

## FACTEURS D'ÉQUIVALENCE DES UNITÉS DE MESURE

Unité	Comparaison	Equivalent Anglais
<b>Unités de Longueur :</b>		
Millimètre(mm)	0,001 m	0,0394 pouce
Centimètre(cm)	0,01 m	0,3937 pouce
Mètre(m)	1 m	2800 pieds
Kilomètre(km)	1.000 m	0,6213 Mille
<b>Unités de Surface :</b>		
Centimètre carré(cm <sup>2</sup> )	0,0001 m <sup>2</sup>	0,155 pouces carrés
Mètre carré(m <sup>2</sup> )		10,764 pieds carrés
Hectare(ha)	10.000 m <sup>2</sup>	2,471 acres
Kilomètre carré(km <sup>2</sup> )	1.000.000 m <sup>2</sup>	0,3861 milles carrés
<b>Unités de Volume :</b>		
Centimètre cube (cm <sup>3</sup> )		0,061 pouce cubes
Litre(l)	1.000 cm <sup>3</sup>	30,264 gallon américain (0,21997 gallon)
Mètre cube	1.000 l	35,3145 pieds cubes
<b>Unités de Poids :</b>		
Gramme(g)		0,0353 ounce
Kilogramme(kg)	1.000 g	2,2046 livres
Tone(t)	1.000 kg	2.204,6 livres

## LES UNITÉS DE MESURE

mm	:	millimètre(s)
cm	:	centimètre(s)
m	:	mètre(s)
km	:	kilomètre(s)
cm <sup>2</sup>	:	centimètre(s) carré(s)
m <sup>2</sup>	:	mètre(s) carré (s)
km <sup>2</sup>	:	kilomètre(s) carré(s)
l	:	litre(s)
m <sup>3</sup>	:	mètre(s) cube(s)
l/s	:	litre(s) par seconde
m/s	:	mètre(s) par seconde
PPM ou ppm:	:	part per million
g	:	gramme(s)
kg	:	kilogramme(s)
t	:	tonne(s)
m <sup>3</sup> /s	:	1.000 l/s = 35,3145 pieds cubes par seconde = 15,850 gallons américains par minute
m <sup>3</sup> /s/j	:	8,64 mm de profondeur sur 10 km <sup>2</sup>
s	:	seconde(s)
min	:	minute(s)
h	:	heure(s)
Max	:	maximum
Min	:	minimum
p.a.	:	par an
%	:	pourcent
No. ou no.:	:	numéro
Nbre	:	nombre
C	:	degré centigrade
F	:	degré Fahrenheit
KW	:	kilowatt
KWh	:	kilowattheure (s)
NS	:	sous niveau du sol
EL	:	élévation au dessus du niveau de la mer
NM	:	niveau de la mer
NHE	:	niveau haut de l'eau
NBE	:	niveau bas de l'eau
ES	:	l'eau souterraine
NES	:	niveau de l'eau souterraine
CE	:	conductivité électrique
EV	:	evapotranspiration
pH	:	potentiel d'hydrogène
CO <sub>2</sub>	:	dioxyde de carbone
NH <sub>4</sub>	:	ammonium
N	:	azote
Ms	:	matières en suspension
Cl	:	chlore
NO <sub>2</sub>	:	nitrite
NO <sub>3</sub>	:	nitrate
SO <sub>4</sub>	:	sulfate
PO <sub>4</sub>	:	phosphate
Ca	:	calcium
Mg	:	magnésium
Mn	:	manganèse

Fe : fer  
O/M : opération et maintenance  
AF : l'année fiscale  
TREI(EIRR): taux de rentabilité économique interne  
TRFI(FIRR): taux de rentabilité financière interne  
B/C : rapport bénéfice sur le coût  
VNA : valeur nette actuelle  
FRW : Franc(s) Rwandais  
\$US : Dollar(s) Américain(s)  
1 \$US = 128 FRW = 135 YJ(August 1992)  
¥ : Yen Japonais



CHAPITRE 1  
INTRODUCTION



## 1. INTRODUCTION

### 1.1 CADRE DE L'ÉTUDE

L'eau est un élément indispensable à toute forme de vie. L'alimentation stable en eau potable et son accessibilité à tous est donc d'une importance capitale pour la santé de l'homme.

L'année 1981 a été déclarée "année de l'hydraulique rurale" par le Chef de l'État, dans le cadre de la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement établie par les Nations Unies, avec pour objectif de procurer de l'eau potable à tous à l'horizon de l'an 2.000.

Malgré tous les efforts déployés, un nombre important de régions n'a toujours pas accès à l'eau potable, et il n'est pas rare de voir des sources d'eau potable sans protection, spécialement dans les milieux ruraux. Au Rwanda, la majorité de la population dépend encore largement des sources d'approvisionnement traditionnelles - eau des petites sources, eaux superficielles des rivières et lacs - et les maladies liées à l'eau, telles que les diarrhées par exemple, restent une cause importante de mortalité infantile (enfants de moins de cinq (5) ans). Par conséquent, pour améliorer les conditions de vie et d'hygiène de la population, il est impératif de lui fournir une eau potable de bonne qualité.

La Préfecture de Kibungo qui est située dans la région orientale du Rwanda et qui fait l'objet de la présente étude est la plus défavorisée de toutes les Préfectures du pays.

L'approvisionnement en eau potable est l'une des plus importantes composantes du programme de développement du milieu rural. Pour cela, le gouvernement de la république du Rwanda s'est fixé la tâche de redresser la situation de l'alimentation en eau potable dans la Préfecture de Kibungo.

En 1982, le gouvernement rwandais a adressé une requête au gouvernement japonais portant sur l'étude du projet d'alimentation en eau potable du milieu rural. En réponse à cette requête le gouvernement japonais a confié cette étude à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA). La JICA a effectué l'étude au terme de laquelle, en 1984, fut proposé un plan d'alimentation en eau potable de la région orientale (Phase I,II) jusqu'à l'année 1990.

La phase I du plan, qui comprend 72 forages a été exécutée de 1986 à 1989 par le biais de la coopération financière non remboursable du Japon. La Phase II sera mise en place par le gouvernement rwandais.

En 1988, le gouvernement du Rwanda a formulé une nouvelle requête au gouvernement du Japon pour exécuter l'étude de la phase III, qui comprend les études complémentaires de la Phase II et l'établissement d'un programme intégré d'alimentation en eau potable de toute la Préfecture de Kibungo.

En réponse à cette requête, le gouvernement du Japon a décidé d'entreprendre l'étude du «projet d'alimentation en eau potable en milieu rural de la région orientale du Rwanda - Phase III» (ci-après dénommée l'Étude), conformément à la législation et aux réglementations en vigueur au Japon. L'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA), qui est l'agence officielle responsable de l'exécution des programmes de coopération technique du gouvernement japonais, prendra l'étude en charge en étroite collaboration avec les autorités du gouvernement rwandais.

Le Ministère des Travaux Publics, de l'Énergie et de l'Eau (MINITRAPEE) assurera la contrepartie à la mission d'étude japonaise et sera l'organisme gouvernemental chargé de veiller à sa bonne exécution.

En Décembre 1988, la JICA a envoyé une mission au Rwanda pour effectuer les investigations préliminaires et discuter le contenu de l'étude. Un plan de travail a été accepté par l'administration rwandaise et la mission de la JICA le 17 Décembre 1988.

## 1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les objectifs de l'étude tels que définis dans le plan de travail sont les suivants:

- (1) formuler le plan de base pour une alimentation en eau potable en milieu rural et préparer le plan d'alimentation (Phase III) de la région orientale du Rwanda.
- (2) assurer, au cours de l'étude, le transfert technologique à la contrepartie rwandaise.

### 1.3 SPHERE DE L'ÉTUDE

La Préfecture de Kibungo (superficie : 4 134 Km<sup>2</sup>, population: 433 000 en 1988) est située dans la partie orientale du Rwanda. Les précipitations moyennes annuelles y sont estimées à 960 mm, l'altitude moyenne au dessus du niveau de la mer varie entre 1 300 m et 1 500 m. C'est l'une des préfectures les moins développées du pays.

Le problème constant de cette préfecture est la carence en eau potable et les maladies liées à la pollution de l'eau.

La zone de l'étude (2 667 Km<sup>2</sup>) recouvre une partie de la Préfecture de Kibungo, à l'exception de la région du Parc National de l'Akagera (1 465 Km<sup>2</sup>) et des deux villes (Kibungo et Rwamagana) qui sont déjà desservies par des systèmes d'alimentation en eau potable existants.



CHAPITRE 2  
CONJONCTURE  
DU  
PROJET



## 2. CONJONCTURE DU PROJET

### 2.1 CONJONCTURE DU PAYS

#### 2.1.1 Conditions physiques

##### GÉNÉRALITES

##### (1) Conditions générales

La république du RWANDA est située au centre du continent africain, entre 1° et 3° de latitude sud, et 29° et 31° de longitude est. Son territoire couvre une superficie de 26.338 km<sup>2</sup>; il est bordé au nord par la république d'Uganda, au sud par la république du Burundi, à l'est par la république unie de TANZANIE, et à l'ouest par la république du Zaïre. Des frontières naturelles sont formées à l'ouest par le lac Kivu, au nord par les chaînes de montagnes volcaniques, à l'est et au sud par le fleuve Akagera.

Les parties nord et ouest du pays se caractérisent par une chaîne de hautes montagnes volcaniques recouvertes d'une épaisse jungle et de forêts naturelles, où la plupart des cours d'eau et rivières qui traversent le pays prennent leur source. De nombreux lacs volcaniques se sont formés dans la région, le plus important étant le lac Kivu, dont les eaux sont limpides.

Le centre et le sud du pays présentent un relief de collines douces et de petites plaines ondulées cultivées ou recouvertes de brousse. Le sud-est et l'est sont en partie constitués de plateaux et de brousse avec de nombreux marécages et lacs.

Bien que le pays soit proche de l'équateur, les températures annuelles moyennes sont de l'ordre de 22°C et les précipitations moyennes à Kigali, la capitale, de l'ordre de 1000 mm. L'année est divisée en quatre saisons qui ne présentent pas toutefois de grandes variations de température: deux saisons des pluies et deux saisons sèches.

## (2) Situation actuelle des ressources en eau

Même si le Rwanda possède de nombreux lacs et d'importantes ressources hydrauliques, un certain nombre de problèmes se posent quant à l'utilisation des eaux de surface:

- . Les eaux de surface sont contaminées par les eaux usées domestiques.
- . Les zones résidentielles sont souvent situées sur les hauts plateaux
- . Les connaissances techniques des résidents en ce qui a trait à l'exploitation et la maintenance des réseaux ne sont pas approfondies; leurs moyens financiers sont par ailleurs insuffisants.

