sources sur les pentes.

- Bassin J:
[GR: sur les plateaux; Q+S: région du nord]
Imperméable à l'exception de la zone fracturée des failles et dans quartzites/schistes du nord où l'on trouve de petites nappes aquifères. Présence vraisemblable d'eau à de grandes profondeurs dans la zone de granite.

La répartition des groupes hydrogéologiques est indiquée sur la "Carte Hydrogéologique" ci-jointe.

4.2.8 Paramètres hydrogéologiques

Les paramètres hydrogéologiques de la zone de l'étude ont été analysés sur la base des informations et des données existantes et sur la base des essais de pompage effectués au cours de l'étude. Les résultats de cette analyse et des essais de pompage ainsi que les informations de la phase I du projet ont été rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau 4.3 Paramètres Hydrogéologiques

	Transmissivité (T)(m ² /jour)	Perméabilité (K) cm/sec	Coefficient (S) d'emmagas. .
-Dépôts Alluvionnaires	10 - 35	5 x 10E-4 -1 x 10E-3	1 x 10E-1 -1,5
-Schiste Altéré/Quartzite	5 - 20	1 x 10E-3	5 x 10E-2
-Granite Fracturé et Altéré	1 - 3	1 x 10E-4	1 x 10E-1

4.3. SIMULATION DU BILAN D'EAU

4.3.1 Introduction

On estime que l'utilisation intensive des nappes et des eaux de surface pour l'amélioration des conditions de vie au Rwanda sera un facteur d'agressivité pour l'environnement hydrologique y compris pour les cycles d'exploitation qui seront retenus.

Aussi, lors de l'élaboration des plans d'exploitation de l'eau il faudra tenir compte de l'impact qu'aura l'exploitation des ressources hydrauliques sur le milieu à mesure que la demande en eau augmente.

L'évaluation du bilan d'eau des nappes sera également très utile pour l'étude des nappes et pour déterminer/évaluer le degré de la demande et dans quelle mesure l'extraction des nappes à des fins domestiques est possible.

4.3.2 Conditions hydrologiques pour la simulation du bilan d'eau

Système du cycle hydrologique

Pour élaborer un cycle hydrologique, nous avons séparé les éléments et les parties et simplifié le système. En général, le système du cycle hydrologique est subdivisé en quelques sous-systèmes, lesquels sont entreliés par les précipitations, l'évaporation, l'infiltration, l'écoulement de surface et souterrain qui constituent le processus hydrologique.

Examen des données existantes

On a étudié les conditions du cycle hydrologique de la zone de l'étude à l'exception de la géomorphologie et la géologie qui ont été décrites dans les sections 3.1 et 4.1. On a examiné les possibilités d'utilisation des données existantes pour élaborer un modèle de simulation du bilan d'eau selon l'interprétation suivante :

- Précipitations :

Pour l'analyse, on a utilisé les données sur les précipitations journalières des stations de Kigali et Kibungu entre 1981 et 1985.

- Évaporation :

La simulation du bilan d'eau a été faite sur la base des données recueillies à la station météorologique de Kigali (1985-1987) en prenant les valeurs potentielles de l'évaporation journalière pour chaque mois.

- Débit :

Du fait de leur facilité d'accès, nous avons utilisé les données des lacs Sake et Mugesera (partie comprise dans la zone de l'étude) et de la rivière Mwangi (qui coule dans la partie nord de la préfecture de Kigali) pour déterminer le modèle de simulation du bilan d'eau.

4.3.3. Formulation du modèle de simulation du bilan d'eau

Le modèle est généralement exprimé par une formule identique à celle des composantes du système. Pour formuler le modèle, on tient compte des éléments suivants:

- la décomposition du système
- la formulation du modèle et la programmation sur ordinateur
- l'identification du modèle
- la prévision des conditions hydrologiques

Sélection du modèle pour le bilan d'eau

Pour simuler les conditions hydrologiques de la zone, nous avons opté pour le modèle du réservoir d'eau souterraine qui est le plus approprié. Bien que ce soit un macro modèle, il nous a été toutefois possible d'évaluer le bilan d'eau journalier sur une zone de grande envergure uniquement avec les données de pluviométrie et les débits.

La sélection et l'examen du modèle tiennent compte des conditions suivantes de la région :

- A cause des ondulations du terrain et de la structure discontinue du sous-sol dues aux failles et aux plissements, l'écoulement de l'eau souterraine est discontinu et chaque bassin a une étendue limitée.
- Les observations détaillées dans le temps sur le niveau et le débit de l'eau souterraine nécessaires à l'identification et à la simulation du modèle de distribution ne sont pas disponibles dans la zone de l'étude.

Ainsi on considère qu'un paramètre du modèle de distribution tel que la méthode des éléments finis ne convient pas aux conditions hydrologiques. Généralement, le modèle du réservoir reproduit d'une façon précise la différence d'écoulement causée par le type de précipitations. Cette différence est utilisée pour l'analyse des débits des crues et des eaux basses.

La structure du modèle de réservoir d'eau souterraine pour les bassins hydrographiques de la zone de l'étude est donnée à la figure J.9 du Volume II.

La structure de base et les paramètres du modèle tels que le nombre de phases, le coefficient d'écoulement, la hauteur de la cavité et l'évaporation ont été déterminés par simulation en se référant aux caractéristiques hydrologiques, géomorphologiques et géologiques du bassin et en utilisant les relevés des précipitations de la station météorologique de Kigali et les débits de la rivière Mwanze (voir fig.J.10).

Les simulations des bassins des lacs Mugesera et Sake sont faites en utilisant les relevés des précipitations pour finaliser/confirmer la structure et les paramètres du modèle.

4.3.4 Résultats de la simulation du bilan d'eau

Les résultats montrent les caractéristiques suivantes du bilan d'eau (cycle hydrologique) de la zone de l'étude:

- le débit total annuel moyen des onze bassins hydrographiques (3,680 km²) - y compris l'écoulement direct et l'écoulement de base - est estimé à 1 040 millions de m³; soit 280,000 m³/km²/an maximum et 120,000 m³/km²/an minimum.

La valeur indique environ 30 % de la totalité des précipitations (entrées) de la zone. Une unité de débit maximale de 570 000 m³/km² par an ainsi qu'un minimum d'environ 120 000 m³/km² par an sont simulées.

- l'évaporation varie de 400 mm à 690 mm/an soit 550 mm/an en moyenne
- le rechargement de la nappe dans la zone de l'étude est estimé à 590 millions m³/an, soit 160,000 m³/km²/an, ce qui correspond à environ 11% ~ 18% des précipitations.
- l'écoulement de l'eau souterraine est simulé à 590 millions m³ par an, soit 160,000 m³/km²/an ou environ 18% des précipitations.
- l'écoulement direct des eaux pluviales est estimé à 450 millions de m³/an, soit 125,000 m³/km²/an ou 13% des précipitations.

Les résultats de la simulation de chaque bassin de la région sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 4.4 Résultats de la simulation du bilan d'eau

Unité: mm p.a.

Bassin	Superficie	Précipitation	Évaporation	Basse d'écoulement	Débit Total
A	349	1,019	689	221	306
B	346	1,019	689	183	272
C	502	978	674	223	300
D	267	688	402	130	145
E	243	978	674	223	300
F	420	978	331	137	576
G	167	978	596	148	369
H	658	905	456	187	219
I	226	688	402	112	126
J	161	688	402	105	118
K	152	688	402	104	133

La situation de base du cycle hydrologique dans la zone de l'étude est présentée à la figure 4.1

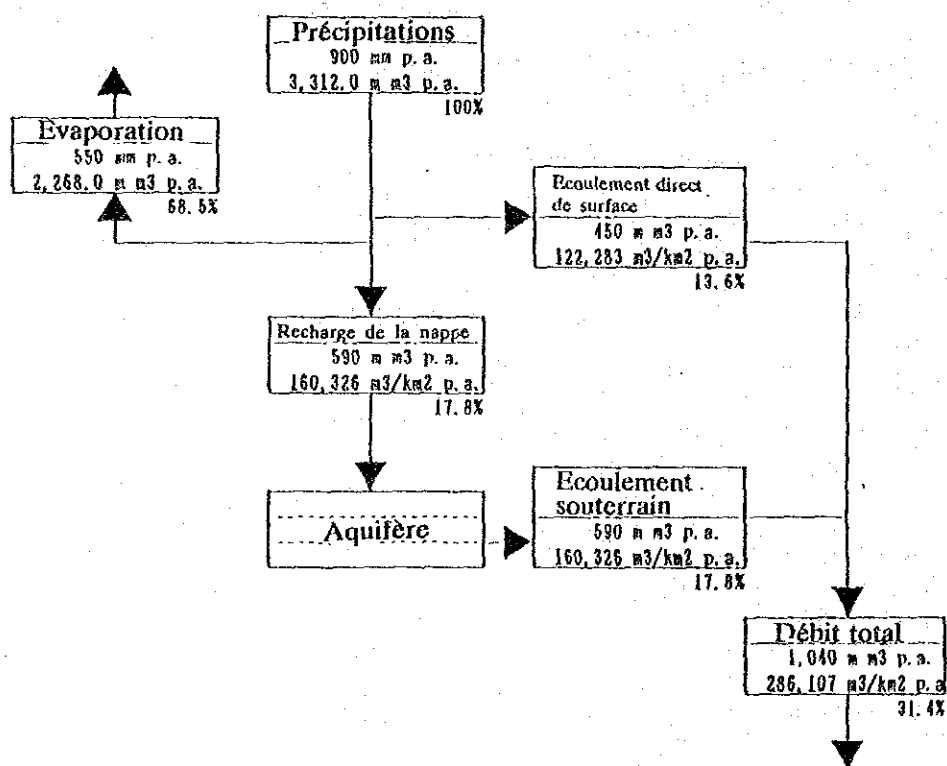


Fig.4.2 Estimation du cycle hydrologique de la zone

4.3.5. Évaluation de l'impact de l'exploitation des nappes

Selon la simulation des pompages à long terme utilisant le modèle de réservoir d'eau souterraine, on peut considérer qu'un pompage de moins de 75 m³/jour/km² est supportable pour l'exploitation de l'eau souterraine, compte tenu d'une certaine diminution du niveau de la nappe. Le gradient de la courbe de rabattement de la simulation montre qu'un pompage de plus de 75 m³/jour/km² peut entraîner des rabattements significatifs du niveau de la nappe.

4.4 POTENTIALITÉ D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

4.4.1 Classification du potentiel d'exploitation des nappes

Le potentiel d'exploitation des nappes a été examiné sur la base de la classification hydrogéologique de la zone de l'étude mentionnée ci-haut. Les huit (8) catégories suivantes ont été établies:

- Sa: Adaptée à l'exploitation des nappes peu profondes avec très peu de limitations de quantité et de qualité.
- Sb: Modérément adaptée à l'exploitation des nappes peu profondes avec peu de limitations de quantité mais un peu plus de limitations de qualité.
- Sc: Modérément adaptée à l'exploitation des nappes avec limitations élevées des travaux de forage.
- Sd: Marginalement adaptée à l'exploitation des nappes peu profondes avec limitations de quantité.
- M : Marginalement adaptée à l'exploitation des nappes peu profondes et modérément adaptée à l'exploitation des nappes profondes.
- Da: Modérément adaptée à l'exploitation des nappes profondes.
- Db: Marginalement adaptée à l'exploitation des nappes profondes.
- N : Non-adaptée à l'exploitation des nappes (l'exploitation des eaux souterraines n'est pas proposée à ce stade-ci du projet parce que le niveau de la nappe est inférieur à 150 m, ce qui représente des coûts d'exploitation élevés).

Les répartitions sont présentées sur la carte ci-jointe "Classification des potentiels d'exploitation des nappes".

4.4.2 Examen du débit de sécurité des nappes

L'examen du débit de sécurité des nappes a été effectué à l'aide des deux méthodes suivantes: méthode hydrologique et méthode hydraulique.

Le débit de sécurité des nappes se résume comme suit:

Méthode Hydrologique:

Bilan d'eau: 315-835 m³/km²/jour (305 000 m³/km²/an)
Simulation de pompage à long terme: 75 m³/km²/jour
(27 000 m³/km²/an)

Méthode Hydraulique:

77 m³/puits/jour (pompe manuelle pour "Sa, Sb, Sc")
8 m³/puits/jour (pompe manuelle pour "Sd")
123 m³/puits/jour (puits peu profond + pompe à moteur)
196 m³/puits/jour (puits profond + pompe à moteur)

Par conséquent, il n'y a pas de problème de rendement de la nappe pour assurer l'alimentation des sites du projet, à condition toutefois que le rendement de la nappe proposé soit inférieur à 77 m³ pour les puits à pompe manuelle "Sa, Sb, Sc", à 8 m³ pour "Sd" et 123 m³/jour pour les puits peu profonds avec pompe à moteur.

De plus, l'emplacement et la densité de forage seront étudiés en tenant compte d'une productivité maximale de 75 m³/km²/jour, niveau recommandé pour la protection des nappes.

4.5 QUALITÉ DE L'EAU

La qualité de l'eau étant un élément primordial pour la planification de l'alimentation rurale en eau potable, nous avons effectué des échantillonnages, des analyses in situ et des analyses approfondies dans les laboratoires d'ELECTROGAZ. Les résultats sont résumés au tableau K.1 du Volume II.

La qualité de l'eau varie de beaucoup selon les sources d'approvisionnement. La conductivité électrique spécifique, cependant, est en principal inférieure à $300\mu\Omega/\text{cm}$ et les valeurs du pH comprises entre 7,0 à 8,1 ce qui reste acceptable par rapport aux normes de l'eau potable.

Eau de surface

La contamination de l'eau de surface est largement observée dans la zone de l'étude. On estime que les eaux usées rurales sont en grande partie responsables de cette forte contamination.

La comparaison de la qualité des eaux des rivières et des eaux des lacs est présentée ci-dessous:

	Turbidité (NTU)	Couleur (APHA)	pH	Conductivité Electrique (s/cm)	Consommation KMnO4 (mg/litre)
Eau de Rivière	22	137	7,2	240	4,2
Eau de Lac	9	118	8,1	293	9,3

La différence de qualité observée entre les eaux des rivières et les eaux des lacs est attribuable au fait que l'eau des lacs est davantage exposée à la décomposition des plantes telles que le papyrus.

Dans le cas des eaux de surface utilisées à des fins de consommation, le problème est de fixer les objectifs d'amélioration de la turbidité et la couleur.

Eau souterraine

Etant donné les propriétés purificatrices de la nature, les eaux souterraines sont exemptes de coliformes et de microbes. Cependant, pour éviter toute contamination de l'eau souterraine, il faudra veiller à ce que les puits ne soient pas creusés près des eaux de surface stagnantes.

L'eau des sources devrait être de bonne qualité. Cependant, la quantité d'eau fournie est généralement trop petite pour être exploitée.

De plus, étant donné qu'elles sont souvent dans un environnement peu favorable, leur eau est contaminée par des coliformes et autres microbes charroyés par les eaux domestiques usées.

Les problèmes de qualité de l'eau potable dans la zone de l'étude devront être examinés à nouveau à l'étape de l'exécution du projet.

Tableau 4.5 Caractéristiques relatives à la qualité de l'eau dans la zone de l'Etude

Substances	Unité	Eau du lac			Eau de la rivière			Eau du puits		
		Min	Max	Valeur adoptée	Min	Max	Valeur adoptée	Min	Max	Valeur adoptée
Turbidité	NTU	4.0	12.5	9.2	16.0	26.0	22.0	3.4	22.0	4.5
Couleur	APHA	40	190	118	120	160	137	30	80	37
PH		7.0	8.5	8.1	7.0	7.5	7.2	6.5	7.5	7.0
Conductivité	mS/cm	104	480	293	198	240	219	38	240	240
T-Dureté	mg/lit	40	170	93	70	80	77	40	70	53
CO ₂ libre	mg/lit	0.0	10.0	1.9	2.0	49.0	18.3	6.0	74.0	74.0
DO	mg/lit	2.0	5.0	3.9	1.0	4.0	2.7	3.0	3.0	3.0
KMnO ₄ consommé	mg/lit	5.2	12.7	9.3	1.5	6.8	4.2	2.3	4.1	3.4
NH ₄ -N	mg/lit	0.22	0.50	0.35	0.22	0.36	0.31	0.13	0.32	0.30
SS	mg/lit	4	18	10	16	30	21	0	8	2
ANION										
Cl	mg/lit	8.0	57.0	25.9	38.0	45.0	40.7	0.0	37.0	37.0
NO ₂	mg/lit	0.00	0.10	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.13	0.13
NO ₃	mg/lit	0.00	3.08	1.07	1.32	1.76	1.47	0.88	2.60	2.20
SO ₄	mg/lit	4.0	13.0	8.3	8.0	17.0	13.7	2.0	33.0	27.0
PO ₄	mg/lit	0.04	0.17	0.09	0.06	0.12	0.09	0.01	0.80	0.40
CATION										
Ca	mg/lit	40.0	130.0	78.6	50.0	70.0	63.3	10.0	70.0	40.0
Mg	mg/lit	0.0	40.0	11.4	0.0	30.0	13.3	0.0	70.0	20.0
Mn	mg/lit	0.0	0.2	0.1	0.03	0.2	0.1	0.01	0.06	0.04
Fe(III)	mg/lit	0.0	1.0	0.3	0.4	1.6	0.9	0.0	1.0	1.0
NH ₄	mg/lit	0.28	0.65	0.45	0.28	0.46	0.39	0.36	0.67	0.67
Coliformes		++	++	++	++	++	++	-	-	-
Total de colonies		++	++	++	++	++	++	-	-	-

4.6 ÉVALUATION DES RESSOURCES D'EAU

4.6.1 Demande future en eau

L'alimentation en eau de la zone de l'étude ainsi que la demande actuelle et à l'horizon 2000 sont présentées au tableau suivant. En 2000, les volumes d'eau nécessaires à l'usage domestique représenteront environ 20 % de la demande totale et les volumes d'eau nécessaires à l'agriculture seront de 76 %, y compris l'eau d'irrigation dont les volumes n'incluent pas l'eau de pluie.

Population	433,000	653,000
Densité de la Population	162,4/km ²	245,1/km ²
Demande en Eau	13,5 M m ³ /an	26,2 M m ³ /an
- Usage Domestique	3,0 M m ³ /an	5,2 M m ³ /an
- Usage Industriel	0,5 M m ³ /an	1,0 M m ³ /an
- Usage Agricole	10,0 M m ³ /an	20,0 M m ³ /an
Usage Domestique de		
l'Alimentation en Eau	1,0 M m ³ /an	5,2 M m ³ /an
- Eaux de Surface	0,1 M m ³ /an	1,7 M m ³ /an
- Sources Améliorées	0,5 M m ³ /an	0,7 M m ³ /an
- Eaux Souterraines (Puits)	0,4 M m ³ /an	2,8 M m ³ /an
<hr/>		
Nombre de Bénéficiaires du Réseau d'Alimentation	105,475	-
<hr/>		
Taux de Couverture de Service du Réseau d'Alimentation en Eau	24,8%	-

Approximativement 27 millions de m³ d'eau seront nécessaires annuellement en l'an 2000. Compte tenu des ressources d'eau existantes dans la zone, les besoins devraient pouvoir être satisfaits sans problèmes; ces estimations proviennent de la simulation du bilan d'eau.

Précipitations Annuelles:		
900 mm x 2 667 km ²	=	2 400 Mm ³
Évapotranspiration annuelle:		
précipitations x 68,5 %	=	1 640 Mm ³
Débit des nappes (alimentation)		
précipitations x 17,8 %	=	430 Mm ³
Autres Eaux (écoulement de surface/rivières/lacs):		
précipitations x 13,6 %	=	390 Mm ³

4.6.2 Profil de l'évaluation

Pour l'alimentation des zones rurales, il serait avantageux de sélectionner les ressources hydrauliques selon l'ordre de priorité suivant, et en tenant compte des coûts de construction, de la réduction des coûts de gestion ainsi que de l'exploitation et de la maintenance.

1) Eaux Souterraines

i) Sources

En général, l'eau de source n'a pas besoin d'être traitée. La source est donc la forme d'alimentation la plus souhaitable. Cependant, la plupart des sources de la zone sont déjà exploitées, et quelques unes seulement pourront être utilisées aux fins du projet, les petites sources n'étant pas adaptées au plan du réseau.

ii) Puits

Puisque l'eau des nappes ne nécessite pas de traitement, les eaux souterraines constituent donc, avec les eaux de source, la ressource la plus souhaitable.

Néanmoins, dans les cas où l'on devrait exploiter des nappes peu profondes à proximité d'eaux de surface (région "Sb"), on devra prévoir les possibilités de protection et choisir minutieusement l'emplacement des sites de forage.

2) Eaux de surface

L'eau des rivières et des lacs de la zone de l'étude est extrêmement contaminée par les égouts domestiques et elle devra être traitée avant d'être utilisée. Comme le débit des rivières de petite et moyenne importance diminue considérablement durant la saison sèche, à ce stade il est envisageable d'utiliser l'eau des lacs dont les volumes sont importants et les fluctuations de niveau moindre.

3) Recueillement des eaux de pluie

L'eau de pluie est une ressource prometteuse, en particulier dans les régions montagneuses dépourvues des autres formes de ressources. Toutefois, une source d'eau de remplacement doit être apportée pendant la saison sèche. C'est pourquoi nous envisageons de

recueillir l'eau de pluie sur la toiture des établissements publics et de la stocker dans des cuves installées afin de l'utiliser comme ressource complémentaire. L'évaluation des ressources en eau est présentée au tableau L.7 du Volume II.

4.6.3 Priorité d'exploitation des ressources en eau

Les concepts qui définissent le plan de base de la phase III du projet tiennent compte du potentiel d'exploitation des ressources hydrauliques, des conditions physiques et socio-économiques, ainsi que des infrastructures existantes dans la zone de l'étude :

- 1) La priorité doit aller à l'exploitation des eaux souterraines (sources et puits) qui demandent des coûts de traitement minimums.
 - . sources situées dans des régions de haute altitude où l'eau pourra être distribuée par gravité. Etant donné que les sources ayant un rendement élevé sont déjà utilisées, l'exploitation future des ressources portera davantage sur les puits alimentés par les nappes.
 - . les sources de faible envergure seront considérées comme ressources d'appoint et ne seront pas exploitées dans le cadre du projet actuel car les sites et les rendements de ces sources sont incertains.
- 2) Exploiter les eaux de surface dans les régions où il serait difficile d'exploiter les sources ou les nappes.
 - . le niveau de contamination de l'eau des rivières et des lacs est à peu près le même. En revanche l'alimentation des lacs est stable aussi cette ressource est plus appropriée.
 - . lorsqu'on utilisera l'eau des lacs, il faudra prévoir un moyen pour empêcher l'intrusion des algues et des plantes aquatiques décomposées.
- 3) Installer des systèmes de stockage des eaux de pluie dans des régions de collines peu peuplées.
 - . pour que les installations soient optimales, il faudra prévoir des volumes qui permettront de garantir les besoins minima fixés à 3 l/pers/jour (OMS).

CHAPITRE 5

SURVOL DU PLAN DE BASE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE

5. PLAN DE BASE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'EAU POTABLE

5.1 ENVIRONNEMENT ACTUEL POUR LE PLAN DE BASE

Lors de l'élaboration du plan de base, l'observation attentive de l'environnement permettra d'identifier plus facilement les problèmes et contraintes.

5.1.1 Environnement physique

La zone de l'étude contient plusieurs lacs, et le taux de précipitation y est relativement élevé. Le potentiel de développement des ressources en eau est donc important avec toutefois certaines contraintes :

(1) Contraintes liées aux ressources en eau

Topographie et climat

- Les régions propices au forage de puits peu profonds, ressource la plus appropriée du fait que l'eau est facile à capter, sont limitées aux vallées étroites et aux terres alluviales éloignées des villages.
- Les régions ondulées, qui sont beaucoup plus peuplées, présentent un faible potentiel, du point de vue des rendements ; ces terres se composent de roches tendres principalement de schistes.
- Il y a très peu de précipitations durant la longue saison sèche de quatre (4) mois, qui s'étend de mai à septembre.

Construction

- La construction de puits dans les régions formées de roches solides est peu appropriée compte tenu des coûts et aussi du niveau technique que représente le forage de puits dans la roche dure.

Eau de source

- Les sources de la zone de l'étude ont un débit faible et trop fluctuant, sur une période annuelle, pour être planifiées comme ressource d'approvisionnement ; en revanche, il existe quelques sources qui sont utilisées dans des systèmes d'alimentation en eau potable déjà existants et qui donnent de bons rendements.

Qualité de l'eau

- Certaines nappes profondes des régions de basses terres sont contaminées lorsqu'elles sont situées près des eaux de surface.
- Étant donné que les eaux usées s'écoulent dans les lacs et rivières, les eaux de surface sont fortement contaminées.

Rendement de l'eau potable souterraine

- Suite aux résultats de la simulation du bilan d'eau de la zone de l'étude, on a estimé le potentiel de développement des eaux souterraines entre 100 000 et 300 000 m³/km²/an ; on a également estimé à 27 000 m³/km² par an le rendement durable de ces mêmes eaux souterraines.
- Le débit de sécurité des eaux souterraines est estimé à moins de 8 m³/77 m³/jour pour les puits à pompe manuelle, et à 123 m³/jour pour les puits profonds à pompe motorisée.

(2) Contraintes liées à la préparation du plan d'alimentation en eau potable

Topographie et relief

- Les structures de distribution d'eau, telles que les conduites, seront soumises à des différences de pression dues aux disparités prononcées du relief.
- Les bénéficiaires étant largement dispersés sur des terrains de différents types d'inclinaison, des mesures devront être planifiées pour simplifier le réseau de distribution.

En conséquence, il faudra prendre en considération les observations suivantes:

- analyse minutieuse des conditions d'alimentation en eau pendant la saison sèche.
- priorité aux forages de puits peu profonds ainsi qu'aux sources à haut rendement dans les vallées.
- examiner la nécessité des forages profonds dans des régions spécifiques.

- dans le cas des puits peu profonds, il est nécessaire de forer dans des zones qui ne soient pas trop proches des eaux de surface.
- en cas d'exploitation des nappes, il sera nécessaire d'examiner la capacité de production de la nappe et les volumes de sécurité pouvant être pompés.
- en cas d'utilisation des eaux de surface, il sera nécessaire d'examiner les schémas possibles de traitement et/ou d'amélioration.
- les installations d'alimentation en eau doivent être étudiées en tenant compte des problèmes de gestion et d'exploitation des installations ayant une grande différence de pression, ainsi que des mesures de sécurité pour lesdites installations.
- lors de la limitation des zones et niveaux de services, il faudra attentivement examiner la répartition des villages, la topographie et les limites de la zone.

5.1.2 Environnement social et économique

L'environnement et les contraintes sociales et économiques peuvent être mieux compris si on les classe en environnement et contraintes liés à la construction des installations et en environnement et contraintes liés à la gestion, à l'exploitation et à l'entretien.

- (1) Facteurs liés à la construction des installations hydrauliques

Topographie

- Compte tenu de la topographie du secteur, on estime que le coût de construction des installations dans la zone de l'étude sera relativement élevé.

Budget et institution

- L'insuffisance des fonds budgétaire pouvant être alloués aux secteurs de l'alimentation en eau des zones rurales par le gouvernement rwandais et le manque d'ingénieurs qualifiés, sont deux contraintes importantes qui freinent la promotion des projets d'alimentation en eau potable.

Infrastructures

- Les infrastructures telles que les routes et le réseau électrique sont insuffisantes dans la zone de l'étude. Avant d'améliorer les installations d'alimentation en eau, il sera donc proposé d'améliorer les infrastructures.

- (2) Facteurs liés à la gestion, à l'exploitation et la maintenance des installations d'alimentation en eau potable.

Exploitation et coûts de gestion

- Les coûts de gestion des installations seront élevés car il faudra mettre en oeuvre des techniques de gestion d'un niveau plus sophistiqué et adaptées aux caractéristiques topographiques de la région.
- Pour assurer la gestion et l'exploitation des installations, un système de redevances devra être adopté envers les usagers, tout en tenant compte, il va sans dire, des capacités financières des résidents.

Santé publique

- Dû à l'insuffisance de soins publics et d'installations hygiéniques, et au manque d'éducation dans ces domaines, le taux des maladies d'origine hydrique est élevé. Par ailleurs, les résidents n'ont pas pleinement conscience de l'importance de l'alimentation en eau potable sur la santé.

Institution

- Le système de soutien pour les travaux de gestion, d'exploitation et de maintenance des installations d'alimentation en eau potable n'a pas encore été instauré.
- Quelques systèmes d'alimentation en eau existants ne fonctionnent pas à cause d'un approvisionnement instable de carburant, des compétences inadaptées à la gestion et à l'exploitation, de fonds budgétaires insuffisants et du manque de pièces de rechange.

Etant données les mesures et les contraintes développées ci-dessus, l'examen du plan de base devra tenir compte des aspects suivants:

- La taille et les coûts de construction des nouveaux systèmes d'alimentation en eau devront être examinés en se référant à la taille et aux limites de service des systèmes existants.
- La préparation du plan d'exécution du projet devra tenir compte du calendrier financier pour l'exécution du projet et pour l'amélioration du niveau technique.
- Le plan d'alimentation en eau devra être analysé en tenant compte des conditions des infrastructures existantes ainsi que du plan futur de développement des infrastructures.
- Les régions de service devront être analysées en tenant compte des structures des services de maintenance et d'exploitation des installations de chaque région.
- Un système d'alimentation en eau ne sera proposé qu'après avoir étudié le système de gestion, y compris les méthodes de collecte de fonds pour l'utilisation de l'eau des installations.
- Il est nécessaire d'examiner les capacités financières des habitants et les méthodes les plus aptes pour établir les redevances d'eau.
- Enfin, un programme de formation devra être établi pour élever les niveaux techniques, et pour donner aux techniciens et à la population des informations concernant la santé publique et l'hygiène.