Pour les raisons sus-mentionnées, les sources, qui fournissent une eau de bonne qualité pouvant être distribuée par gravité, et les importantes nappes aquifères du pays seront préférées pour les installations d'alimentation en eau des zones rurales du fait de leur potentiel d'exploitation très élevé; d'ailleurs la plupart des installations d'alimentation hydraulique en place utilisent actuellement les eaux de source.

Dans les régions ouest et nord qui sont les plus pluvieuses, les précipitations annuelles moyennes dépassent les 1000 mm. Les pluies sont suffisamment abondantes et les bassins hydrographiques suffisamment importants pour garantir un bon rendement des sources.

Cependant, dans l'est du pays, du fait d'une plus faible pluviométrie et de la nature accidentée du terrain, les résidents sont obligés de s'alimenter par les eaux de surface.

### 2.1.2 Conditions sociales

#### (1) Profil historique

C'est le 1<sup>er</sup> juillet 1962 que le Rwanda a obtenu son indépendance de la Belgique.

Le Rwanda est entré dans le groupe des pays non-alignés; il entretient des relations amicales avec la plupart des puissances de l'est et de l'ouest bien que, au titre de l'aide économique, le pays préfère faire appel à l'aide technique et aux dons des pays occidentaux tels que la Belgique, la France et l'Allemagne.

En octobre 1990, un groupe armé de réfugiés, qui était déjà entré en Uganda, force les frontières du Rwanda et entame une révolte qui sera matée par le gouvernement. Les conséquences de cette rébellion furent assez graves pour l'Etat, soulevant notamment le problème du retour des réfugiés.

## (2) Structure administrative

Le gouvernement central du Rwanda est constitué du Bureau de la présidence et de dix-sept ministères.

Le pays est divisé en dix préfectures avec un préfet à la tête de chacune, lequel est nommé par le président. Chaque préfecture est elle-même divisée en communes de 30 000 à 40 000 habitants avec un bourgmestre nommé lui aussi par le président. Les communes sont subdivisées en secteurs de 3.000 habitants environ, chaque secteur étant constitué de communautés de voisinage, appelées cellules, qui regroupent de 50 à 100 familles. La commune est la plus petite unité autonome, et dispose de son propre budget.

## (3) Population

Selon les informations fournies par le ministère du Plan (données de 1988), la population du Rwanda s'élève à 6.750.000 habitants, et son taux de croissance démographique moyen depuis 1978 est de 3,3%, un des plus forts d'Afrique. En 1990, la répartition par groupes d'âge donnait 51,0% de 0 à 14 ans, 45,0% de 15 à 65 ans, et 4% de plus de 65 ans. La population active (à partir de 15 ans) était estimée à 3 190 000 personnes en 1986.

Le gouvernement du Rwanda a créé l'Office National de la Population (ONAPO), organisme chargé de promouvoir le planning familial et d'enseigner les méthodes contraceptives.

## (4) Main d'oeuvre

Le marché du travail est dominé par le secteur agricole qui est le plus gros fournisseur d'emplois; il occupait à lui seul plus de 90% de la population active en 1986. En 1980, le secteur agricole fournissait 93% des emplois, le secteur industriel 3% et les services 4 %.

## 2.2 INDICATEURS ÉCONOMIQUES

Le Rwanda est un pays agricole type. Les produits les plus couramment cultivés sont la banane, les haricots et la pomme de terre, tous destinés à la consommation interne. Les cultures industrielles d'exportation sont le café et le thé, et constituent plus de 50% du montant total des exportations du pays.

Entre 1982 et 1986, la croissance du PIB avait été de 4% par an en moyenne. Une chute à 1,8% était enregistrée entre 1983 et 1984, mais, au cours de la période qui suivit, l'économie rwandaise se redressait et totalisait une croissance moyenne de 8%. En 1987, le PIB par habitant était d'environ 310 \$ US.

Le commerce extérieur du Rwanda est dominé par les exportations de cultures industrielles et de produits miniers. La balance du commerce extérieur accuse un déficit de 78,06 millions de SDR (1986), les exportations (FOB) s'élevant à 159 millions de SDR et les importations (FOB) à 236 millions de SDR. En 1982 et 1983 le déficit commercial s'est creusé du fait de la chute des prix du café sur le marché international. Entre 1983 et 1986 il se maintenait entre 60 et 90 millions de SDR. Le déséquilibre commercial s'est poursuivi entre 1986 et 1990.

La balance des paiements extérieurs (y compris les revenus des capitaux à long terme) de 1986 accusait un surplus de 27,540 millions de FRW, une augmentation de 31,280 millions par rapport à l'année précédente (3,74 millions).

Même si les réserves internationales nettes de 1987 étaient de 164,19 millions de \$ US, la dette extérieure a été augmentée.

Le solde de la dette extérieure était de 439 millions de \$ US en 1986, alors que les réserves en devises étrangères étaient de 162 millions de \$ US. On remarque donc que les deux sont en augmentation. Le taux de service de la dette (SDR) était de 7,6% en 1986, le taux de change du FRW de 73,02 \$ US en 1987.

Le taux de change de la monnaie locale (FRW) a chuté de 80 FRW à 120 FRW par rapport au dollar américain en novembre 1990 à la suite des troubles intérieurs. En août 1991, il était de 128 FRW.

La masse monétaire a augmenté de 13,7% par an entre 1984 et 1986. Elle était de 26,48 milliards en 1986.

L'augmentation annuelle des prix à la consommation, relativement stable, s'est maintenue à moins de 7% entre 1983 et 1987. L'indice des prix à la consommation de 1987 par rapport à 1982 (indice 100) était de 115,2%, et le taux annuel d'augmentation estimé à 3,9% en moyenne.

Mais les soulèvements ont eu pour conséquence d'augmenter les prix à la consommation. Entre octobre 1990 et juillet 1991 les prix des produits importés ont été multipliés par 1,9 et les prix des produits locaux par 1,2 voire même jusqu'à 1,5.

En 1987 les revenus du Rwanda étaient de 29.520 millions FRW (revenus ordinaires), les dépenses de 37.320 millions FRW (dépenses courantes 11.750 millions), avec un déficit de 7.750 millions ce qui représente une augmentation de 1.070 millions par rapport à l'année précédente. La dette était contractée envers des bailleurs de fonds intérieurs (40%) et extérieurs (60%).

Les dépenses totales des ministères du gouvernement se sont élevées à 20.702 millions de FRW en 1987.

## 2.3 INDICATEURS DE SANTÉ

### 2.3.1 Conditions de santé et d'hygiène

L'indice de santé et d'hygiène publiques est inférieur à l'indice moyen des autres pays d'Afrique, et par conséquent dénote une insuffisance notoire.

Les conditions d'hygiène sont pratiquement identiques à celles qui prévalent en Afrique Centrale, bien que l'on observe quelques améliorations au niveau de la santé publique qui se soldent par une diminution de la mortalité infantile et une augmentation de la longévité.

Le MINISANTE s'efforce de réaliser des objectifs visant à améliorer la santé et l'hygiène publiques :

- . Amélioration des hôpitaux et des centres de soins
- . Formation de personnel de soins et de santé publique
- . Amélioration des fournitures et inventaires médicaux
- . Promotion de l'éducation sociale en matière de santé et d'hygiène

### 2.3.2 Maladies principales

Les maladies les plus courantes relevées au Rwanda sont la malaria, la diarrhée, la pneumonie et la gastrite, avec une nette prédominance des maladies liées à l'eau. Il est donc important de souligner l'importance de l'eau potable sur la santé.

### 2.3.3 Assainissement

Le taux d'utilisation de toilettes avec fosses sèches est de 84% en zone rurale et dans les petites villes. Ce chiffre est très élevé par rapport aux pays voisins, et est d'ailleurs plus important dans les zones rurales que dans les zones urbaines. Cependant, selon un rapport effectué par le plan de MINISAPASO, le taux d'utilisation des toilettes ne reflète pas avec exactitude la situation sanitaire du pays. En effet les maladies sexuelles et les maladies contagieuses dominent.

## 2.4 PLAN DE DÉVELOPPEMENT NATIONAL

### 2.4.1 Profil du plan

Depuis son indépendance en 1962, le gouvernement du Rwanda a lancé les plans de développement suivants :

- 1) Premier plan quinquennal de développement économique, social et culturel (1966-1970)
- 2) Deuxième plan quinquennal de développement économique, social et culturel (1977-1981)
- 3) Troisième plan quinquennal de développement économique, social et culturel (1982-1986)
- 4) Quatrième plan quinquennal de développement économique (en cours de préparation)

Les principales données du quatrième plan quinquennal de 1987 à 1991 ont été annoncées en novembre 1986. Les différents éléments du plan ont été élaborés par MINIPLAN, qui s'est appuyé pour ce faire sur les stratégies de développement propres à chaque ministère.

Dans ce plan, les projets d'alimentation domestique en eau devaient avoir la même priorité que dans le troisième plan quinquennal.

## **2.4.2 Stratégie de développement du secteur d'alimentation en eau**

### **(1) Généralités**

Le gouvernement du Rwanda accorde la plus grande importance aux projets d'alimentation en eau car leur réalisation permettra de fournir de l'eau potable à tous les Rwandais. Une série de projets a été mise en oeuvre dès 1981, en premier lieu dans les régions orientales les plus défavorisées.

La politique hydraulique du gouvernement met l'accent sur le développement de petites sources avec des systèmes de distribution par gravité et, si nécessaire, l'introduction de systèmes de pompage et d'installations de traitement des eaux en supplément. D'ailleurs certaines unités sont déjà installées.

### **(2) Stratégie du quatrième plan quinquennal**

En 1988, le MINITRAPEE a annoncé les stratégies de développement des secteurs qui formeront la base du quatrième plan quinquennal. Ces stratégies comprennent quatre domaines d'action : l'alimentation en eau, les routes, l'énergie, et l'urbanisme.

Les projets devant être mis en oeuvre lors du quatrième plan quinquennal, et qui concernent l'alimentation en eau, mettent surtout l'accent sur la formation des ingénieurs et sur la promotion de l'éducation villageoise.

## **2.5 STRUCTURE DE SECTEUR**

### **2.5.1 Établissement des services de l'eau**

#### **(1) MINITRAPEE**

Le secteur hydraulique est pris en charge par le ministère des Travaux Publics, de l'Énergie et de l'Eau (MINITRAPEE). Le MINITRAPEE est constitué de quatre directions générales et d'un secrétariat général.