5.1.3 Classification du niveau de développement dans les régions

La zone de l'étude peut être classifiée en fonction de l'échelle de population ainsi que de sa densité, de la présence l'installation des services publics, des activités économiques et du niveau d'infrastructure :

- Vf: village d'exploitation agricole
- Vs: village de service
- LT: municipalité de localité
- D : centre de district
- H : centre supérieur de district (voir annexe L du Volume II) (voir Fig. 5.1)

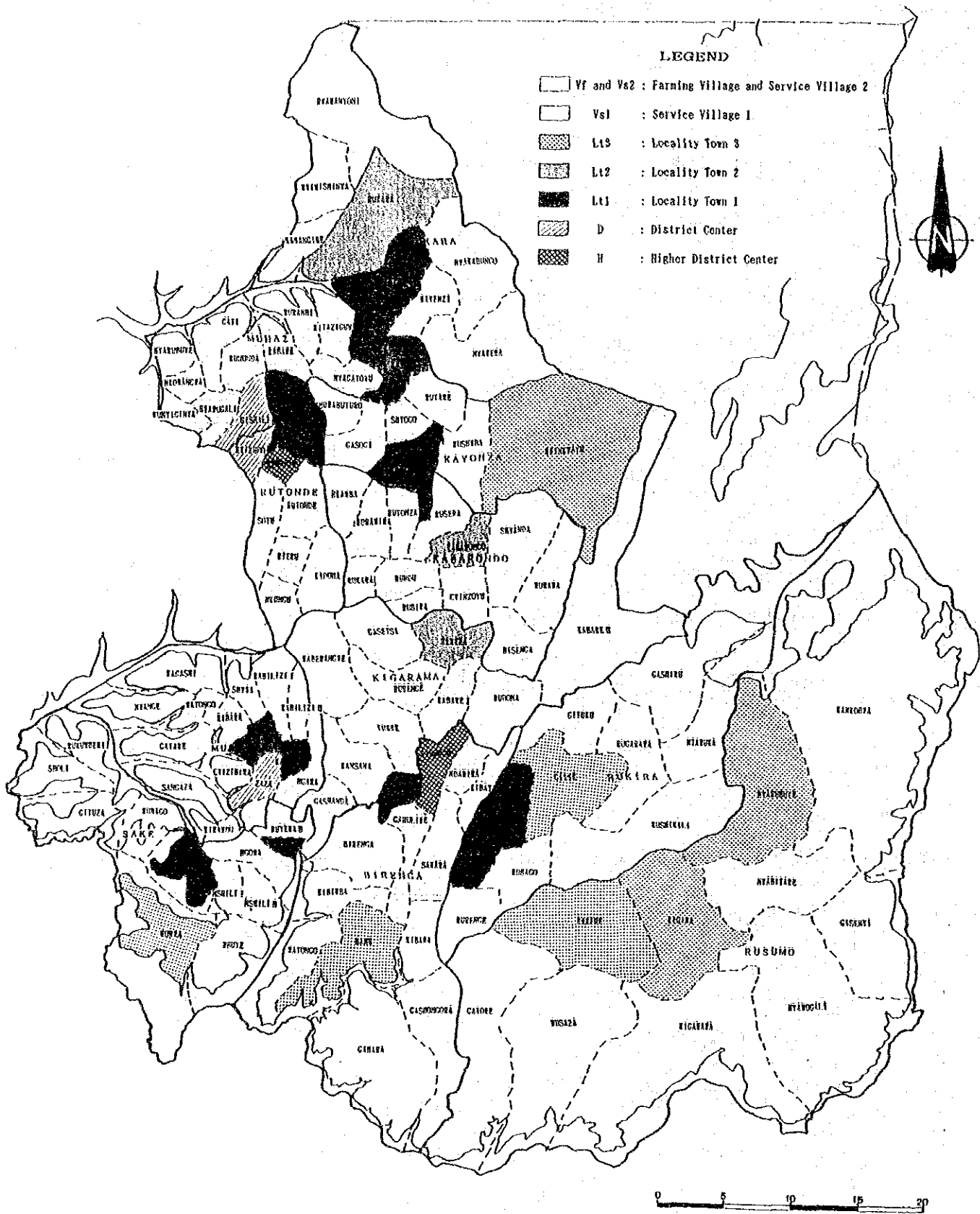


Fig. 5.1 Classification du Niveau de Développement

5.2 POLITIQUE DE DÉVELOPPEMENT DE BASE

A l'examen de la politique de développement du gouvernement, des objectifs du MINITRAPEE et des conditions actuelles de la zone de l'étude, on s'aperçoit que le «projet d'alimentation en eau potable en milieu rural (Phase III) dans la région orientale» a été planifié sur la base des politiques de développement de bases suivantes:

- Assurer rapidement le maximum de bénéficiaires aux habitants en utilisant une quantité limitée de fonds
- Choisir les technologies les mieux adaptées à la région.

Les aspects suivants devront être considérés:

- . La plus grande priorité devra être accordée aux systèmes dont l'exploitation et la maintenance sont simples et économiques.
 - . L'utilisation d'une eau de bonne qualité devra être répandue autant que possible.
 - . L'exploitation et la maintenance des installations d'alimentation en eau nécessiteront la coopération des résidents usagers.
 - . La mise en place des infrastructures d'alimentation en eau potable devrait se faire étape par étape.
- Choisir les régions à desservir ainsi que leurs installations en tenant compte de l'aspect gestion et exploitation des systèmes

Pour la mise en place, en douceur, des systèmes d'exploitation, de maintenance et de redevances, il faudra se baser sur l'unité de base de la région à alimenter.

- Établir un plan d'alimentation en eau qui correspond aux capacités financières des résidents de la région ainsi qu'aux conditions d'infrastructure
- Conformité avec le plan de développement de plus haut niveau avec les projets qui y sont reliés
- Garantir les besoins en eau propre et potable aux résidents de la zone de l'étude d'une façon permanente jusqu'à l'année cible.

L'année cible du Projet, fixée par rapport à la politique de développement national, est l'an 2000.

5.3 ÉLABORATION DU PLAN DE BASE

5.3.1 Approche de la planification

L'approche de la phase III du plan est présentée à la Fig.5.1. Cette approche est divisée en 5 étapes:

- Étape 1: Définition et analyse de la zone de planification
- Étape 2: Choix des options de réseaux appropriés d'alimentation en eau
- Étape 3: Choix des ressources en eau
- Étape 4: Analyse des procédés de sélection de réseau
- Étape 5: Sélection de réseau et conception préliminaire

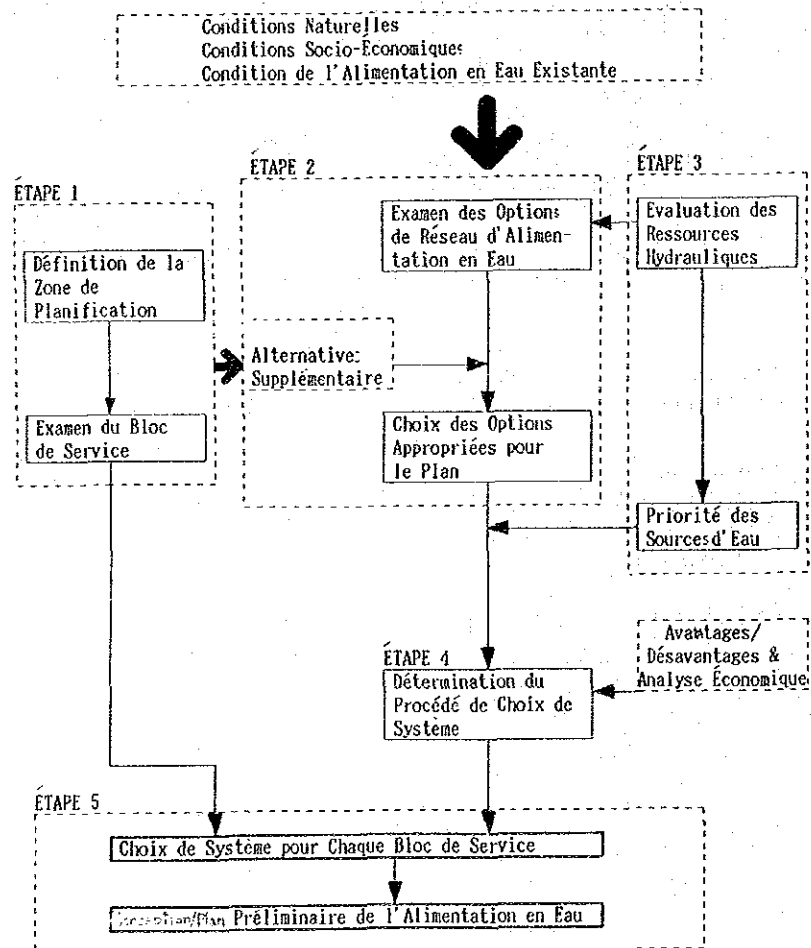


Fig. 5.2 Approche de la Planification de la Phase III

5.3.2 Définition de la région de planification

Dans la zone de l'étude, il existe quelques réseaux d'alimentation en eau et d'autres projets du même type sont en cours; ces projets sont implantés par d'autres agences officielles, indépendantes de celle-ci (voir annexe F). Quelques réseaux existants ou projetés, qui sont considérés comme étant capables de satisfaire la demande d'eau, et ce, de manière satisfaisante, seront exclus de la zone du projet (Phase III).

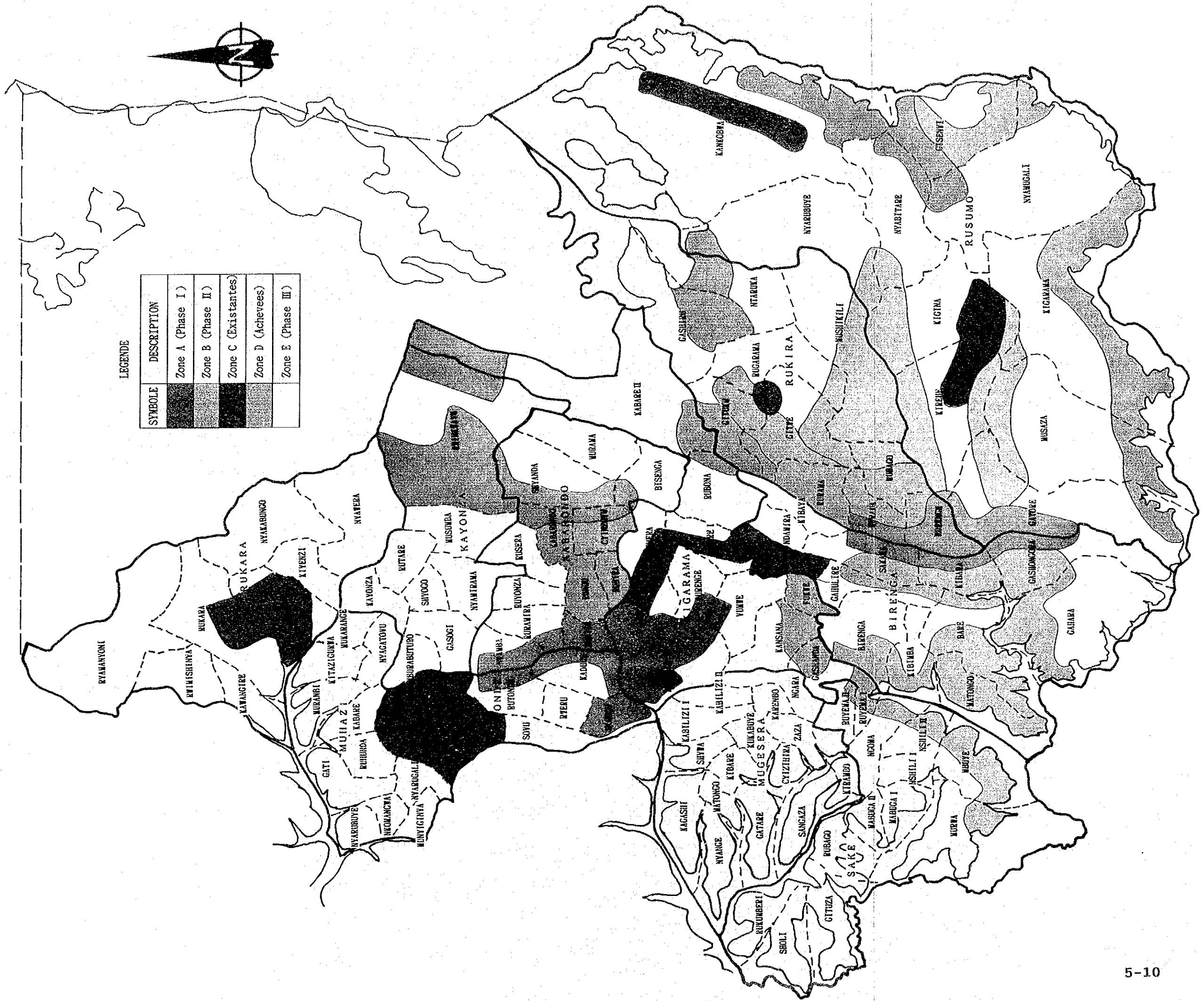
La situation des réseaux existants est discutée et évaluée au chapitre 3.5. Dans un souci d'harmonisation avec les autres projets et afin d'éviter les risques de répétition, la zone de l'étude a été divisée en cinq (5) zones:

- ZONE A: [Zone d'alimentation du projet phase I]
- ZONE B: [Zone d'alimentation du projet phase II]
- ZONE C: [Zone d'alimentation en eau existante]
- ZONE D: [Zone de projets en cours]
- ZONE E: [Zone d'alimentation du projet phase III]

Les sites des zones A et D sont indiqués à la Fig.5.3. Les chiffres de la population et de superficie de chaque zone sont présentés ci-dessous:

Tableau 5.1 Population et superficie de chaque zone

Zone	Projet	Superficie (km ²)	Population	
			(1988)	(2000)
Zone A	Phase I	184	36 100	51 600
Zone B	Phase II	373	50 100	85 500
Zone C	Existant	178	37 200	52 600
Zone D	En Cours	239	62 400	94 100
Zone E	Phase III	1 693	247 200	369 700
Total		2 667	433 000	653 500



LEGENDE

SYMBOLE	DESCRIPTION
	Zone A (Phase I)
	Zone B (Phase II)
	Zone C (Existantes)
	Zone D (Achevees)
	Zone E (Phase III)



Fig. 5.3 ZONE DE CLASSIFICATION

5.3.3 Examen des options de réseaux d'alimentation en eau

(1) Alternatives proposées pour les réseaux d'alimentation en eau

Pour le choix des réseaux d'alimentation en eau et l'établissement des zones d'alimentation en eau, les alternatives suivantes sont proposées:

<u>Alternatives</u>	<u>Système d'Alimentation en Eau</u>
A :	Réseau d'alimentation hydraulique avec conduites (à petite échelle) de distribution d'eau de source par gravité
B :	Forage peu profond avec cuvelage et pompe manuelle
C :	Forage avec cuvelage et pompe électrique (puits profond) sans réseau de distribution par conduites
D :	Réseau de distribution avec conduites (à petite échelle) et pompe électrique utilisant les eaux souterraines
E :	Alimentation en eau avec conduites (à petite échelle) et pompe électrique et générateur utilisant les eaux souterraines
F :	Réseau de distribution avec conduites (à grande échelle) et unité de traitement, utilisant les eaux de surface
G :	Prolongement du réseau urbain de distribution d'eau déjà existant
H :	Captage des eaux de pluie par le toit avec cuve de stockage
I :	Captage des eaux de pluie sur les pentes avec cuve de stockage

La sélection des systèmes appropriés est présentée au tableau L.5. Les options A, B, D, E, F, et H peuvent être sélectionnées comme réseaux propices à être installés. Néanmoins, les options A et H ne seront sélectionnées que si on tient compte des facteurs suivants:

Option A: Il serait plus réaliste de sélectionner l'option A en la combinant avec les options D, E, ou F, puisque la plupart des sources ayant un fort rendement sont déjà utilisées pour des réseaux d'alimentation en eau déjà existants.