La Direction Générale de l'Eau (DGE, établi en 1984), une des directions du MINITRAPEE, est responsable de la planification générale, de la coordination et de la supervision des projets d'exploitation des ressources en eau et d'alimentation en eau. La direction générale de

l'eau est constituée des 4 départements suivants:

- Secrétariat
- Département planification (DP)
- Département de l'hydraulique urbaine et assainissement
- Département de l'hydraulique rurale

Les actions de la DGE sont les suivantes:

- . Renforcer les organismes et former les ingénieurs pour le développement domestique de l'eau
- . Planifier, étudier et préparer les rapports techniques des projets d'alimentation en eau.
- . Étudier les ressources hydrauliques
- . Promouvoir l'éducation des populations

## (2) Ministères et agences d'exécution

Les agences d'exécution liées aux projets d'hydraulique sont les suivantes:

ELECTROGAZ:	Responsable du fonctionnement et de la gestion des installations hydrauliques urbaines
MINIPLAN :	Responsable de la planification et du support financier des projets d'hydraulique rurale
MINAGRI :	Responsable des secteurs des aménagements hydro-agricoles
MININART :	Responsable de la gestion des données hydrogéologiques
MINISANTE :	Responsable de la gestion des services d'hygiène et de santé publique
MININTER :	Responsable de l'aide financière pour les petits projets d'alimentation en eau dans les communes

### 2.5.2 Structure de la gestion hydraulique

Actuellement, la gestion des installations d'alimentation en eau est assurée par des groupes composés d'administrateurs de commune et d'utilisateurs, par des groupes privés villageois et par les comités rattachés au problème de l'eau.

(1) Organisations gouvernementales

ELECTROGAZ est une société publique créée au départ pour les services d'électricité, de gaz et d'eau, dont les activités sont en général limitées aux zones urbaines; elle contrôle cependant aussi les activités des usines sophistiquées en milieu rural, rôle appelé à s'étendre. ELECTROGAZ est placé sous la juridiction du MINITRAPEE.

(2) Organisations non-gouvernementales

Les deux plus grandes sociétés non-gouvernementales qui s'occupent de gestion hydraulique sont COFORWA et SVN. Ces sociétés ont développé 93% des systèmes d'adduction d'eau de la zone rurale depuis 1984.

AIDR (Association internationale de développement rural)  
(Société privée belge)

Autrefois, la construction, la gestion, l'exploitation et la maintenance des systèmes d'alimentation d'eau potable de la zone rurale étaient confiées à l'AIDR. Mais en 1985, du fait de la création d'organismes non-gouvernementaux rwandais, l'AIDR a cessé ses activités dans le pays.

COFORWA (Compagnons fontainiers Rwandais)

COFORWA, la plus puissante organisation non-gouvernementale du Rwanda, déploie ses activités sur l'ensemble du pays.

Société à but non lucratif créée en 1981, elle est soutenue par des commanditaires financiers (gouvernement du Rwanda et organisations non-gouvernementales étrangères).

Au cours de ces dernières années, COFORWA a créé des organisations d'utilisateurs des réseaux, lesquelles sont chargées de superviser l'utilisation des systèmes d'alimentation en eau et de gérer, exploiter et entretenir les installations construites.

SVN (Organisation de volontaires Hollandais)

La SVN a débuté ses activités au Rwanda en 1978. Depuis 1979 elle participe aux projets d'adduction d'eau en milieu rural rwandais.

En 1980, au terme d'un accord avec le gouvernement du Rwanda, les activités de la SVN au Rwanda étaient placées sous la juridiction du gouvernement rwandais. L'accord a été ratifié en 1982.

### 2.5.3 Organisations internationales

Les organismes internationaux qui participent au développement des ressources hydrauliques du Rwanda et au développement des systèmes d'alimentation domestiques sont les suivants:

- . Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD)
- . Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF)
- . Organisation Mondiale de la Santé (OMS)
- . Banque Mondiale (IBR)
- . Association pour le Développement International (IDA)
- . Banque Africaine de Développement (BAD)
- . Fonds Européen de Développement (FED)
- . Fonds d'Aide et de Coopération Française
- . Association Internationale de Développement Rural (AIDR) - Belgique
- . Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)

L'UNICEF fournit l'aide financière nécessaire au développement des sources naturelles de la zone rurale du Rwanda, et coopère à la préparation des plans directeurs de développement des ressources hydrauliques de l'ensemble du pays.

L'OMS fournit des directives pour la préparation des normes de qualité de l'eau et des normes de santé et d'hygiène. La Banque Mondiale finance des projets de développement des réseaux d'adduction d'eau en zone urbaine. Cet organisme a aussi financé l'Étude Complète des installations d'adduction d'eau existantes en milieu rural.

L'AFDB coopère à la création d'une usine de fabrication de produits chimiques pour le traitement de l'eau, et envisage de financer le projet de construction des systèmes d'alimentation en eau dans la région des laves avec la Banque Mondiale, la Caisse Centrale de Coopération Economique, la Banque Arabe de Développement Economique en Afrique et l'Autriche.

## **2.6 SITUATION ACTUELLE ET PLAN POUR LE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR D'ALIMENTATION EN EAU**

### **2.6.1 Situation actuelle**

Le taux de couverture des besoins en eau potable, qui était de 37% en 1981, est passé à 64% en 1986, année d'achèvement du troisième Plan national de développement, donnant accès à 48% de la population du Rwanda à des eaux de sources améliorées. Le taux de couverture des réseaux d'adduction par canalisations permettait de desservir 16% de la population en eau courante.

En 1985, il existait 292 systèmes d'alimentation simples dans les zones rurales, dont 243 étaient des systèmes à écoulement gravitaire (6 d'entre eux étaient munis de systèmes de purification). La longueur totale de canalisations était de 3 939 km et le nombre de dérivations de 2 459 unités. Ces systèmes fournissent 44 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour, donc, si on prend la moyenne de 80 litres par jour et par ménage, on en conclut qu'environ 555 000 ménages avaient accès au réseau.

### **2.6.2 Stratégies et réalisations du troisième plan de développement national**

Au Rwanda, les actions qui visent à l'amélioration des réseaux hydrauliques sont menées par le MINITRAPEE. Le pays a pour objectif prioritaire de fournir de l'eau potable à toute la population du Rwanda. Pendant la période du troisième plan quinquennal de développement économique, social et culturel, des sommes plus importantes que prévu ont été investies dans le secteur de l'alimentation en eau.

Les projets et actions les plus importants de ce plan sont les suivants:

- 1) Projets de développement en milieu urbain : 9
- 2) Projets de développement en milieu rural : 16
- 3) Projets nationaux : 5

L'état d'avancement des projets en milieu rural se présente comme suit:

Projets achevés	8
Projets en cours d'achèvement	1
Projet à l'étude avec fonds alloués	1
Projet en attente de financement	3
Projet au stade d'étude	1
Projets au stade de la planification	2

**Budget planifié et alloué**  
(dans le secteur de l'alimentation en eau pendant la période du troisième plan quinquennal)

Unité: Millions de FRW.

Catégorie	Montant		Montant réellement alloué					Total
	prévu		1982	1983	1984	1985	1986	
Zone urbaine	1930		147,2	176,0	292,0	684,8	690,2	1990,3
zone rurale	1200		341,5	256,3	554,0	339,2	664,6	2155,6
Total	3130		488,7	433,3	846,0	1024,0	1354,9	4145,9

Source: Rapport d'évaluation du troisième plan quinquennal de développement économique, social et culturel (1982-1986), MINIPLAN 1988

## 2.7 SITUATION FINANCIÈRE DU SECTEUR

### (1) Budget du MINITRAPEE

Le budget gouvernemental de 1984 s'est élevé à 18,65 milliards de FRW (192 millions de \$ US). La part de MINITRAPEE a été de 6,8% (1,25 milliards de FRW soit 13 millions de \$ US). Le budget de la Direction Générale des Eaux n'était que de 70 millions de FRW (720.000 \$ US), soit 5,6% du budget du MINITRAPEE. Sur le budget de la DGE, 30 millions de FRW (310.000 \$ US) ont été affectés aux projets d'alimentation en eau en milieu rural. Ces montants paraissent insuffisants pour résoudre les problèmes d'hydraulique rurale.

Pour améliorer les systèmes d'alimentation en eau des milieux ruraux il faudra faire appel à l'aide des gouvernements étrangers et des organismes internationaux.

L'assiette budgétaire de ces deux organismes est indiquée ci-après:

Unité : 1000 FRW

Année fiscale	Budget de l'ETAT	Minitrapee	DGE
1986	25340	1543	159
1987	36922	1405	85
1988	39909	1464	104
1989	36455	-	-

## 2.8 AIDE EXTERIEURE

### 2.8.1 Pays du CAD

Entre 1977 et 1986, le montant de l'aide au Rwanda des pays du CAD et des organismes internationaux s'est élevé à 1 535 milliards de \$ US, dont 78% sous forme de dons (avec une part de 34% pour la coopération technique), le reste, soit 22%, sous forme de prêts.

L'aide la plus importante fut fournie par le gouvernement Belge qui a donné 277 millions de \$ US (28,5% de l'aide totale).

Parmi les organismes internationaux qui fournissent une aide, la Communauté Européenne vient en première place des bailleurs de fonds avec une aide de 171 millions de \$ US (30,1% de l'aide totale), suivie par la Banque Mondiale (164 millions de \$ US - 29,1% de l'aide totale).

Pendant les deux années 1985 et 1986, les pays donateurs les plus importants ont été dans l'ordre, la Belgique, l'Allemagne (ancienne Allemagne de l'Ouest), les États Unis et la France. Pendant cette période la Banque Mondiale était l'organisme international le plus actif.

### 2.8.2 L'Aide du Japon et le projet d'hydraulique rurale

L'aide du Japon pendant la période de 1983 à 1987 fut de 5 367 millions de Yens. En 1986, dans le cadre de l'aide, a démarré un projet d'alimentation en eau de la zone rurale de la région orientale et 568 millions de Yens ont été donnés de 1986 à 1988.

Entre 1984 et 1985, la JICA a entrepris l'étude du projet d'alimentation en eau de la zone rurale de la région orientale, qui a abouti à la réalisation de la phase I du projet.

Cette phase I a vu la réalisation de 72 puits, dont un muni d'un simple système de distribution d'adduction, les 71 autres équipés de pompes manuelles. Ce projet a également permis de finaliser la construction de cuves de stockage des eaux de pluie.

## CHAPITRE 3

### LA ZONE DE L'ÉTUDE



### 3. LA ZONE DE L'ETUDE

#### 3.1 GÉNÉRALITÉS

La zone de l'étude couvre l'ensemble de la Préfecture de Kibungo à l'exception du Parc National de l'Akagera et des localités qui sont déjà dotées d'un réseau hydraulique.

##### Localisation et population

La zone de l'étude est située à environ 50 Km au sud-est de Kigali, capitale du Rwanda, dans la préfecture de Kibungo, entre 1 40' et 2 25' de longitude Sud et 30 15' et 30 55' de latitude Est. La préfecture couvre une superficie d'environ 4.130 Km<sup>2</sup>.

La zone comprend 11 communes (120 secteurs) avec une population totale de 433.000 habitants (données de 1988).

##### Accessibilité

L'accès principal à la Préfecture de Kibungo se fait par une route nationale, qui relie la zone à Kigali. Sur la zone de l'étude des routes locales rejoignent cette artère nationale (Voir section 3.3.3 pour les détails du réseau routier). En général, les grands cours d'eau sont assez peu utilisés pour le transport fluvial.

#### 3.2 ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

##### 3.2.1 Topographie

La zone de l'Étude est constituée de montagnes et de collines d'une altitude variant entre 1300 et 1800 m. Les montagnes et collines en plateau se sont progressivement érodées et ont formé des pics et des crêtes qui dominent les nombreuses vallées encaissées sur une hauteur relative de 200 m.

Le terrain a été divisé en sept (7) catégories en fonction des aspects géographiques et du système de drainage. La répartition de ces catégories topographiques sur la zone de l'étude a permis de faire ressortir trois (3) régions géographiques, à savoir:

Les basses plaines: ces terres se trouvent aux alentours des principaux lacs et du fleuve Akagera. Quoique leur altitude se situe entre 1300 m et 1450 m, leurs hauteurs relatives sont inférieures à 50 m.

Terrain ondulé : ces terres se rencontrent largement dans la zone. Leur altitude varie entre 1350 m et 1700 m; leurs hauteurs relatives sont généralement de 200 m à 300 m.

Terrain montagneux: ces terres se retrouvent dans la partie sud-est de la zone de l'étude et sont principalement formées de quartzite. Leur altitude varie de 1350 m à 1800 m et leurs hauteurs relatives sont supérieures à 250 m.

### 3.2.2 Géologie

La zone de l'étude est recouverte de formations rocheuses précambriennes (schistes pélitiques, séricito-schistes, phyllades et quartzite), de roches granitiques immiscées dans des formations précambriennes, et de dépôts quaternaires désagrégés (sédiments des talus, alluvions des rivières/dépôts lacustres).

Dans la moitié ouest de la zone de l'étude, on retrouve principalement des schistes mélangés à des petits grès et des lits de quartzite; le terrain y est principalement ondulé. L'autre moitié, c.-à-d. la partie Est, est caractérisée par une large extrusion de quartzite, un relief montagneux avec affleurement des massifs granitiques en marge des plaines.

Les formations précambriennes sont classifiées en séries stratigraphiques avec de haut en bas la série de Miyove, la série de Byumba, et la série inférieure.

Les roches granitiques sont aussi divisées en 2 types, à savoir le granite altéré dans la partie sud-est et le gneiss autour des lacs. Quelques roches intrusives de dolérite sont dispersées entre la région du sud et la limite orientale de la zone.

Sur les formations précambriennes, on retrouve des zones altérées sous lesquelles se forment de fortes sections

fissurées pouvant atteindre près de 50m de profondeur. Plusieurs autres fissures de moindre importance atteignent des profondeurs assez considérables, qui pourraient aller jusqu'à 200 m.

Puisque les formations précambriennes proviennent de la plus vieille ère géologique, les textures primitives de la couche de roches sont très dures et imperméables. Par contre, les couches dures des zones altérées et les sections fissurées devraient constituer de bons réservoirs aquifères.

Dans certaines vallées, des formations quaternaires se sont déposées jusqu'à des profondeurs d'un peu moins de 30 m ; dans certaines de ces formations se forment de bons réservoirs aquifères grâce aux couches de gravier et de sable.

Les formations précambriennes s'étalent généralement dans la direction N-S, et piquent en profondeur dans la plupart des cas. On y rencontre aussi plusieurs plis dirigés sur l'axe NNE-SSO, ainsi que des failles en direction NNE-SSO. Peu de failles sont orientées en direction E-O.

La description hydrogéologique de la zone de l'étude est présentée au chapitre 4, "ÉVALUATION DES RESSOURCES HYDRAULIQUES".

### 3.2.3 Utilisation des terres

L'occupation des terres dans la zone de l'étude est conditionnée par les facteurs géographiques tels que leur emplacement, le relief et la répartition des précipitations, ces deux derniers étant les plus importants. Les terres de la zone d'étude ont été divisées en quatre(4) catégories :

#### A1: Sava ne avec terres agricoles

Ce sont des terres cultivées par assolements annuels qui ne dépendent que de la pluie (sans irrigation); on les retrouve en général, sur des terrains relativement élevés. Sur cette région, les prairies sont plus ou moins dispersées.

A2: Savane de moindre altitude avec terres agricoles  
L'utilisation des terres de cette région s'apparente à celle de la catégorie A1, exception faite de terres de culture sporadiquement irriguées largement dispersées dans les parties les plus basses.

F: Savane avec forêts

Cette région, à la topographie escarpée, est principalement recouverte de forêts clairsemées et de quelques surfaces rocailleuses

S: Marais/Terres marécageuses

On retrouve de larges étendues de terres marécageuses le long du fleuve Akagera et de ses affluents, sur une largeur allant de 1 à 5 km.

La répartition de ces terres sèches et surélevées est présentée au tableau ci-dessous.

- Terres Agricoles :	1 455 km <sup>2</sup>	( 55% )
- Pâturages :	88 km <sup>2</sup>	( 3% )
- Bois et Forêts :	1 124 km <sup>2</sup>	( 42% )
<hr/>		
Total	2 667 km <sup>2</sup>	(100%)

### 3.2.4 Météorologie

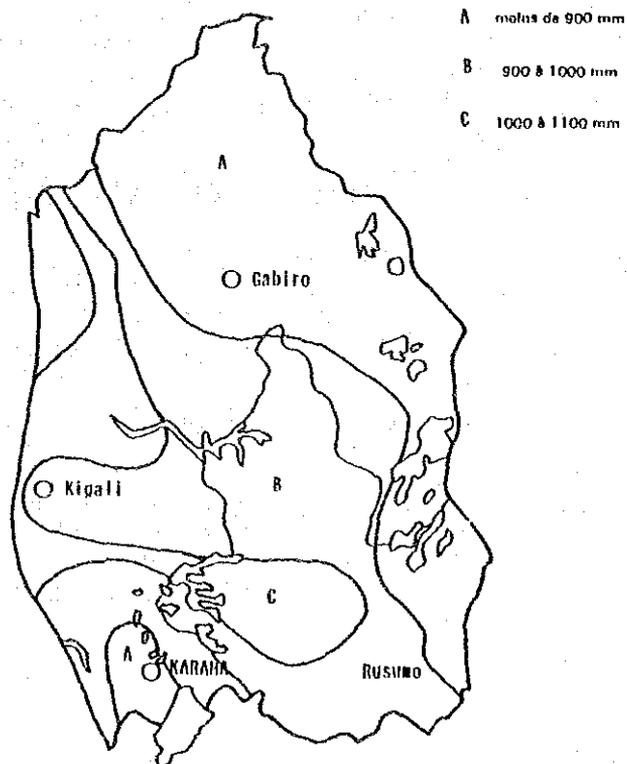
Bien qu'il existe des stations météorologiques à Kibungo et à Zaza, et quelques stations pluviométriques, aucune observation systématique n'a été faite jusqu'à présent à l'intérieur de la zone de l'étude (voir annexe C).

Caractéristiques météorologiques

Quoique située près de l'équateur, la zone de l'étude présente un climat plutôt doux (s'apparentant à celui des régions tempérées). Etant donné que les précipitations y sont sporadiques, on n'a pas établi de corrélation entre une région donnée et ses précipitations journalières. De plus, les précipitations mensuelles de chaque région présentent des écarts. Les statistiques des dix (10) dernières années nous montrent que c'est pendant le mois de mars qu'on retrouve les précipitations les plus élevées et que les régions orientales et le nord-est sont le moins arrosées.

L'année est divisée en quatre (4) saisons qui n'affectent pas d'une manière significative la variation des températures.

-saison pluvieuse: mi-mars à mi-mai; mi-sept. à mi-déc.  
-saison sèche : mi-mai à mi-sept.; mi-déc. à mi-mars.



#### Classification météorologique dans la zone de l'Etude

En se basant sur la hauteur des précipitations et sur la durée de la période sèche, la zone de l'étude peut être divisée en trois (3) catégories:

"Ia" dans les parties sud et orientale:

Les précipitations annuelles sont inférieures à 900 mm avec une saison sèche très longue.

"Ib" au centre:

Environ 1.000 mm de précipitations annuelles avec une courte saison sèche.

"Ic" dans les parties septentrionales:

Les précipitations annuelles sont de 1.000 mm avec une longue saison sèche et des précipitations intenses pendant la saison pluvieuse.

### Précipitations

Les précipitations maximales, de l'ordre de 1.351 mm par an, ont été enregistrées en 1982 à Zaza, au centre de la zone, et les minimales, de l'ordre de 640 mm par an, l'ont été en 1984 à Ruhanda, dans la partie nord de la même zone.

À la station de Kibungo, les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 1.000mm, moyenne qui descendra à environ 800 mm une fois tous les cinq(5) ans (5 ans étant la probabilité inférieure). En général, on enregistre les précipitations de plus de 70 mm par mois pendant la saison pluvieuse (mars-avril) et de moins de 20 mm pendant la longue saison sèche (juin-août).

Les moyennes mensuelles sont de 7,3 mm (en juillet) au plus bas de l'année, et de 161 mm (en mars) au plus fort de l'année. C'est donc dire qu'au mois de mars, les précipitations sont plus de dix(10) fois supérieures à celles de la saison sèche.

### Températures

Les températures moyennes annuelles sont de 20° C à 19° C, alors que les fluctuations à l'intérieur d'un mois ne dépassent guère 1° C. Lors de chaleurs extrêmes, le thermomètre peut atteindre jusqu'à 30° C, et descendra jusqu'à 11° C lors des journées les plus fraîches.