Tableau 5.2 Sélection des Systèmes Appropriés

Option	Evaluation	Water Source and Topography	Water Use, Operation and Management	Economic Aspects
A Small-scale water distribution system of spring water by gravity flow	Suitable except securing of sufficient water amount. Prefer to combine with Option B, C, D, E.	<ul style="list-style-type: none"> △ Difficult to secure sufficient amount of water with new spring development. ⊙ No water quality problem exists. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ No energy required for system operation. ⊙ Local residents can operate and manage the system. ⊙ Easy to place residents into the management organization structure. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Per capita capital cost is very low. ⊙ Operation and maintenance cost is low.
B Shallow tube-well with hand pump	Suitable	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ No water quality problem exists if well sites are appropriately selected. △ May be possible to select well sites close to existing water sources. But, in lowlands, it is difficult to secure access roads. 	Same as above	Same as above
C Tube-well with power pump (deep well)	Unsuitable	<ul style="list-style-type: none"> △ Difficult to select well drilling sites. 	<ul style="list-style-type: none"> △ Electricity of fuel oil is needed to operate. △ High levels of operation and maintenance skills are required. × It is difficult to maintain by the management structure of the small number of residents. Convenient to obtain water. 	<ul style="list-style-type: none"> × Capital cost per capita is very high because this system does not have the water distribution system. × Operation and maintenance cost is very high.
D or E Small-scale water distribution system with electric motor pump or generator operated power pump using groundwater	Suitable in population concentrated area if the operation and maintenance cost means the "requirement". Possible, if possible, use river water or ground-water with a shallow well.	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Difficult to select a deep well site. Difficult to secure sufficient amount of water with a shallow well. △ Difficult to install a pipeline because of variable topography. 	<ul style="list-style-type: none"> △ Electricity or fuel oil is needed to operate. △ High levels of operation and maintenance skills are required. ⊙ A certain number of population is needed to maintain the management structure. Convenient to obtain water. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Capital cost becomes high if the area has less than a certain number of population. ⊙ Operation and maintenance cost becomes high if the area has less than a certain number of population.
F Large-scale water distribution system with treatment facilities using surface water (river or lake)	Same as above	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Treatment facilities are required for obtaining good quality water. ⊙ No problem exists for securing a large amount of water. △ Special attention is needed to install a pipeline in an area having variable topography. 	Same as above	Same as above
G Extension of existing urban water distribution system	Unsuitable	Extension of existing urban water distribution system is not conducted. Thus, this option is not included in the Phase III Project.		
H Rainwater storage by roof catchment	Suitable only for special cases	<ul style="list-style-type: none"> △ Difficult to obtain sufficient amount of water and maintain the water quality 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Energy is not needed to operate. ⊙ Operation and maintenance work can be conducted by local residents. × Inconvenient. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Capital cost is very low. ⊙ Operation and maintenance cost is very low.
I Rainwater storage by slope catchment	Unsuitable	<ul style="list-style-type: none"> △ Difficult to obtain sufficient amount of water and maintain the water quality. Lands are highly used and noise is available for the slope catchment method. 	Same as above	Same as above

Option H: Dans la zone de l'étude la saison des pluies dure plusieurs mois et il est par ailleurs difficile d'y garantir des volumes d'eau suffisants. Il serait donc approprié de sélectionner l'option H uniquement comme système de basse priorité.

5.3.4 Réseaux appropriés

(1) Options pour la phase III du projet

Après avoir analysé de plus près les différentes options, on a estimé que les quatre (4) réseaux d'alimentation en eau suivants sont les plus adaptés comme installations de la Phase III du projet parce qu'ils sont appropriés aux caractéristiques de la préfecture de Kibungo et qu'ils répondent aux politiques de bases de la Phase III du projet:

- Systeme 1: Réseau d'alimentation en eau par conduites à grande échelle, option F plus option A (utilisation des eaux de source en respectant la capacité des ressources disponibles)
- Systeme 2: Réseau d'alimentation en eau par conduites à petite échelle, option D ou F plus option A (utilisation des eaux de source en respectant la capacité des ressources disponibles)
- Systeme 3: Puits peu profonds avec système de pompe manuelle, Option B
- Systeme 4: Système de captage de l'eau de pluie sur le toit avec cuve de stockage, option H (à ne sélectionner que dans des cas spéciaux, et en dernier recours).

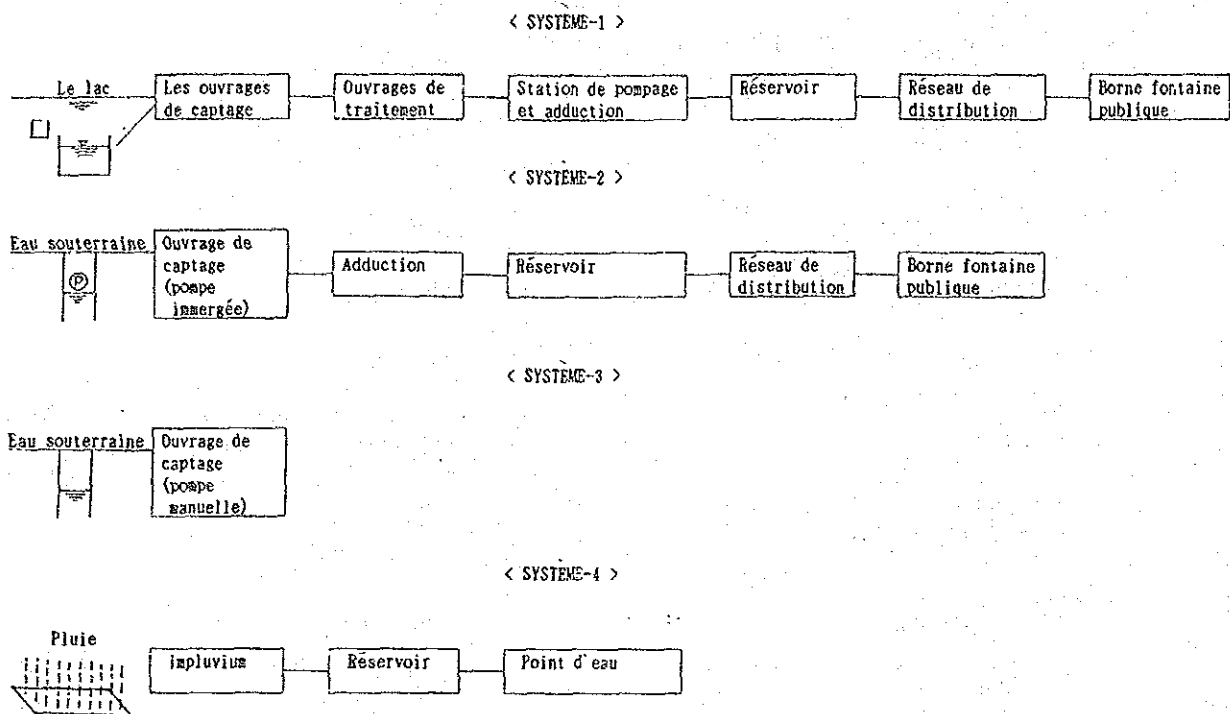


Fig. 5.4 Schéma des systèmes d'alimentation en eau

(2) Examen de la possibilité d'introduire des pompes à énergie solaire

En cas d'utilisation d'une pompe à énergie solaire pour un puits de plus de 120 m de profondeur, la quantité d'eau pompée quotidiennement sera limitée à 30 m³ maximum. Cependant, les régions où il serait possible de mettre en place une pompe à énergie solaire sont rares.

D'après l'analyse présentée à l'annexe R du Volume II, la mise en place de pompes à énergie solaire dans la zone de l'étude serait inappropriée pour les raisons suivantes:

- . coûts plus élevés que ceux du réseau à générateur
- . demandent un niveau technique élevé pour la maintenance
- . Le système n'est pas fiable pendant la saison des pluies

5.3.5 Priorités d'exploitation des ressources hydrauliques

Le potentiel d'exploitation des ressources hydrauliques des réseaux d'alimentation en eau présenté dans le tableau ci-dessous à ce stade de planification tient compte de la qualité de l'eau, des volumes, ainsi que du réseau de distribution mentionnés au chapitre 4.6.

Table 5.3 Priorité de développement des ressources

Ressources	Qualité	Volumes	Alimentation gravitaire	Ordre de priorité
.Source	Bonne	(in)stables	Possible	1
.Eau				
.Souterraine	Bonne	Stables	Impossible	1
.Eau de pluie	Bonne	Instables	Possible	2
.Lac	Mauvaise	Stables	Impossible	3
.Rivière	Mauvaise	Instables	Impossible	4

Le concept de développement de base des ressources en eau peut être dressé à partir des indications ci-dessus (cf. chapitre 4.6)

5.3.6 Bloc de service

Selon la région de service couverte par le système d'alimentation en eau déjà existant, la taille des blocs de service et les limites des systèmes proposés devraient être les suivants:

Système	Région de Service	Population desservie	Remarques
Système 1	40 <	20 000 - 40 000	
Système 2	10 - 20	4 000 - 8 000	Production Max. 200 m ³ /jour
Système 3	< 4	< 500	
Système 4	unité familiale	6	

Compte tenu de la structure du futur système de maintenance et d'exploitation, un bloc de service ne devrait pas couvrir plus d'une commune.

5.3.7 Analyse des coûts pour la sélection des systèmes

Les études de modèle suivantes ont été effectuées dans le but d'obtenir les données nécessaires à l'examen des coûts de construction par personne et des conditions de sélection des systèmes d'alimentation en eau proposés dans chaque bloc de service.

- (1) Étude Modèle 1
Estimation des coûts de construction par personne et des coûts d'exploitation et de maintenance par ménage dans l'hypothèse d'une mise en place du système 1 sur une région de service de 40 km².
- (2) Étude Modèle 2
Estimation des coûts de construction par personne et des coûts d'exploitation et de maintenance par ménage dans l'hypothèse d'une mise en place du système 1 sur une zone desservant 20.000 habitants.
- (3) Étude Modèle 3
Estimation des coûts de construction par personne et des coûts d'exploitation et de maintenance par ménage dans l'hypothèse d'une mise en place du système 2 sur une région de service de 10km².

Les conditions de sélection de système suivantes ont été déterminées pour chaque bloc de service (voir l'annexe L) à partir des résultats des études de modèles et de l'analyse des projets d'alimentation en eau mis en oeuvre dans les pays en voie de développement :

(1) Coût initial maximum par personne

Le coût initial maximum de base par personne pour la mise en place du Système 1 ou du Système 2 serait de l'ordre de 150 \$ US si on se base sur les données fournies par les cas existants dans les pays en voie de développement ainsi que sur les coûts de construction des Systèmes 3 déjà mis en place dans des régions peu denses.

(2) Coût d'exploitation/maintenance maximum par ménage

En se référant à la définition de la Banque Mondiale, les coûts d'exploitation et de maintenance par ménage pour les installations de la Phase III du projet devraient représenter moins de 5% des dépenses du ménage, soit un montant de US \$1,50 à \$2,00/mois/ménage.

ÉTUDE MODÈLE - 3

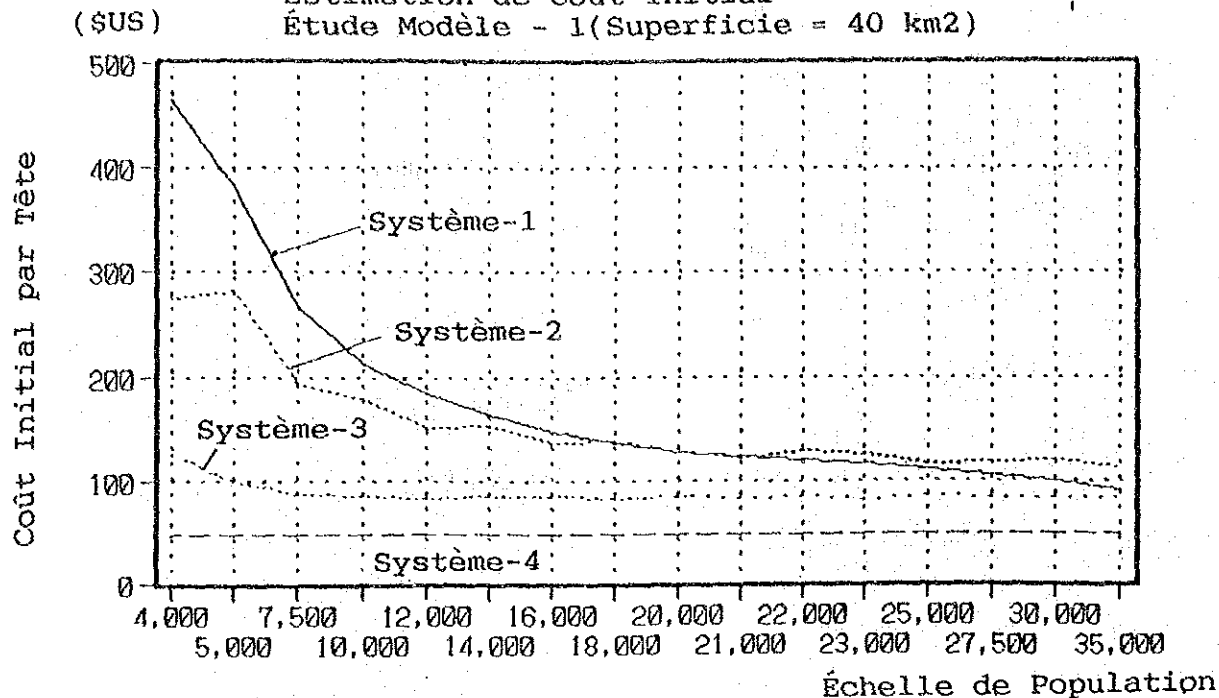
Superficie = 10 km²(Constant) Unité:\$US/mois/famille

Population	Densité	Syst.1	Syst.2	Syst.3	Syst.4
1,000	100	6.92	2.90	0.90	0.12
2,000	200	4.24	1.92	0.65	0.12
3,000	300	3.34	1.60	0.57	0.12
4,000	400	2.90	1.43	0.59	0.12
5,000	500	2.63	1.56	0.60	0.12
6,000	600	2.45	1.46	0.57	0.12
7,000	700	2.32	1.38	0.58	0.12

(3) Échelle de population pour la sélection du système 1

Le coût initial par personne pour les différentes courbes de population a été obtenu dans l'étude modèle 1 indiquée en annexe L. Lorsqu'une région a une population de plus de 21 000 habitants, les coûts de construction par personne du Système 1 sont inférieurs à ceux du Système 2. Les coûts sont également inférieurs aux coûts initiaux maximums par personne estimés à 150 \$ US.