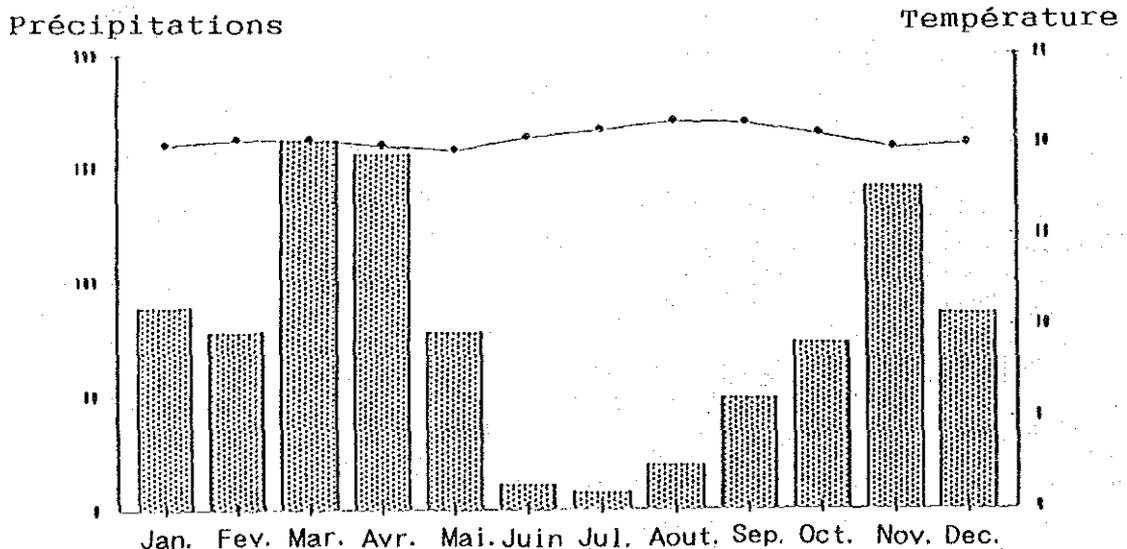


Fig. 3.1 Données climatologiques moyennes mensuelles

### Évaporation

Selon les données de Kigali, la moyenne mensuelle de l'évaporation se situe aux alentours de 96 mm, le maximum étant de 5,82 mm/jour en août; quant au minimum, il peut aller jusqu'à 1,92 mm/jour, en moyenne, pendant le mois d'avril.

### 3.2.5 Hydrologie

La zone de l'étude est divisée en onze(11) bassins versants:

Tableau 3.1 Les Bassins Versants de la zone de l'étude

Bassin	Nom du bassin	Superficie (km <sup>2</sup> )
A	Bassin de la Rivière Ngungu	349
B	Bassin du Lac Muhazi	346
C	Bassin de la Rivière Nyankora	502
D	Bassin du Lac Nasho	267
E	Bassin du Lac Mugesera	432
F	Bassin du Lac Sake	420
G	Bassin du Lac Kabavubyi	167
H	Bassin de la Rivière Rwagitugusa	658
I	Bassin sud de la Rivière Akagera	226
J	Bassin sud-est de la Rivière Akagera	161
K	Bassin est de la Rivière Akagera	152
total		3 680

on constate que le temps de concentration des débits de ruissellement est relativement court lorsque les eaux de ruissellement se jettent dans la rivière du fait de la topographie fortement inclinée des connections et qu'il devient plus long au moment d'emprunter le lit de la rivière, du fait que la topographie devient plate.

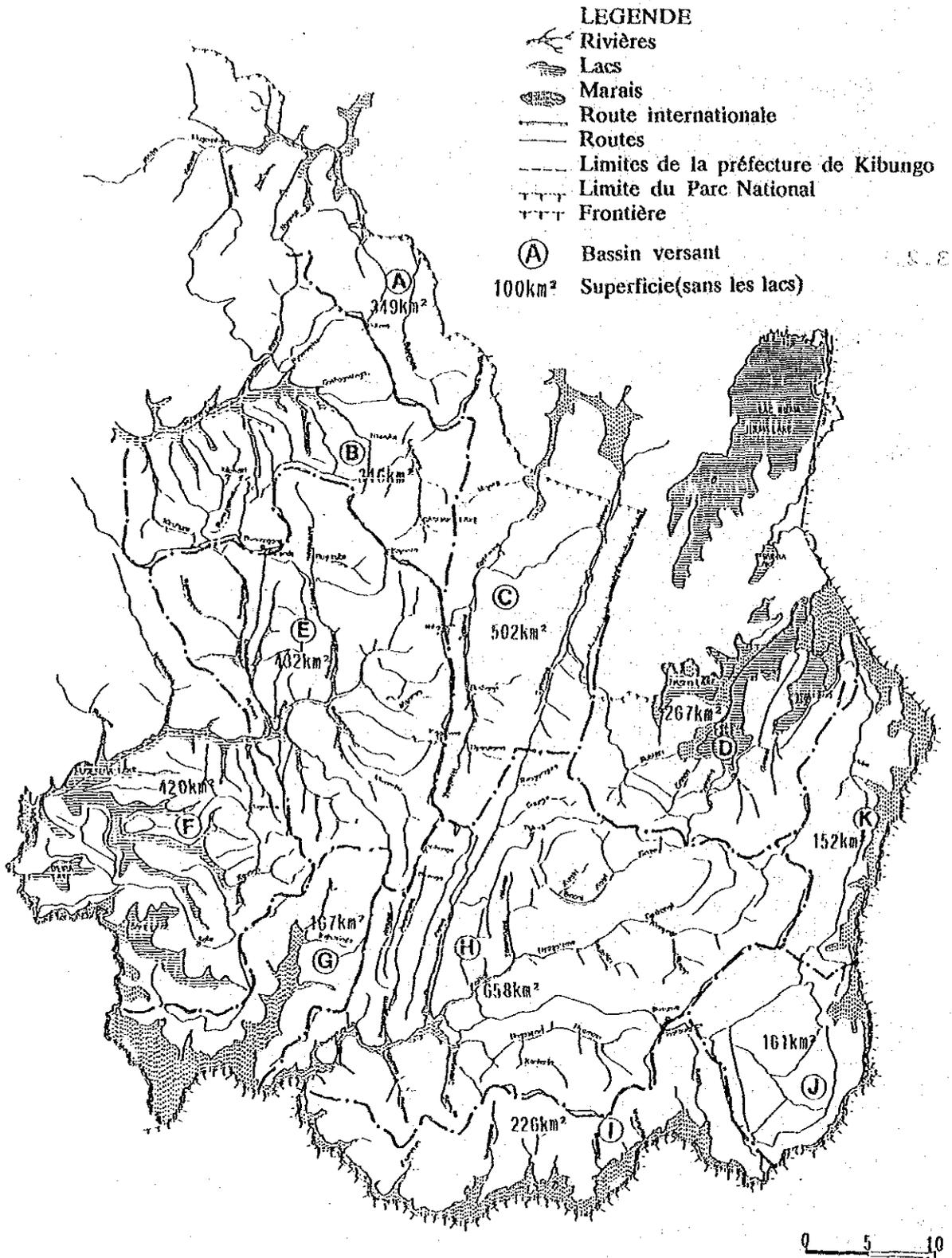
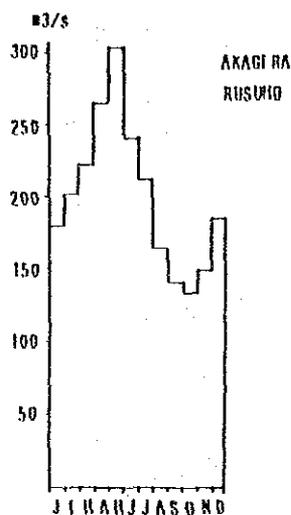


Fig. 3.2 Hydrographie et Bassins versants

Les caractéristiques des débits de ruissellement dans la zone de l'étude sont estimées comme suit:

- Ruissellement direct: après les précipitations de plus de 20 mm/j; changement très distinct et rapide.
- Ruissellement souterrain: écoulement souterrain des débits de pointe continue pendant plus d'une semaine.
- Ruissellement de base: il est estimé à 1,4 m<sup>3</sup>/s (587 m<sup>3</sup>/j/km<sup>2</sup> = 0,6 mm/j<sup>9</sup>).
- Débits spécifiques: ils varient en moyenne de 19,2 l/s/km<sup>2</sup> à 5,3 l/s/km<sup>2</sup>. Le coefficient annuel de ruissellement est de 26%.
- Débits de crues: ils sont estimés entre 30 l/s/km<sup>2</sup> et 60 l/s/km<sup>2</sup>.

Les débits mensuels de la rivière Akagera sont présentés ci-dessous:



Le rapport entre les précipitations, le débit et le niveau d'eau du lac, et le système de la rivière/bassin de la rivière est présenté à l'annexe C.

On trouve plusieurs grandes étendues de lacs dans la zone de l'étude. En fait, leur superficie totale, à l'exception des lacs de la bande orientale, est de 87 km<sup>2</sup> avec une réserve d'eau estimée à 690 millions de mètres cubes.

### 3.3 POPULATION

#### 3.3.1 Forme de répartition

La Préfecture de Kibungo est essentiellement une zone rurale, avec très peu de centres urbains. Les principales petites villes de la région sont Kibungo, Rwamagana, Sake et Zaza. La population urbaine totalise à peine 10% de la population de la préfecture. Le reste de la population vit en général dans des hameaux et/ou des fermes isolées et dispersées sur les collines. La ville la plus importante est Rwamanaga avec 10.000 habitants. La ville de Kibungo comptait environ 5.000 habitants en 1988.

La forme de répartition de la population de la région de l'étude montre une dominance du groupe jeune, identique à celle de l'ensemble du pays.

### 3.3.2 Population

La population de chaque commune de Kibungo en 1983 et 1988 est indiquée dans le tableau ci-après.

Tableau 3.2 Répartition de la population

Commune	Superficie km <sup>2</sup>	Population			Densité	
		1983	1988	croiss.	1983	1988
BIRENGA	263,6	33.307	43.413	10.106	126,4	164,7
RUKIRA	256,2	30.844	5.970	5.626	119,8	142,1
RUSUMO	788,8	46.972	64.103	17.131	595,5	812,7
SAKE	146,1	34.118	40.841	6.723	233,5	279,5
MUGESERA	144,1	41.509	48.128	4.619	288,1	320,1
KIGARAMA	273,3	35.597	39.559	3.962	130,2	144,5
KABARONDO	160,3	27.531	31.975	4.444	171,7	199,5
KAYONZA	190,0	23.760	25.953	2.193	125,1	136,6
RUTONDE	93,7	27.726	31.024	3.298	295,9	331,1
MUHAZI	91,6	33.499	38.478	4.979	365,7	420,1
RUKARA	261,6	31.542	35.541	3.998	120,6	135,9
TOTAL	2.666,6	365.905	432.985	67.080		

Source: Monographie de la Préfecture de Kibungo 1988

La densité de population de la commune de Muhazi, la plus élevée de la préfecture, est de 420 ha/km<sup>2</sup>, celle de la commune de Rusumo, la plus faible, de 81 ha/km<sup>2</sup>. La densité de population de l'ensemble du secteur se situe entre 100 et 1000 ha/km<sup>2</sup>, avec des zones de forte densité dans les communes de Muhazi, Rutonde, Mugesera et Sake, de l'ordre de 300 à 1000 ha/km<sup>2</sup>.