Estimation de Coût Initial
Étude Modèle - 1 (Superficie = 40 km²)



(4) Densité de population pour la sélection du système 2

Dans l'étude modèle 1, la densité de population dans les régions propices à l'installation du Système 2 est fixée à plus de 600 habitants/km².

ÉTUDE MODELE - 3

Superficie = 10 km² (Constant) Unité: \$US/mois/capita

Population	Densité	Syst. 1	Syst. 2	Syst. 3	Syst. 4
1,000	100	1,075.3	494.0	150.0	48.4
2,000	200	559.0	255.3	100.0	48.4
3,000	300	387.0	175.7	83.3	48.4
4,000	400	300.8	155.9	87.5	48.4
5,000	500	249.2	170.5	90.0	48.4
6,000	600	214.8	144.8	83.3	48.4
7,000	700	190.2	126.5	85.7	48.3

- (5) Extension du Système 1 ou du Système 2 aux régions appropriées pour les puits peu profonds.

Suite aux études modèles, l'extension des conduites devrait être sélectionnée lorsque son coût de construction est inférieur aux coûts de construction de forages peu profonds à l'intérieur des cotes de densité de population suivantes:

Sa : Au-delà de 700/km²
 Sb et Sc : Au-delà de 500/km²
 Sd : Au-delà de 400/km²

Coûts de Construction de Puits peu Profond par 4km²
 (Unité:1 000 \$US)

Population (pers./km ²)	Classification		
	Sa	Sb, Sc	Sd
250	100	120	120
300	100	120	180
375	150	180	180
400	150	180	240
500	200	240	300
600	200	240	300
700	250	300	300

5.3.8 Procédures de sélection de système

Lorsqu'on devra sélectionner l'une des options proposées pour les systèmes d'alimentation en eau pour une région donnée, les concepts de bases suivants devront être appliqués:

- (1) La priorité devrait être portée sur le Système 3 (installation à pompe manuelle) pour les raisons suivantes:
 - . Les coûts de construction par personne et les coûts d'exploitation et de maintenance sont généralement inférieurs à ceux des autres systèmes.
 - . Il peut être construit par les Rwandais eux-mêmes.
 - . Il peut être exploité en entretenu par les résidents eux-mêmes.

- . Les résidents peuvent participer à sa construction et il peut être géré par l'organisation d'exploitation et de maintenance des résidents.
- (2) Dans les régions où des difficultés sont rencontrées pour la construction du Système 3 (forages peu profonds avec pompes manuelles), les systèmes d'alimentation en eau devront s'organiser comme suit:
 - a) Dans les régions ayant une population dense ou un haut niveau de services publics, le Système 1 ou le Système 2 devra être équilibré avec les systèmes d'alimentation en eau déjà existants dans les régions environnantes.

Cependant, les coûts de construction par personne des nouveaux systèmes ainsi que les coûts d'exploitation et de maintenance par ménage ne devront pas dépasser les coûts maximums recommandés.

- b) Si on s'en tient aux résultats des études modèles, les standards de sélection pour les Systèmes 1 et 2 sont les suivants:

Système 1: Pour une région ayant une population dense et dont le nombre d'habitants dépasse 21 000.

Système 2: Pour une région ayant une population dense, dont ladite densité est de plus de 600 habitants/km² ou ayant un système de conduite d'alimentation en eau déjà existant.

Afin de bien évaluer la sélection du système et pour que cette sélection soit le mieux appropriée possible, les deux facteurs de base suivants devront être considérés:

- . Coût de construction maximum par personne de US \$150
- . Coût d'exploitation et de maintenance maximum par ménage de US \$2,00/mois

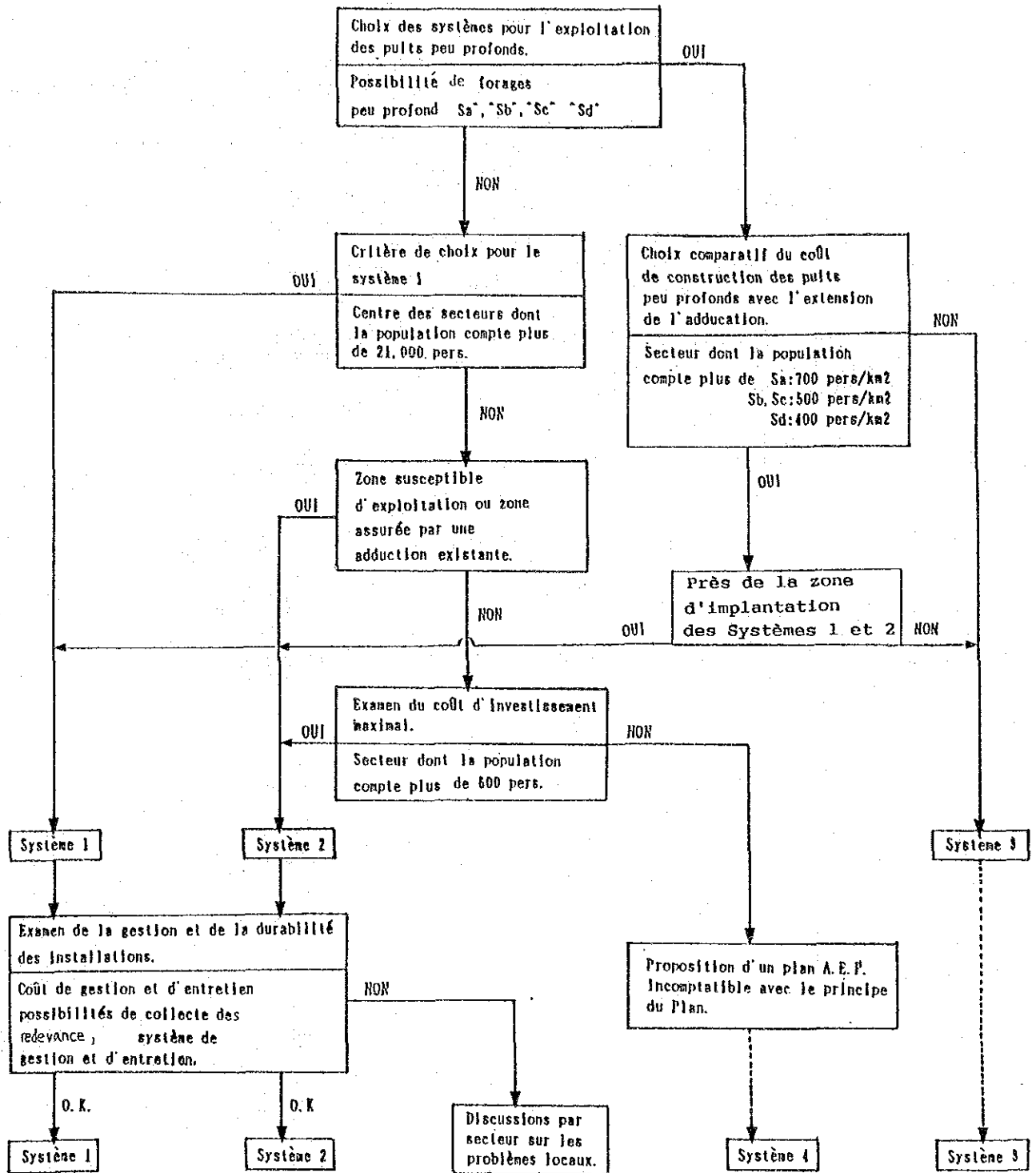


Fig. 5.5 DIAGRAMME POUR LA SELECTION DE SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU

- (3) Dans les régions de collines, où la population est peu dense, si les coûts de construction par personne ainsi que les coûts d'exploitation et de maintenance sont plus élevés que les valeurs maximums, l'installation du système est recommandée même si les politiques de planification ne sont pas remplies à 100%.

Systeme 4: Captage des eaux de pluie
Réduire les volumes d'approvisionnement
par personne (3 litres/personne/jour)

Le procédé de sélection des systèmes présenté dans le diagramme de la Fig. 5.5 s'appuie sur les concepts ci-dessus.

- (4) Les résultats de la sélection sont présentés au tableau 5.4 et à la fig. 5.6. et résumés ci-après:

	<u>Nombre de Blocs de Service</u>	<u>Estimation Population</u>
Systeme 1:	2	55 800
Systeme 2:	8	51 000
Systeme 3:	477(74 Secteurs)	215 400
Systeme 4:	8,351Familles (27 régions)	47 700

Table 5.4 Systèmes d'alimentation en eau sélectionnés

Bloc de Service		Population desservie(2000)	Densité	Develop.* classe
Système 1				
	Secteur			
MUHAZI	5	21,944	550	Lt-Vs
SAKE	9	33,865	626	Lt-Vf
Total	14 Secteurs	55,809	594	
Système 2				
	Secteur			
KAYONZA-1	2	4,374	339	Lt
KAYONZA-2	2	3,508	428	Lt-Vs
RUTONDE	1	3,720	620	Vs
KABARONDO	2	5,956	379	Vs
BIRENGA	1	3,588	386	Vs
RUSUMO-1	2	7,300	487	Lt-Vf
RUSUMO-2	1	8,292	601	Lt-Vf
RUSUMO-3	2	7,278	342	Vf
Total	13 Secteurs	44,016	431	
Système 3				
	Secteur			
RUKARA	7	27,428	173	(Lt)-Vf
MUGESERA	14	51,802	407	(D)-Vf
SAKE	4	19,255	282	(Lt)-Vf
KAYONZA	7	14,423	229	(Lt)-Vf
RUTONDE	3	8,839	367	Vs-Vf
KABARONDO	7	10,173	302	(Lt)-Vf
KIGARAMA	10	26,231	184	(Lt)-Vf
RUKIRA	5	7,682	158	Vf
BIRENGA	8	17,242	220	(Lt)-Vf
RUSUMO	9	36,769	139	Vf
Total	74 Secteurs	219,844	218	
Système 4				
	Famille			
RUKARA	1,430	8,566	181	Vf
KAYONZA	743	4,453	46	Vf
RUTONDE	151	902	291	Vf
KABARONDO	850	5,092	127	Vf
KIGARAMA	606	3,632	120	Vf
RUKIRA	663	3,959	96	Vf
BIRENGA	645	3,862	147	Vf
RUSUMO	3,263	19,564	97	Vf
Total	8,351 Familles	50,030	103	
TOTAL		369,699	218	

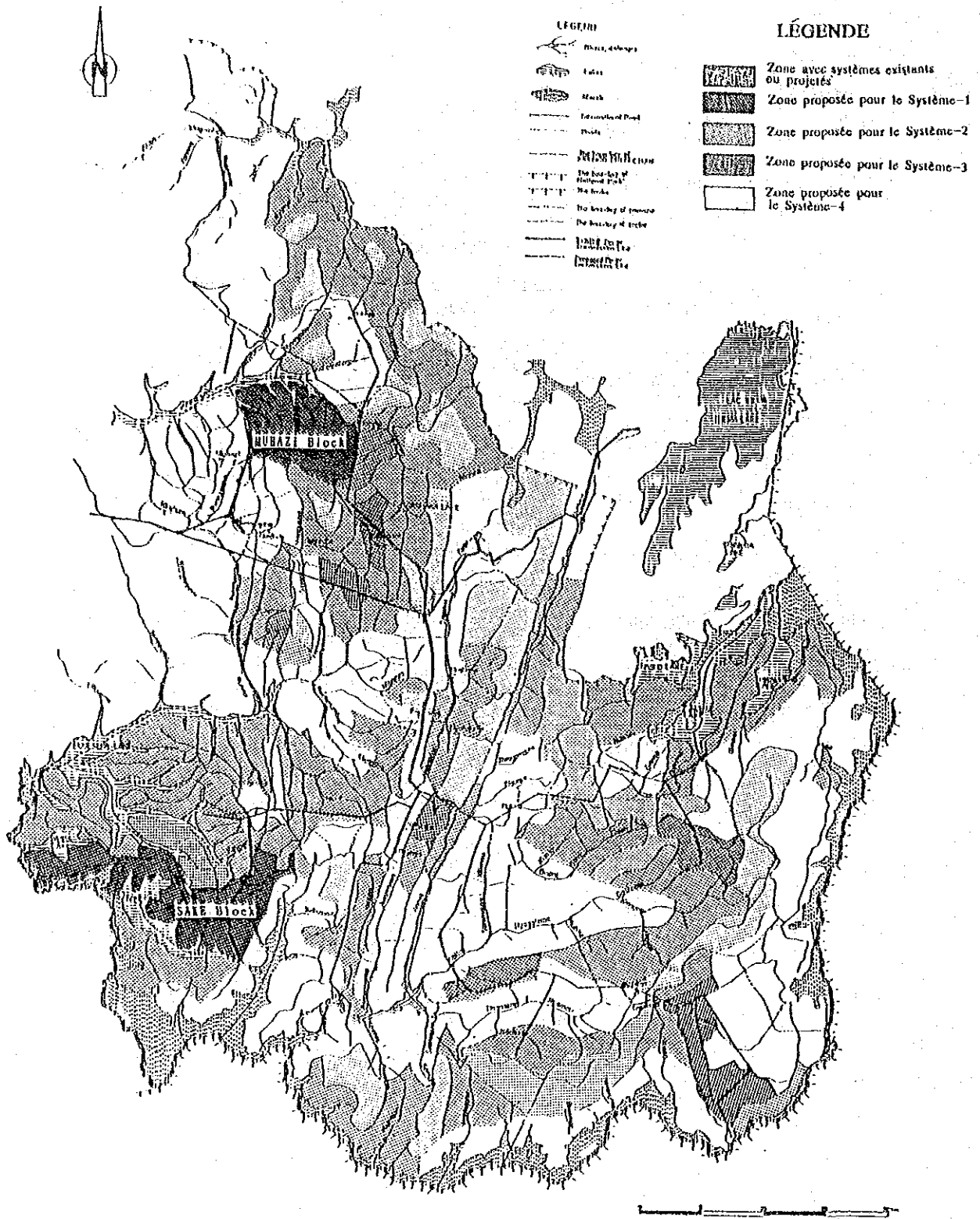


Fig. 5.6 Les zones proposées pour l'alimentation en eau

CHAPITRE 6

LE PLAN DE BASE

6. LE PLAN DE BASE

6.1 CONDITIONS DE BASE POUR LA PLANIFICATION DE BASE

6.1.1 Niveau de service

(1) Méthodes d'alimentation en eau

La classification des méthodes d'alimentation en eau est la suivante:

- a) Branchement résidentiel individuel
- b) Branchement à la cour
- c) Borne fontaine publique
- d) Puits
- e) Captage des eaux de pluie

Pour améliorer les conditions sanitaires des populations, il serait souhaitable de construire des réseaux d'alimentation avec des branchements résidentiels individuels. Cependant, dans le but de satisfaire aux besoins du plus grand nombre de citoyens possible, et surtout ceux dont les moyens sont limités, il sera préférable d'opter pour le branchement à la cour, la borne fontaine publique ou le puits bien qu'il soit évident que le niveau de service est inférieur.