### 3.3.3 Taux de croissance démographique

Le taux de croissance démographique moyen de la Préfecture de Kibungo entre 1982 et 1988 est estimé à 3,3% par année.

Le taux de croissance de la commune de Rusumo est de 6,5%, chiffre le plus élevé de la préfecture. Ce chiffre s'explique par les migrations de populations en provenance d'autres préfectures venant s'installer dans les communes peu peuplées de Rusumo, Rukira, Birenga, Kayonza et Kiragama.

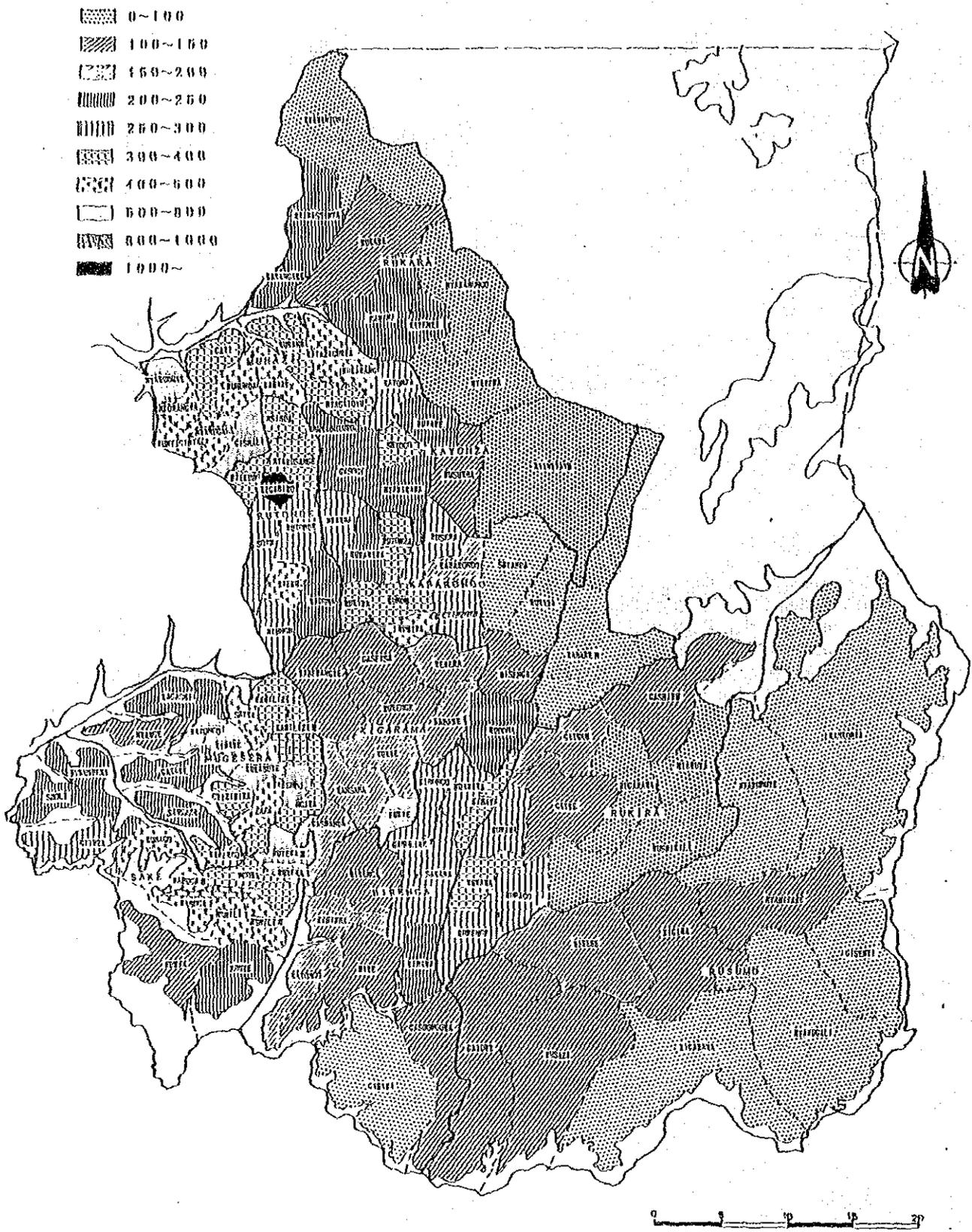


Fig. 3.3

Densité de la population 1988

Les chiffres de population de chaque secteur à l'horizon de l'an 2000 ont été estimés à partir des chiffres de population de 1988 auxquels on a appliqué le taux de croissance de chaque commune. La population prise en compte pour le plan d'alimentation en eau s'élève à 653.508 habitants.

### **3.4 SITUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE**

#### **3.4.1 Administration (voir annexe D)**

La zone de l'étude dépend administrativement de la préfecture de Kibungo, laquelle compte 11 communes subdivisées en 120 secteurs administratifs et 695 cellules du MRNP (mouvement révolutionnaire national pour le développement).

Chaque commune est administrée par un bourgmestre nommé par le président, et aidé dans sa fonction par le conseil communal, un comité technique et des conseillers.

#### **3.4.2 Aspects économiques (voir annexe E)**

##### **(1) Structures et activités économiques**

L'économie de la préfecture de Kibungo est axée sur l'agriculture, qui occupe 67% de la main-d'oeuvre de la préfecture.

Les autres industries, y compris les industries familiales, les usines régionales, le service des transports, le bâtiment et le commerce, ainsi que les services publics sont encore à l'état embryonnaire; leur rôle sur l'ensemble de l'économie de la préfecture est mineur. Les secteurs de l'industrie emploient moins de 3% de la main-d'oeuvre de l'ensemble de la préfecture.

On présume qu'environ 31% de la main-d'oeuvre est sans emploi (voir le tableau E.1 de l'Appendice).

Les activités financières sont principalement dirigées par les banques commerciales. Les frais de gestion des réseaux existants d'alimentation en eau sont généralement collectés par les organisations communautaires; cet argent est déposé dans les banques commerciales telles que "La Banque Commerciale du Rwanda (BCR)" et "La Banque de Kigali".

La mission d'étude a effectué un sondage auprès des habitants afin de cerner les éléments qui composent l'économie des ménages.

De ce sondage, il apparaîtrait que le revenu mensuel d'un salarié se situe entre 5.000 et 12.000 FRW, et que le revenu des agriculteurs se situerait entre 1.000 et 5.000 FRW (2500 FRW en moyenne) par mois.

Le salarié gagne entre 200 et 500 FRW (3 à 7 \$ US) par jour (données de 1988) et en général, les salaires sont plus bas en milieu rural que dans les régions urbaines et leurs banlieues.

## (2) Caractéristiques financières et marketing

Les transactions se font principalement sur les marchés qui sont les lieux d'échange traditionnels des zones rurales du Rwanda. Il existe en principe 43 marchés qui couvrent chacun deux ou trois secteurs. La plupart de ces marchés se tiennent une fois par semaine, sauf dans les centres plus peuplés tels que Kibungo, Murindi, Kabarondo et Rwamagana où ils sont ouverts plus fréquemment.

L'organisation et la structure du marketing sont encore à l'état de développement embryonnaire et les services de communication et de transport pour les marchés sont assez succincts.

### 3.4.3 Aspects sociaux

#### (1) Éducation

Dans la région étudiée, chaque secteur est doté d'un établissement d'enseignement primaire dirigé soit par la commune, soit par l'église catholique. Le nombre total d'élèves est d'environ 80.000.

Les écoles secondaires n'existent qu'à Birenga, Kigarama, Muhazi, Mugasera, Rukara, Rukira et Rutonde. Dans chaque commune il y a une école de formation professionnelle.

## (2) Santé

La Préfecture de Kibungo est dotée de 34 instituts médicaux, dont quatre (4) hôpitaux, onze (11) centres de santé publique, six (6) dispensaires, douze (12) centres de nutrition et un (1) sanatorium.

Selon le rapport annuel de la Préfecture de Kibungo, il n'y a que 4 hôpitaux d'une capacité de 549 lits dans la préfecture. Ces hôpitaux sont situés à Kibungo, Rwamagana, Rwinkwavu et Gahini. Les causes principales de mortalité dans la Préfecture de Kibungo sont la malaria, la diarrhée et la pneumonie. De plus, un certain nombre de maladies d'origine hydrique telles la typhoïde, la dysenterie amibienne, la dysenterie bacillaire et la schistosomiase sont répandues.

## (3) Infrastructure

Il y avait en 1989, 431,3 km de routes principales, classées en trois catégories: la route internationale goudronnée, les routes nationales et les routes communales. La route internationale est revêtue d'asphalte, mais les autres routes, non goudronnées, sont impraticables pendant les saisons des pluies. Ces routes principales sont entretenues par le département des routes du MINITRAPEE. Les autres routes locales sont entretenues par chaque commune.

### Electricité

Le Rwanda est doté de quatre centrales hydroélectriques et d'une centrale thermique à GATSATA. La capacité totale des centrales est de 28,69 MW.

Il y a deux sous-stations de transformation dans la préfecture, l'une à Kabarondo, l'autre à Rwinkwavu. Elles sont gérées et exploitées par ELECTROGAZ.

Les lignes de transmission électrique de la zone de l'étude ne suffisent pas. La plupart des régions n'ont pas l'électricité, en particulier dans les communes de Rukira, Rukara, et Rusumo. Ces lignes de transmission sont présentées à la Fig. E.4 de l'Appendice E pour la zone de l'étude.

### Transports et télécommunications

Les principaux moyens de transport sont l'autobus et les taxis qui circulent sur les routes nationales et communales. Les autobus sont gérés par l'ONATRACOM et les taxis par des groupes commerciaux.

A part un service de téléphone à Kibungo et Rwamagana, le réseau de télécommunication est difficilement accessible.