De l'analyse des systèmes d'adduction d'eau existants dans la préfecture de Kibungo, il ressort que la méthode des bornes fontaines publiques devrait être adoptée dans des zones desservies par des conduites.

La méthode des puits pourrait être utilisée dans des zones permettant la construction de forages peu profonds qui permettront d'exploiter des nappes de bonne qualité.

Dans les régions montagneuses où la population est peu dense et les ressources en eau insuffisantes, la méthode de stockage des eaux de pluie devrait être utilisée.

La distance maximum entre les bénéficiaires et les bornes fontaines publiques et/ou les puits ne doit pas dépasser un kilomètre.

(2) Les Réseaux d'alimentation en eau

Le plan d'alimentation en eau sera établi à partir des quatre (4) catégories de réseaux d'alimentation en eau suivantes:

- (a) Système-1: bornes fontaines publiques utilisant les eaux de surface.

Dans ce système, les eaux de surface seront d'abord traitées, puis acheminées par conduites pour enfin être distribuées aux usagers via les bornes fontaines publiques. Une borne fontaine devrait alimenter environ 200 ménages.

- (b) Système-2: bornes fontaines publiques utilisant les eaux souterraines.

Ce système distribuera de l'eau souterraine de bonne qualité, ne nécessitant pas de traitement, par conduites. Le niveau de service devrait être approximativement de 143 ménages pour chaque borne fontaine publique.

- (c) Système-3: puits.

La productivité maximale d'un puits devrait être de 10 m³/jour, ceci incluant la consommation des installations publiques. On estime qu'un puits peut desservir environ 77 ménages.

- (d) Système-4: stockage des eaux de pluie.

L'eau est captée sur le toit et stockée dans des cuves. Le bloc de service de ce système est donc le ménage.

6.1.2 Année cible

L'année cible du Projet, basé sur la politique de développement national, est l'an 2 000.

6.1.3 Zone de service projetée et réseaux proposés

La zone de service projetée pour la Phase III du Plan de Base recouvre la zone E indiquée au chapitre 5.3. Les 4 réseaux suivants pourraient également être proposés pour les blocs de service dans la Phase III du Plan de Base:

- Systeme 1: Réseau d'alimentation par conduites (à grande échelle)
- Systeme 2: Réseau d'alimentation par conduites (à petite échelle)
- Systeme 3: Pompe manuelle
- Systeme 4: Stockage des eaux de pluie

6.1.4 Choix des ressources hydrauliques

Les concepts sur lesquels s'appuie la politique d'exploitation des ressources hydrauliques de chaque système et qui tiennent compte de la priorité de développement des ressources indiquée au chapitre 4.6 et au chapitre 5.3.3, sont les suivants:

Systeme 1:

- 1) La priorité première devra être portée sur les sources possédant un rendement stable ainsi qu'une bonne qualité d'eau.
- 2) Le rendements des sources planifié devra correspondre au débit minimum enregistré pendant la saison sèche.
- 3) Lorsque les volumes d'alimentation du plan ne sont pas satisfaits, le manque sera comblé par les eaux des lacs traitées.

Systeme 2:

- 1) La priorité devra être portée sur l'utilisation des eaux de source. Cependant, dans les régions où, à l'étape de la planification, on n'est pas certain d'avoir des volumes suffisants et une qualité satisfaisante, on devra considérer le forage de puits pour exploiter l'eau des nappes.

- 2) A l'étape de l'exécution du Projet, on devra reconsidérer l'emplacement des sources, les rendements ainsi que la qualité de l'eau. L'exploitation des sources se fera en priorité par la méthode de prise d'eau directe (distribution par gravité), ou la méthode de forage horizontal.
- 3) Le rendement des sources planifié devra correspondre au débit minimum enregistré pendant la saison sèche.
- 4) Lorsque les volumes d'alimentation ne sont pas satisfaits, le manque sera comblé par l'utilisation de l'eau des puits.

Système 3:

- 1) Utilisation des eaux souterraines par le forage de puits.
- 2) La priorité première devra être portée sur la "Classe Sa-Potentialité de Développement".

Système 4:

- 1) Stockage des eaux de pluie sur les toits.

6.1.5 Zone de service et population de chaque système

La zone de service et la population des communes desservies par chaque système sont classées dans le tableau ci-dessous. Il apparaît que la région du sud de la Préfecture de Kibungo, dont les ressources hydrauliques n'ont pas encore été développées ou sont relativement peu améliorées a une population importante à desservir.

Tableau 6.1 Régions de service et population

Commune		Système	Système	Système	Système	Total
		1	2	3	4	
RUKARA	Superficie	0	0	158.4	47.4	205.8
	Population	0	0	27,428	8,566	35,994
MUHAZI	Superficie	39.9	0	0	0	39.9
	Population	21,944	0	0	0	21,944
MUGESERA	Superficie	0	0	127.4	0	127.4
	Population	0	0	51,802	0	51,802
SAKE	Superficie	54.1	0	68.2	0	122.3
	Population	33,865	0	19,255	0	53,120
KAYONZA	Superficie	0	21.1	63.1	96.9	181.1
	Population	0	7,882	14,423	4,453	26,758
RUTONDE	Superficie	0	6.0	24.1	3.1	33.2
	Population	0	3,720	8,839	902	13,461
KABARONDO	Superficie	0	15.7	33.7	40.0	89.4
	Population	0	5,956	10,173	5,092	21,221
KIGARAMA	Superficie	0	0	142.9	30.2	173.1
	Population	0	0	26,231	3,632	29,863
RUKIRA	Superficie	0	0	48.5	41.1	89.6
	Population	0	0	7,682	3,959	11,641
BIRENGA	Superficie	0	9.3	78.4	26.3	114.0
	Population	0	3,588	17,242	3,862	24,692
RUSUMO	Superficie	0	50.1	265.2	202.0	517.3
	Population	0	22,870	36,769	19,564	79,203
Total	Superficie	94.0	102.2	1,009.9	487.0	1,693.1
	Population	55,809	44,016	219,844	50,030	369,699

Note: Les données de la population sont pour l'an 2000.

6.1.6 Estimation des besoins

(1) Bénéficiaire des réseaux et unité de la demande en eau

Pour la planification de la phase III nous nous sommes basés sur les chiffres de la demande en eau des pays en voie de développement et avons adopté l'unité d'alimentation en eau indiquée dans le «manuel d'alimentation en eau potable en milieu rural» de la DGE, MINITRAPEE, actuellement en préparation et qui constitue une référence fiable.

Les types de consommation et la demande d'unité d'eau sont présentés à l'annexe M du Volume II; nous les résumons ci-après:

Consommation domestique

- Habitat dispersé: 90 litres/ménage/jour (incluant la consommation pour le bétail)
- Habitat aggloméré: 130 litres/ménage/jour (- idem-)

Établissements publics

- Santé: Les hôpitaux, centres de santé, dispensaires et centres de nutrition
- Enseignement: Les écoles primaires, les écoles secondaires, les centres de formation professionnelle
- Bâtiments Administratifs: Les bureaux de préfectures, sous-préfectures, bureaux communaux et bureaux de secteur
- Autres: Les tribunaux, églises, marchés, prisons et camps militaires

(2) Critères de planification et capacité

Les critères de planification sont basés sur le manuel de la DGE. La capacité de conception des réseaux d'alimentation à conduites (Système 1 et 2) est détaillé ci-après:

Tableau 6.2 Critères de planification

Articles	Système 1	Système 2
1. Demande d'eau journalière maximum	Demande journalière moyenne d'eau x 1.15	idem
2. Estimation du débit de captage	(Demande maximale Journalière d'eau) x 1.10 * 0.10 représente les eaux de nettoyage des matériaux de filtration	Demande max. journalière d'Eau
3. Estimation du débit des eaux purifiées	Demande maximale journalière d'eau	-
4. Durée de pompage	24 hres/jour	24hres/jour
5. Estim. du débit de pompage horaire	(demande maximale journalière d'eau)	idem
6. Capacité du réservoir de distribution	(demande maximale journalière d'eau)/2	idem
7. Demande maximum horaire d'eau	(Demande maximale journalière d'eau)/24 x2 * Pour choisir le diamètre des conduites de distribution	idem

6.2 RÉSEAUX D'ALIMENTATION EN EAU PROPOSÉS

6.2.1 Système 1

(1) Généralités

Le Système 1 devrait être mis en place dans les zones:

- où le système à pompe manuelle n'est pas approprié.
- de plus de 21 000 habitants;
- où les infrastructures, telle que les routes et le réseau électrique, sont bien développées.

(2) Population desservie et demande en eau

Le Système 1 sera mis en place dans les régions de Muhazi et de Sake. Les grandes lignes du Projet en ce qui a trait à ces régions sont présentées ci-dessous.

Tableau 6.3 Demande en eau (système 1)

Nom de la Zone	Région desservie (km ²)	Population en l'an 2000	Densité en l'an 2000	Demande en Eau (m ³ /jour)
MUHAZI	39.9	21 944	550	518.2
SAKE	54.1	33 865	626	774.9
Total	94.0	55 809	594	1 293.1

Note: Demande en eau = consommation moyenne en eau par jour

(3) Sources d'alimentation

Il sera difficile d'utiliser les eaux souterraines et il sera nécessaire de prendre l'eau des lacs Muhazi et Sake dans chaque région respective. Donc, des installations de purification d'eau seront indispensables dans ces régions.

Cependant, 200 m³ d'eau par jour seront puisés d'une source dans la région de Sake. Le réseau d'alimentation en eau de la région de Sake sera donc d'un type combinant l'utilisation des eaux de source et des eaux de lac.

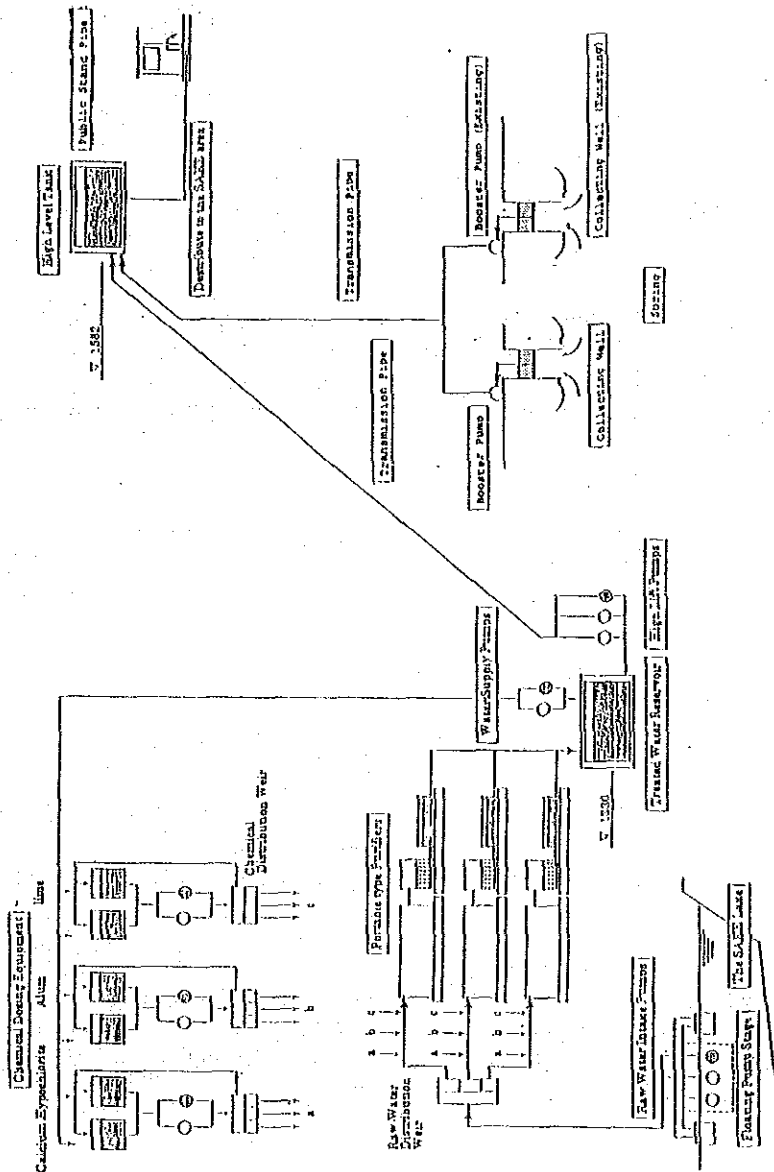
(4) Composantes du système

Le réseau d'alimentation en eau du Système 1 comprend les 4 installations suivantes.

- Installations de captage
- Installations de purification
- Installations d'adduction
- Installations de distribution

Les installations de captage des sources seront adoptées dans la Région de Sake en plus du captage des eaux du lac.

Fig. 6.1 Système d'alimentation à Moyenne Échelle (Système 1)



(5) Installations de captage

1) Débit nominal du captage de l'eau

Le débit nominal de captage de l'eau de chaque région et de chaque forme d'approvisionnement est indiqué ci-après. Il a été calculé en tenant compte des eaux de nettoyage des matériaux de filtration.

Source d'Eau	(unité: m3/jour)	
	MUHAZI	SAKE
Eau de Lac	660	760
Eau de Source	0	200
Total	660	960

2) Méthode de captage

Les rives des lacs Muhazi et Sake sont fortement contaminées par la décomposition des plantes aquatiques et des algues. Il faudra donc utiliser des installations de captage de type flottant. Des eaux non-contaminées seront puisées à une distance approximative de 100m au large des rives.

Les dimensions des captages de type flottant sont indiquées ci-après:

	MUHAZI	SAKE
Stade de pompe flottante:		
série 4.0m x 3.0m x 1		série 4.0m x 3.0m x 1
Capacité de pompage:		
0.2 3m3/minx15mx1.5kw		0.27 m3/min.x15mx1.5kw
Nombre de pompes:		
2 + 1 de réserve		2 + 1 de réserve

On prévoit d'ajouter des installations de captage de source d'une capacité de 100 m3/jour aux installations déjà existantes dont la capacité est de 100 m3/jour.

(6) Installations de purification

1) Estimation du débit des eaux purifiées

Les débits des eaux purifiées sont présentés ci-dessous:

	(Unité: m ³ /jour)	
	MUHAZI	SAKE
Estimation du débit des eaux purifiées	600	690

2) Méthode de purification des eaux

Étant donné la qualité des eaux des deux régions présentée ci-après, la méthode de filtration lente par le sable serait inappropriée. C'est donc la méthode de filtration rapide par le sable qui sera adoptée.

- . Forte turbidité.
- . Les contenus du groupe coliforme (100 ml NPP) dépassent les 1 000.
*NPP = Nombre le plus probable
- . L'eau renferme un nombre important de particules en suspension provenant de plantes aquatiques et d'algues décomposées.