## **3.5 RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU ET POPULATION DESSERVIE**

### **3.5.1 Situation des installations existantes**

De part la structure même d'un habitat dispersé sur les flancs et sur le haut des collines, il est difficile d'avoir un réseau d'alimentation d'eau de type centralisé. La plupart des résidents doivent parcourir de longues distances pour aller puiser l'eau (2 ou 3 km).

Les sources, les lacs, les étangs et les rivières constituent les principales sources d'alimentation de la Préfecture de Kibungo.

On constate que les maladies liées à l'eau se propagent surtout dans les zones d'utilisation des eaux de surface, soit des lacs, soit des rivières ou des étangs.

Le réseau d'alimentation d'eau de la région se divise en deux catégories :

- i) Systèmes d'alimentation sans canalisations  
Sources/pompes manuelles/stockage de l'eau de pluie
- ii) Réseau d'adduction par canalisations  
Adduction d'eau potable d'hydraulique urbaine/rurale

#### **(1) Systèmes d'alimentation sans canalisations**

##### **- Sources**

Dans la Préfecture de Kibungo 257 sources améliorées sont exploitées, dont plus de 30 dans les communes de Birenga, Kigarama, Mugesera, Rusumo et Rutonde.

Les sources qui ont un bon rendement fournissent de l'eau de bonne qualité pour les besoins domestiques d'une partie des populations, soit avec des systèmes d'alimentation sans canalisation, soit avec des réseaux de canalisations réalisés principalement par les

organisations non gouvernementales (AIDR par exemple). Cependant les sources à petit débit ne sont pas adaptées aux besoins domestiques du fait que leur rendement est instable ou trop petit et sont perçues comme sources d'appoint.

- Pompes manuelles

71 puits avec pompe manuelle ont été construits dans le cadre d'un projet d'alimentation en eau des nappes souterraines réalisé par la coopération japonaise (Projet d'Alimentation en Eau de la Zone Rurale de la Région Orientale, Phase I). La phase II de ce projet bénéficiera d'une aide supplémentaire du Japon qui permettra de compléter cet équipement en puits, et au gouvernement du Rwanda de forer 114 puits peu profonds.

- Stockage des eaux de pluie

Dans les communes de Rukara, Kabarondo, Birenga et Rusumo, il existe des systèmes de captage des eaux de pluie sur les toitures des hôpitaux et autres établissements publics avec une cuve de stockage. Ce système d'appoint ne fournit pourtant que des compléments d'eau et de plus pendant la saison sèche les communes doivent chercher d'autres sources d'approvisionnement.

(2) Réseau d'adduction par canalisations

Le réseau existant est principalement constitué d'une borne fontaine publique avec tuyauteries de distribution. Seul le réseau d'alimentation des villes de Kibungo et Rwamagana est géré et exploité par ELECTROGAZ.

- Réseau d'alimentation urbain

La ville de Kibungo est alimentée par une source et l'eau est traitée avec une solution de chlore. La ville de Rwamanage est alimentée par le lac Muhazi dont l'eau est traitée avant d'être acheminée sur la ville. Ces deux réseaux ont été conçus pour satisfaire les perspectives de 1995.

- Réseau d'alimentation rural

Le réseau d'alimentation construit avec une aide de l'AIDR prend l'eau des sources qui est distribuée par gravité. Pendant la saison sèche l'eau des sources baisse et certains réseaux de bornes fontaines publiques sont à sec. La gestion et l'entretien des réseaux, par ailleurs vétustes, n'étant pas très satisfaisants, certaines installations sont inopérables car en panne ou détériorées.

### 3.5.2 Couverture et population desservie

D'après les données/renseignements dont nous disposons, le nombre total de bénéficiaires est estimé à environ 150.000 personnes (35% dans la Préfecture de Kibungo). D'après les résultats de l'étude sur le terrain et d'après l'évaluation des installations existantes, nous avons estimé à 105.000 personnes (24.2 % dans la Préfecture) la population desservie par une eau potable de bonne qualité et en volumes suffisants.

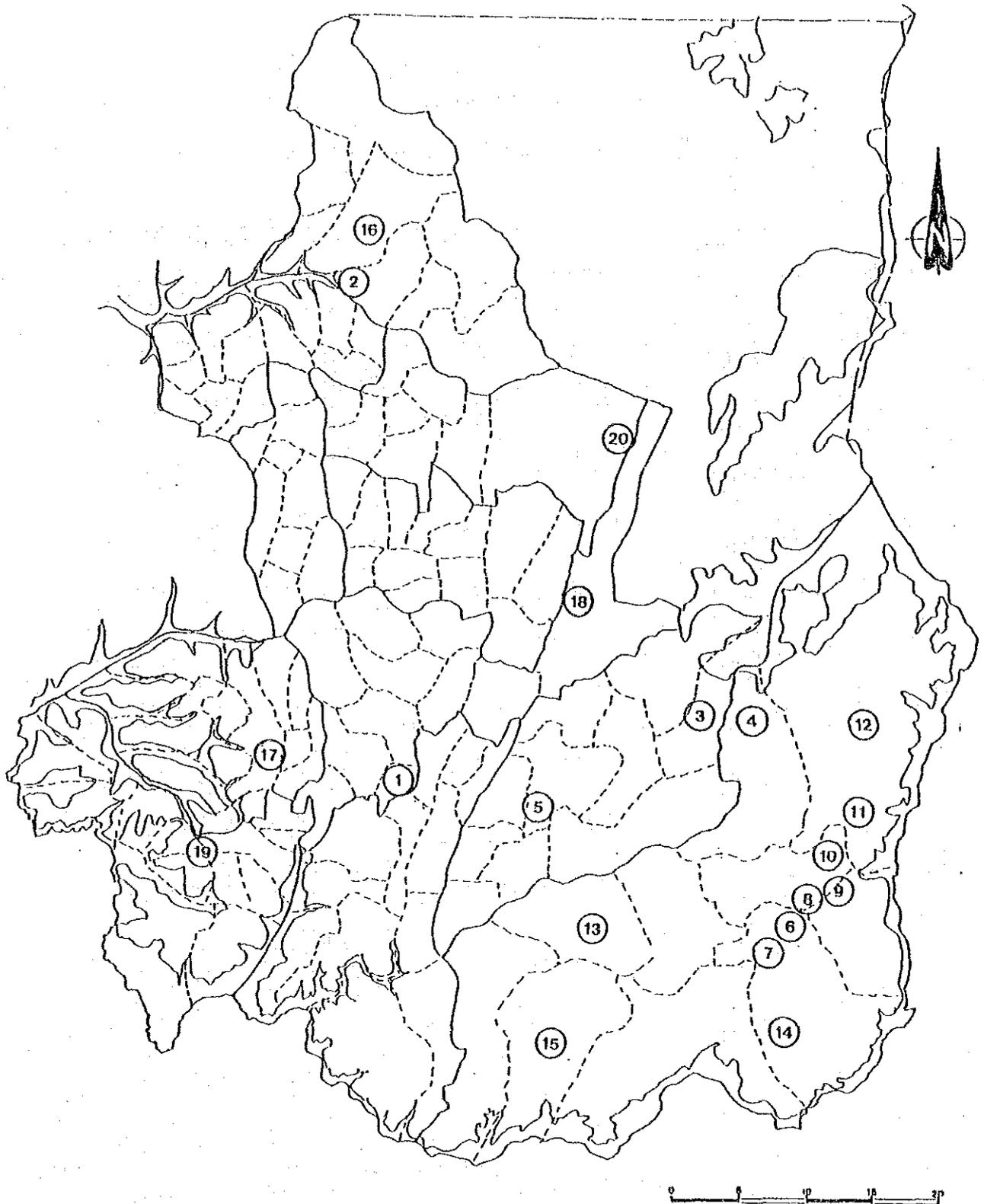
#### (1) Système d'alimentation sans canalisations

La couverture et la population desservie par les systèmes d'alimentation sans canalisations se présentent comme suit :

■ Sources	257
■ Pompes manuelles	21 puits
	46.300 bénéficiaires
■ Stockage de l'eau de pluie	6 cuves

#### (2) Réseau d'adduction par canalisations

La production totale du réseau est de 4.227 m<sup>3</sup>/jour. Le nombre de bénéficiaires s'élève à 77.170 personnes, soit 18% de la population totale de la Préfecture de Kibungo. (voir Tableau 3.3 et Fig. 3.4)



**Fig. 3.4** LOCALISATION DES SYSTEMES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE EXISTANTS ET DES PROJETS EN COURS

**Tableau 3.3 Les Systèmes d'alimentation en eau existants et projetés**

Nom du Système	Ressources en Eau	Production m <sup>3</sup> /s	Population	Organisme
1 KIBUNGO		250	7300	
2 RWAMAGANA		500	17,100	
Sub-Total		750	24,400	
1 FUKUWE-RWINTARE	Source	75	2,050	IDA
2 GAHINI	L. Muhazi	86	480	IDA
3 NASHO I	Source	172	2,520	AIDR
4 NASHO II	Source	121	2,420	AIDR
5 RUKIRA	Source	182	10,320	AIDR
6 RUSUMO I (Nyakiziba)	Source	190	1,980	AIDR
7 RUSUMO I (Nyakagezi)	Source	217	2,820	AIDR
8 RUSUMO II (Kamombo I)	Source	217	600	AIDR
9 RUSUMO II (Kamombo II)	Source	86	1,760	AIDR
10 AKAGERA A	Source	43	1,120	AIDR
11 AKAGERA B	Source	145	2,750	AIDR
12 AKAGERA C (Nyokibatika)	Source	432	240	AIDR
13 KIREHE	Source	216	2,640	-
14 RUSUMO-BGM	Source	345	6,180	AIDR
15 MUSAZA BAS	Source	207	3,840	AIDR
16 RUKARA	Source	278	3,570	HYDROBAT
17 ZAZA	Source	250	2,500	AIDR
18 KAMUSHIKUZI	Source	51	2,100	HYDROBAT
19 SAKE	Source	111	720	AIDR
20 NYANKORA	Eau soustraive	80	2,160	Don Japonais
Sub-Total		3,477	52,770	
Total		4,227	77,170	

### 3.5.3 Plan de développement et activités

Dans la région étudiée, les projets suivants sont soit en cours d'étude soit en cours de réalisation.

Lors de l'élaboration du plan de base de la phase III ils devront être pris en compte du point de vue de la couverture des besoins.