3) Type d'installations de purification

Les purificateurs de type portatif détenant les caractéristiques suivantes seront adoptés. Ces mêmes caractéristiques sont résumées à l'annexe M du Volume II.

- . Fonctions de station de purification d'eau à grande échelle
- . Facilité d'installation
- . Utilisable dans des secteurs isolés
- . Fonctionnement simple
- . Livraison rapide; coût initial peu élevé
- . Maintenance à bas prix
- . Nettoyage automatique du réservoir de filtration

4) Les composantes des installations de purification

Les installations de purification sont composées des équipements suivants:

- . Déversoir de distribution des eaux brutes
- . Équipement de dosage de sulfate d'aluminium
- . Équipement de dosage d'hypochlorite de calcium
- . Équipement de dosage de chaux éteinte
- . Réservoir dépendant d'agitation (lente et rapide)
- . Réservoir de dessableurs
- . Équipement de filtration rapide
- . Réservoir de nettoyage
- . Réservoir des eaux traitées
- . Installations de pompage

La grandeur, la structure et les dimensions des équipements sont présentées à l'annexe M du Volume II et sur les plans du Volume III

(7) Installations d'adduction

Les installations d'adduction se composent de pompes à grande chute et de conduites de transmission, dont les emplacements et les alignements sont indiqués sur les plans du Volume III.

1) Pompes à grande chute

Une pompe devra être utilisée pour transporter l'eau des installations de purification au réservoir de distribution. Une pompe à turbine pour forte pression d'eau sera installée.

Les dimensions de la pompe sont les suivantes:

Ressource	Article	MUHAZI	SAKE
Lac	Capacité de débit de la pompe	600 m ³ /jour	690 m ³ /jour
	planifié	0.21m ³ /min	0.24m ³ /min
		250mx18.5kw	300mx30kw
	Nombre de pompes	2+1 de réserve	
Source	Capacité de débit de la pompe		200m ³ /jour
	planifié		0.07m ³ /minx
			100m
	Nombre de pompes		2

2) Conduites d'adduction

L'arrêt soudain de la pompe ou l'ouverture trop rapide ou trop lente de la valve risque de provoquer un coup de bélier dans les conduites qui seront alors soumises à une forte pression hydraulique dynamique instantanée. Donc, le matériel de tuyauterie doit être assez robuste pour résister à ces pressions hydrauliques. Il faudra donc prévoir des conduits en fonte ductile (souple), qui est un matériel résistant, facile à installer et anticorrosif.

(8) Installations de distribution

Les installations de distribution se composent des 3 équipements suivants:

- . Réservoir de distribution
- . Conduites de distribution
- . Borne fontaine publique

1) Réservoir de distribution (de haut niveau)

Dans le plan nous avons opté pour l'écoulement gravitaire pour distribuer l'eau entre le réservoir de distribution et les bornes fontaines avec écoulement par gravité. Le réservoir doit donc être placé sur un site très élevé. Compte tenu des heures de service (6:00 À 18:00) des bornes fontaines publiques, le réservoir devra avoir une capacité égale à la moitié des volumes d'alimentation journaliers maximum.

Les capacités nominales du réservoir sont les suivantes:

	MUHAZI	SAKE
Capacité nominale du réservoir	300 m ³	350 m ³ (avec les installations déjà existantes)

Les emplacements, structures et dimensions des réservoirs de type cylopéen, qui seront adoptés, sont présentés dans les plans du Volume III.

2) Conduites de distribution

Les tuyaux en chlorure de polyvinyle (communément appelé PVC), qui sont économiques et faciles à installation, sont disponibles au Rwanda; ils seront utilisés pour les conduites de distribution.

3) Bornes fontaines publiques

Le niveau de service de la distribution d'eau devrait être de type borne fontaine publique. Dans l'hypothèse que les redevances d'eau seront instaurées, il faudra prévoir des kiosques pour chaque borne fontaine.

(9) Profil des installations d'alimentation en eau

Les installations d'alimentation en eau du Système 1 se présentent comme suit:

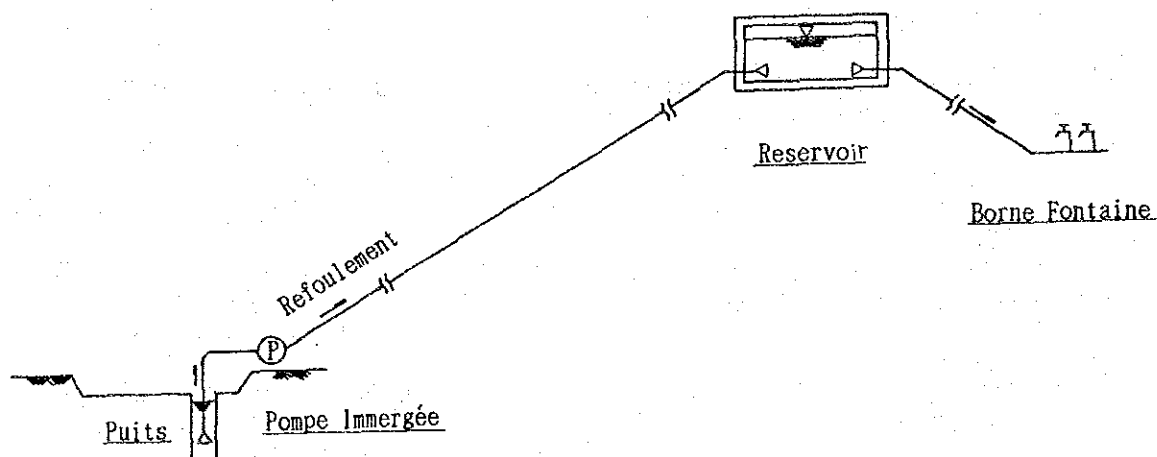
Tableau 6.4 Profil des installations (Systèmes) proposées

	<u>Muhazi</u>	<u>Sake</u>	<u>Total</u>
Usine de traitement	200 m ³ /d x 3 unités	250 m ³ /d x 3 unités	6 unités
Conduites d'adduction	DCIP 150 dia. 11,000 m	DCIP 150 dia. 7,000 m	DCIP 150 dia. 18,000 m
Réservoir	300 m ³ x 1	Existant	2
Conduites de distribution	PVC 50-150 dia. 27,500 m	PVC 50-150 dia. 43,500 m	PVC 50-150 dia. 71,000 m
Fil électrique	100 m	4,000 m	4,100 m

6.2.2 Système 2

(1) Généralités

Le système 2 utilisera l'eau des sources ainsi que l'eau des nappes de bonne qualité, qui donc n'auront pas besoin de traitement. Ce système sera installé dans les régions fortement peuplées où l'installation de pompe manuelle (Système 3) est inappropriée. Ce système est du même type que celui installé à Nyankora lors de la Phase I du Projet.



(2) Population desservie et demande en eau

Le système 2 sera adopté dans les huit (8) blocs de service suivants. La population desservie et la demande en eau ont été portées dans le tableau ci-après:

Table 6.5 Demande en Eau (Système 2)

Nom du bloc	Région desservie (km ²)	Population en 2 000	Densité en 2 000	Demande en eau (m ³ /jour)
KAYONZA-1	12.9	4 374	339	100.4
KAYONZA-2	8.2	3 508	428	80.3
RUTONDE	6.0	3 720	620	80.7
KABARONDO	15.7	5 956	379	133.3
BIRENGA	9.3	3 588	386	77.8
RUSUMO-1	15.0	7 300	487	172.2
RUSUMO-2	13.8	8 292	601	199.0
RUSUMO-3	21.3	7 278	342	170.5
Total	102.2	44 016	431	1 013.1
Moyenne	12.8	5 500	430	127

(3) Sources d'alimentation

La source d'alimentation du système 2 se composera principalement d'eau souterraine de bonne qualité dont les volumes sont stables.

Dans le Bloc Rusumo-3, une source (60 m³/jour) déjà utilisée pour un autre système d'alimentation en eau sera également utilisée. On planifie d'alimenter un puits de 100 m³/jour par la nappe. Le forage aura un tubage de 8 pouces de diamètre et 60 m de profondeur.

(4) Composantes du système

Les systèmes d'alimentation en eau du Système 2 se composent des éléments suivants:

- . Puits
- . Installations de pompage
- . Conduite d'adduction
- . Réservoir de distribution
- . Borne fontaine publique

(5) Puits

1) Emplacement

Les régions potentielles sont présentées à la section "Classification des potentiels d'exploitation des eaux de source".

Cependant, les sites de forage de puits les plus probables devraient être choisis, à l'étape de la mise en oeuvre du Projet, d'après les résultats de l'étude géologique de terrain, y compris la prospection géophysique.

2) Structure des puits

Les conditions hydrogéologiques, dans les régions d'exploitation des eaux souterraines peu profondes, laisse escompter que nous sommes en présence d'une nappe libre dans la couche d'alluvions de 20 m recouverte de roches altérées sur une épaisseur de 40 m. Le niveau statique de la nappe est estimé à 20 m-GL et le rabattement pendant le pompage est estimé à 10 m.

Il est donc recommandé de forer à une profondeur de 60 m. Dans la formation aquifère non-artésienne et jusqu'à une profondeur de 60 m, on considère qu'un diamètre de 6" (150 mm) est approprié à cause des installations de pompage et de la capacité de l'appareil de forage.

Etant donné qu'il faut prévoir un filtre épais (filtre à gravier) au-delà de 40 mm, le diamètre du forage devrait être supérieur à 230 mm (9 1/2").

De plus, comme la nappe de la couche comprise entre 20 et 30 m risque d'être contaminée par les eaux de surface. La portion supérieure du puits devrait être complètement scellée au ciment.

La structure du puits est présentée dans les plans du Volume III.

(6) Installations de pompage

Des pompes à moteur submersibles seront utilisées pour les installations de pompage du Système 2. La capacité de débit et de pression requise est indiquée en Tableau 6.6:

Au vu des résultats des études économiques, nous avons opté pour l'énergie électrique lorsque l'extension de la ligne ne dépassera pas 7,3 km. Dans les zones où l'extension des lignes électriques devra être supérieure à 7,3 km, des génératrices seront utilisées (voir l'Appendice M.2.4).

Les critères de sélection des pompes sont présentés à l'annexe M.3.2 du Volume II, et l'emplacement, la structure ainsi que les dimensions des installations de pompages sont présentés dans les plans du Volume III.

Tableau 6.6 Les ouvrages d'alimentation en eau du Système 2

Article	Unité	KAYONZA-1	KAYONZA-2	RUTONDE	KABARONDO	BIFENGA	RUSUMO-1	RUSUMO-2	RUSUMO-3	TOTALE
Demande en eau maximum par joir	m ³ /joir	115.4	92.3	92.8	153.3	89.5	196.8	228.9	196.1	1.165.1
Capacite de debit	l/min	80.1	64.1	64.4	106.5	62.1	136.7	159.0	136.2	-
Installacions de puits	serie	1	1	1	2	1	2	2	2	12
Nombre de pompes	serie	1	1	1	2	1	2	2	2	12
Pression Totale	m	180	220	125	185	220	180	250	185	-
Taux de pompage du dessein	l/min	100	120	100	85	115	85	110	85	-
Charge de pompe	kw	7.5	11.0	5.5	7.5	11.0	7.5	11.0	7.5	-
Source electrique	num	T.M.Line 1.800m DCIP φ 75	T.M.Line 1.200m DCIP φ 75	Generator 5.5kw X 1 DCIP φ 75	T.M.Line 1.800m DCIP φ 75	Generator 11kw X 1 DCIP φ 75	Generator 7.5kw X 1 DCIP φ 75	Generator 11kw X 1 DCIP φ 75	Generator 11kw X 1 DCIP φ 75	T.M.L 4.800 Generator X 8
Conduits de transmission	m	500	250	200	600	950	1.300	1.400	700	5.900
Reservoir	unite	60m ³ X 1 φ 30-75	60m ³ X 1 φ 30-50	60m ³ X 1 φ 30-50	80m ³ X 1 φ 30-75	60m ³ X 1 φ 30-50	100m ³ X 1 φ 30-75	120m ³ X 1 φ 30-100	100m ³ X 1 φ 30-100	8 unite
Conduits de distribution (PVC)	m	9.620	8.050	3.730	6.780	7.600	13.100	18.200	23.650	90.730
Borne fontaine publique	num	6	5	5	7	6	8	11	17	65

(7) Autres installations

D'autres installations, telles que les conduites d'adduction, les réservoirs de distribution, et les bornes fontaines publiques ont été étudiées en fonction du type d'installation, de sa structure et de ses dimensions, comme dans le cas du système 1. Leur emplacement, structure et dimensions sont présentés dans les plans du Volume III.

(8) Profil des installations d'alimentation en eau

Les installations d'alimentation en eau du Système 2 sont présentées au Tableau 6.6.

6.2.3 Système 3

(1) Généralités

Le Système 3 est une installation avec pompe manuelle. Le coût de construction par personne ainsi que le coût d'exploitation et de maintenance par ménage sont inférieurs à ceux des systèmes 1 et 2. Parmi les systèmes qui satisfont aux politiques de développement de base du Plan de Base du Projet, le Système 3 est le plus économique.

C'est donc le Système 3 qui sera adopté dans toutes les régions où la construction de puits peu profonds est appropriée.

(2) Population desservie et demande en eau

Le Système 3 sera adopté dans les dix (10) communes suivantes; la population desservie et la demande en eau dans les communes se présentent comme suit:

Tableau 6.7 Demande en eau (Système 3)

Commune	Zone de service (km ²)	Population en 2000	Densité en 2000	Demande en eau (m ³ /i)
RUKARA	158.4	27,428	173	507.0
MUHAZI	0	0	0	0
MUGESERA	127.4	51,802	407	886.9
SAKE	68.2	19,255	282	320.1
KAYONZA	63.1	14,423	229	232.0
RUTONDE	24.1	8,839	367	140.9
KABARONDO	33.7	10,173	302	161.5
KIGARAMA	142.9	26,231	184	470.4
RUKIRA	48.5	7,682	158	123.2
BIRENGA	78.4	17,242	220	287.6
RUSUMO	265.2	36,769	139	605.3
Total	1,009.9	219,844	218	3,734.9
<hr/>				
Total				

(3) Puits

1) Classification hydrogéologique des Puits

Le forage des puits du Système 3 se fera dans les régions appropriées à l'exploitation des nappes peu profondes. Ces régions sont classifiées d'après les conditions hydrogéologiques (voir la carte de classification du potentiel d'exploitation des eaux souterraines):

- Sa: Adaptée à l'exploitation des eaux souterraines peu profondes avec très peu de restrictions de quantité et de qualité.
- Sb: Modérément adaptée à l'exploitation des eaux souterraines peu profondes avec peu de restrictions de quantité mais restrictions importantes de qualité.
- Sc: Modérément adaptée à l'exploitation des eaux souterraines avec restrictions importantes au niveau des travaux de forage.
- Sd: Marginalement adaptée à l'exploitation des eaux souterraines peu profondes avec restrictions de quantité.

Le tableau de l'annexe M indique les conditions des puits de chaque secteur; nous indiquons ci-après le plan de base de l'ensemble de la Phase III:

Condition des puits	Nombre de puits
Sa	194
Sb	87
Sc	45
Sd	151
Total	477

2) Type de Puits

Les deux (2) types de puits suivants seront adoptés pour le Système 3. Le choix est basé sur l'étude hydrogéologique, la condition des puits existants ainsi que sur les résultats des essais de forage.

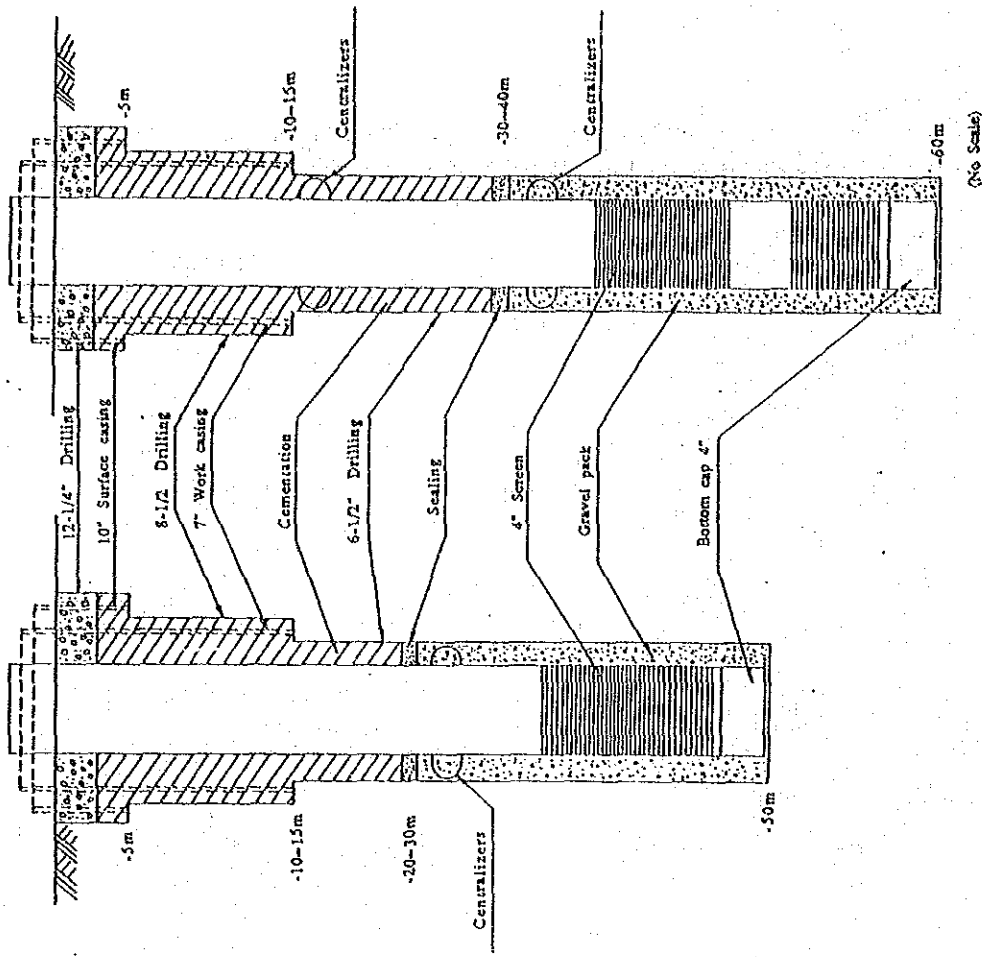
Type de Puits	condition de Puits	Profondeur du Puits	Niveau Statique	Niveau Dynamique
I	Sa, Sc, Sd	50 m	GL-20.0 m	GL-27.5 m
II	Sb	60 m	GL-20.0 m	GL-30.0 m

3) Structure de Puits

À cause de la grandeur des installations de pompage, on propose un diamètre de 4" (100 mm) pour le forage de puits. Etant donné que l'épaisseur du filtre (filtre à gravier) doit être supérieure à 30 mm, le diamètre de forage devra être supérieur à 160 mm (6 2/5").

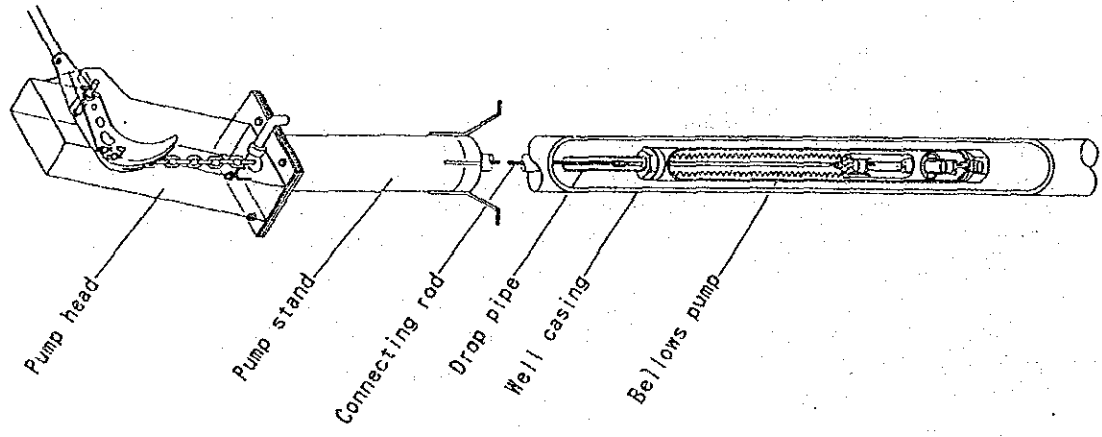
À l'instar des puits du Système 2, la partie supérieure des puits devrait être scellée complètement avec du ciment pour éviter les risques de contamination de la partie supérieure (20 - 30 m) de la nappe par les eaux de surface.

La structure de puits est présentée dans les plans du Volume III.



Well Structure

For "Sa", "3d" and "Sc" For "3d"



ENSEMBLE GENERAL
General Assembly

Fig. 6.2 Coupe standard d'un puits

(4) Pompe Manuelle

1) Type de pompe

Les pompes manuelles à soufflet seront adoptées pour le Système 3 à cause des avantages suivants:

- . Les normes standard de hauteur pratique d'élévation sont fixées à 30 m minimum et 50 m maximum.
- . Etant donné que la tête de pompe sera recouverte d'un chapeau, elle sera protégée contre les pénétrations de matières délétères ou autres objets pouvant être accidentellement jetés par les enfants.
- . Les pièces de friction sont construites avec un métal qui ne nécessite pas de graissage et la pompe fonctionne avec un câble de transmission, de sorte qu'elle peut être actionnée sans efforts. Les femmes et les enfants pourront continuer à pomper l'eau même si le niveau est très bas.
- . Le palier-support de la tête de pompe se pose aussi bien sur des tubages de petit diamètre que sur des puits de grand diamètre creusés à la main.

2) Taux de pompage nominal

Le plus petit chiffre du débit de sécurité du puits et le taux de pompage de la pompe manuelle elle-même sont adoptés comme taux de pompage nominal.

<u>Condition du Puits</u>	<u>Débit de sécurité</u>	<u>Unité: m3/jour</u>	
		<u>Taux de Pompage de la Pompe Manu.</u>	<u>Taux de pomp. nominal</u>
Sa, Sb, Sc	77	10	10
Sd	8	10	8

Le taux de pompage de la pompe elle-même est:
 $1\ 400\ \text{l/hre} \times 12\ \text{hres} \times 60\% = 10\ \text{m}^3/\text{jour}$

(5) Installations auxiliaires

Les installations auxiliaires comprennent un lavoir autour du puits, une fosse de drainage, etc... Leur structure est présentée dans les plans du Volume III.

(6) Profil des installations d'alimentation en eau

Les installations d'alimentation en eau du Système 3 se présentent comme suit:

Tableau 6.8 Profil du système 4

<u>Commune</u>	<u>Superficie (km²)</u>	<u>Puits (profondeur de 50 m)</u>	<u>Puits (profondeur de 60 m)</u>	<u>Pompes Manuelles</u>
Rukara	160 km ²	51	12	63
Mugesera	130 km ²	103	9	112
Sake	70 km ²	38	4	42
Kayonza	70 km ²	11	17	28
Rutonde	25 km ²	9	8	17
Kabarondo	35 km ²	14	6	20
Kigarama	145 km ²	39	18	57
Rukira	50 km ²	16	-	16
Birenga	80 km ²	20	13	33
Rusumo	265 km ²	89	-	89
Total	1,030 km ²	390	87	477

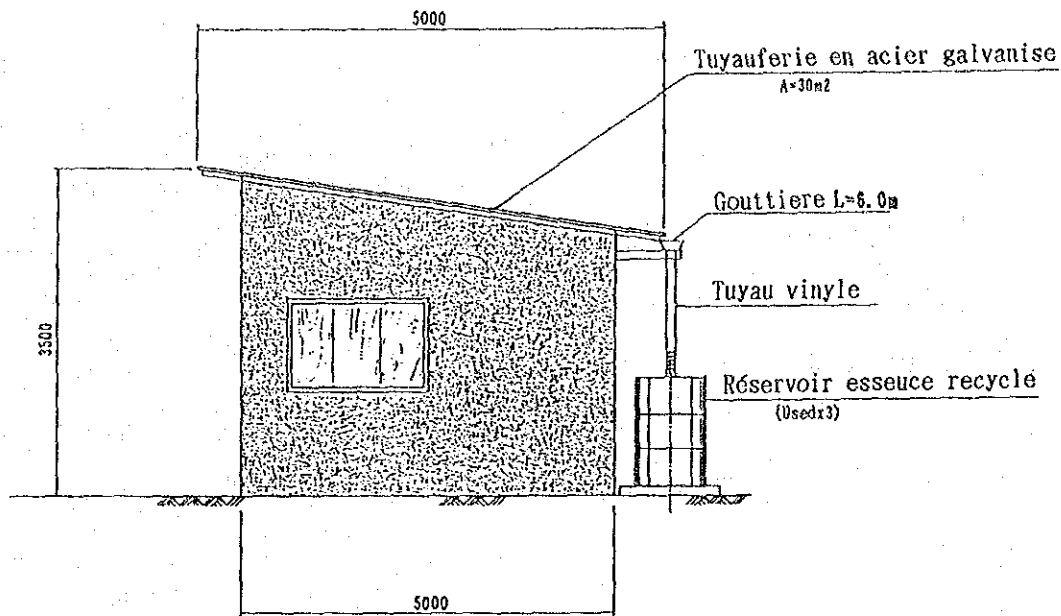
6.2.4 Système 4

(1) Général

Le Système 4 est un système de captage de l'eau de pluie par le toit avec cuves de stockage. Ce système sera installé dans les régions de collines à faible densité de population où l'implantation du Système 3 sera difficile.

Pour une superficie disponible sur le toit de 30 m² il sera possible d'obtenir 80 litres/ménage/jour d'eau, sauf durant la saison sèche (juin à août); cette quantité satisfait donc les normes de la politique de développement de base. Pendant la saison sèche, il sera nécessaire d'installer des réservoirs de grande capacité et de proposer des solutions pour maintenir la qualité de l'eau; le coût de ces installations sera très élevé.

Ainsi la capacité du réservoir a été fixée pour des normes de couverture de 3 litres/personne/jour. La méthode de recueillement des eaux de pluie sera adoptée du fait que les installations du Système 4 seront mises en place pour chaque ménage.



Système de collecte des eaux de pluie(Système-4)

(2) Zone de service et population desservie

Le profil du Projet dans la région où le Système 4 sera implanté est présenté ci-dessous:

Tableau 6.9 Zone de service et population desservie

<u>Commune</u>	<u>Zone de service (km²)</u>	<u>Population en 2000</u>	<u>Nombre de familles en 2000</u>
RUKARA	47.4	8,566	1,430
MUHAZI	0.0	0	0
MUGESERA	0.0	0	0
SAKE	0.0	0	0
KAYONZA	96.9	4,453	743
RUTONDE	3.1	902	151
KABARONDO	40.0	5,092	850
KIGARAMA	30.2	3,632	606
RUKIRA	41.1	3,959	663
BIRENGA	26.3	3,862	645
RUSUMO	202.0	19,564	3,263
Total	487.0	50,030	8,351

(3) Bilan d'eau des ressources et des besoins

L'habitation moyenne dans la zone de l'étude a un toit de 30 m². Le bilan d'eau des ressources apportées par le captage des eaux de pluie sur le toit est présenté au tableau suivant; pour assurer un minimum de 3 litres d'eau/personne/jour pendant la saison sèche, il sera nécessaire d'installer un réservoir d'une capacité de 600 litres pour chaque ménage.

Tableau 6.10 Bilan d'eau (Système 4)

Mois	Pré- cipitation (mm)	Collecte Moyenne (l/j)	Demande Min./f (l/j/f)	Quantité du Manque (l/j/f)	Capacité Requise du Réservoir
1	84.5	74			
2	72.5	70			
3	152.3	133			
4	160.9	145			
5	79.8	70			
6	10.5	9	18	9	270
7	9.2	8	18	10	310
8	20.6	18	18		
9	49.6	45			
10	78.3	68			
11	149.8	135			
12	80.3	70			
Total	948.3	70.4			580

Note: La superficie du toit est de 30m², ce qui représente la moyenne des habitations de la Préfecture de Kibungo.
Taux de Recueillement = 0.9

(4) Programme de prolongement

Le coût du matériel du Système 4 pour une famille moyenne est présenté ci-dessous:

Matériel	Quantité	Montant (FRW)
Réservoir (d'essence en acier usagé)	3	6.000
Conduite	5 m	5.000
Gouttière	3 m	900
Total		11.900

Le programme de prolongement des systèmes d'alimentation en eau est planifié comme indiqué ci-après. Il tient compte des coûts d'alimentation en eau assumés par les résidents.

- 1) Les résidents devront assumer la moitié des coûts du matériel et réaliser les travaux d'installation eux-mêmes.
- 2) Le gouvernement devra assumer l'autre moitié des coûts du matériel et fournir aux résidents les renseignements techniques pour leur permettre l'installation du système.
- 3) Etant donné le niveau des revenus des résidents, les coûts à leur charge seront répartis comme suit:
 - . Le premier mois qui suit l'installation du système : 1 200 FRW
 - . Du deuxième mois au vingt-cinquième mois : 200 FRW
- 4) Le gouvernement décidera du nombre de ménages pour qui les frais d'installation du système pourront être financés en fonction des fonds budgétaires disponibles.

(5) Profil des installations d'alimentation en eau

Le profil des installations d'alimentation en eau du Système 4 se présente comme suit:

Tableau 6.11 Profil du Système 4

<u>Commune</u>	<u>Superficie</u>	<u>Installations de Collecte des eaux de pluie</u>
Rukara	50 km ²	1,430
Kayonza	100 km ²	743
Rutonde	5 km ²	151
Kabarondo	40 km ²	850
Kigarama	30 km ²	606
Rukira	40 km ²	663
Birenga	25 km ²	645
Rusumo	200 km ²	3,263
Total	490 km ²	8,351