**Tableau 3.4 Projets d'alimentation en eau en cours d'étude ou de réalisation**

N°	Projet	Étude/ Réalisation	Organisme
1	Alimentation de la zone rurale de la région orientale (Phase II)	Étude	MINITRAPEE/ aide/Japon
2	Projet de réhabilitation ADI	Étude	MINITRAPE/ ADI
3	Projet d'extension du réseau d'adduction de Kibungo	en cours de réali- sation	ELECTROGAZ
4.	Alimentation de la zone rurale de KABARONDO	en cours de réali- sation	Commune de KABARONDO MINIPLAN
5.	Projet de développement de l'hydraulique rurale UNICEF	Recensem. Étude	MINITRAPE/ UNICEF
6.	Projet d'extension du réseau de Rwamagana, secteur de Muhazi	Étude	MINITRAPEE/ MINIPLAN
7.	Projet d'agrandissement du réseau d'alimentation de la zone rurale de RUKARA	Étude	MINITRAPEE

#### 3.5.4 Types de réseaux d'alimentation et niveau d'entretien

##### (1) Types de réseaux d'alimentation

###### 1) Sources

La forme d'utilisation des sources est extrêmement variée : utilisation sans structures fabriquées, avec collecteurs, avec réservoirs ou cuves, etc.

###### 2) Pompes manuelles

Toutes les pompes manuelles installées dans la préfecture de Kibungo ont été fournies par une aide du gouvernement du Japon. Ce sont des pompes à soufflet rentrées dans un cuvelage de puits à 60 m de profondeur en moyenne.

###### 3) Stockage des eaux de pluie

Toutes les cuves de stockage des eaux de pluie que l'on retrouve dans la préfecture de Kibungo ont un captage de toiture. La plupart des cuves sont en plastique FRP ou en tôle ondulée.

- 4) Réseau d'adduction par canalisations  
 Il existe 6 types de réseaux d'adduction d'eau courante dans la préfecture de Kibungo. Leur classification est indiquée dans le tableau ci-après. Les réseaux de type F sont les plus nombreux. Ce type de réseau prend l'eau d'une source et la distribue par gravité.

**Tableau 3.5 Type de Réseaux d'Alimentation Hydraulique à Conduits**

Type de Ressource Hydraulique	Traitement / Pompe	Gravité	Type de Service	Remarques
A Lac	avec pompe		Conduits domestiques du Kiosque	Rwamagana
B Source	avec pompe		Conduits domestiques du Kiosque	Kibungo
C Lac	sans pompe		Borne fontaine publique	Gahini
D Eau Souterraine	sans pompe		Borne fontaine publique	Nyankora
E Source	sans pompe		Borne fontaine publique	Kirehe Rukara
F Source	sans gravité		Borne fontaine publique	Zaza Sake 14 installations

### 3.5.5 Conditions d'utilisation de l'eau domestique

Nous avons préparé un questionnaire et effectué un recensement qui nous ont permis de nous faire une idée des conditions d'utilisation de l'eau dans la zone étudiée.

Nous indiquons ci-après les résultats de cette étude et des analyses qui ont suivi.

#### i) Résultats du questionnaire

- La borne fontaine publique raccordée à une tuyauterie de distribution est la forme d'alimentation préférée des populations résidentes. Par contre, les utilisateurs ne paraissent pas satisfaits de l'utilisation des eaux de surface (lacs et rivières) ou de l'utilisation directe des sources.

- Sur l'ensemble des sources d'approvisionnement recensées, 28% étaient des bornes fontaines publiques, 9% des puits, 7% des sources améliorées et 56% des prises directes des eaux de surface.
- Selon la saison, certains utilisateurs doivent avoir recours à des sources d'approvisionnement autres que l'eau des sources ou les eaux de surface.

ii) Résultats de l'étude d'utilisation des eaux

Les formes d'utilisation d'eau recensées sont indiquées à la figure F.4 de l'annexe F. Les pointes de demande se produisent aux deux périodes suivantes :

Première pointe	6:00 - 10:00
Deuxième pointe	14:00 - 18:00

La comparaison entre les volumes d'alimentation de base et les volumes d'utilisation réels appelle les remarques suivantes :

- Entre 60% et 70% des volumes d'alimentation de base sont pris par les bornes fontaines publiques et sont soumis à une redevance.
- 100 % ou plus des volumes d'alimentation de base des puits ou des bornes fontaines publiques qui fournissent une eau de bonne qualité sont gratuits.
- Le taux d'utilisation des puits - construits lors de la phase I du projet - dont l'eau est de mauvaise qualité est bas. Cependant, les puits signalés comme abandonnés sont encore utilisés à 15 % environ des volumes d'alimentation de base.

iii) Résultats du sondage auprès du service des eaux

Un sondage nous a permis de cerner les problèmes liés à la situation sanitaire et aux conditions de l'alimentation en eau de chaque commune.

D'après les résultats de ce sondage, il semblerait que les communes de Rukira, Muhazi, Mugesera, Sake, Rutonde et Kabarondo aient la plus mauvaise situation sanitaire et les plus mauvaises conditions d'alimentation en eau. Les zones suivantes nécessitent des actions urgentes pour améliorer les conditions d'alimentation en eau :

**Tableau 3.6 Zones de Haute Priorité pour Amélioration**

RUKARA	GAHINI, KWANGIRE, KIYENZI, RUKARA, RWIMISHINYA, RYAMANYONI
MUHAZI	GATI, KITAZIGURWA, MUKARANGE, MURANBI, NKOMANGWA, NYAGATOYU, NYARUBUYE
MUCESERA	GATARE, KAGASHI, KIRAMBO, MATONGO, NYANGE, SANGAZA
SAKE	GITUZA, MBYE, MURWA, NSHILI-2, RUBAGO, RUKUMBERI, RUYEMA-2, SHOLI
KAYOUZA	NYANIRAMA, RUTARE, SHYOGO
RUTONDE	KADUHA, NKUNGU, RUTONDE, RWERU, SOVU
KABARONDO	BISENGA, MURAMA, RUBIRA, RUNDU, RURAMIRA, RUSERA, RUYOUZA, SHUANDA

### 3.5.6 Évaluation des réseaux et systèmes existants

En se basant sur l'orientation adoptée pour la réalisation de la phase III du projet, on aboutit à une division des systèmes d'alimentation en eau en trois catégories (Tableau 3.7). Ces divisions ont été faites en fonction de l'état des installations et de leur système d'exploitation et d'entretien. Les résultats de l'évaluation sont indiqués au Tableau 3.8.

**Tableau 3.7 Évaluation des systèmes d'alimentation existants**

Catég.	État des installations	Système exploitation et d'entretien
A	Pas de problème de qualité ou de volumes. Seront utilisables après l'an 2000.	Un système est en place. Installations bien entretenues
B	Légers problèmes de qualité et de volumes. Seront utilisables après certains travaux de réhabilitation	Comité de gestion et système de collecte des redevances, mais problèmes de gestion
C	Réhabilitation d'ensemble ou reconstruction complète du fait du manque de rendements et de la détérioration des installations	Pas de comité de gestion Toutes les installations sont exploitées et entretenues par le gouvernement

Tableau 3.8 Classification des Systems Existants

	Installations			Maintenance et opération			Évaluation totale	Facilité d'amélioration sous la Phase III	Remarques
	Qualité Quantité de l'eau	Approche	Condition d'ajustement	Agence de réparation	Condition des installations de M et d'o	Classification			
Réseau protégé	B	C	B	C	C	C	BC		Source hydraulique de support
Alimentation en eau sans conduits	A	A	B	A	C	C	AC		
Alimentation en eau sans conduits	A	A	B	A	C	B	BB		
Réseau Kibungo	A	A	A	A	A	A	AA		
Alimentation en eau urbain	A	A	A	A	A	A	AA		
Réseau de réhabilitation ADI	A	A	B	B/C	B/C	C	BC		Projet de réhabilitation ADI
Installation rurale en eau avec conduits	A	A	A	C	C	C	AC		
KIREHE	A	A	A	B	C	B	AB		
RUSUMU BGM	A	A	B	B	C	C	BC		oui
MUSAZA BAS	A	A	C	C	C	C	CC		oui
RUKARA	A	A	A	B	C	C	AC		
ZAZA	A	A	A	B	B	B	AB		
KAMUSHUKUZI	A	A	C	C	C	C	CC		oui
SAKE	A	A	B	B	C	C	BC		oui
MYANKORA	A	A	B	C	C	C	AC		

Note : Qualité de l'eau : A: Bonne, B: Quelques problèmes, C: Mauvaise ; Quantité d'eau : A: Bonne, B: Quelques problèmes, C: Mauvaise ; Approche : A: Bonne, B: Moyenne, C: Mauvaise ; Condition d'ajustement : A: Bonne, B: Besoin de réparation partiel, C: Besoin de réparation total ; Agence de réparation : A: Electorog, B: Comiré, C: Aucun ; Condition des installations de M et d'o : A: Electorog, B: Comiré, C: Aucun ; Réseaux de collection des frais d'utilisation : A: Bonne, B: Collection des frais plus difficile, C: Aucun réseau ; Évaluation : A: Bonne, B: Quelques problèmes, C: Mauvaise ; Facilité d'amélioration sous la Phase III : oui ; Remarques : Condition des installations de M et d'o : A: Bonne, B: Quelques problèmes, C: Mauvaise

### 3.5.7 Organismes de développement

Les organismes suivants sont principalement responsables des installations d'alimentation d'eau de la région étudiée :

(1) MINITRAPEE

MINITRAPEE est un organisme (gouvernemental) responsable de l'alimentation en eau des zones rurales. La Direction générale des eaux de ce ministère a une succursale dans les bureaux de la Préfecture de Kibungo, avec un responsable permanent.

(2) ELECTROGAZ

ELECTROGAZ est une société publique qui dépend de la juridiction du MINITRAPEE.

(3) A.I.D.R.

L'AIDR est une organisme belge non-gouvernemental. Il a énormément contribué au développement de l'alimentation en eau des zones rurales du Rwanda, et jusqu'à sa dissolution en 1985, a effectué plusieurs projets dans ce secteur.

### 3.5.8 Situation de l'exploitation/maintenance des réseaux existants

Lors de notre étude sur le terrain nous avons pu relever deux types de systèmes de redevances des charges d'eau : le système de tarification fixe et le système de tarification sur relevé du compteur au kiosque.

**Tableau 3.9** Réseau de Collection des Frais d'Utilisation

Nom	Agence de Gestion	Réseau de collection	
Rwamagana/ Kibungo	ELECTROGAZ	Conduits domestiques: frais selon la quantité au compteur Au Kiosque: 2 FRW/jerrycan(20lit)	Au compteur
Rukara	Commune	2FRW/jerrycan(20lit) autre compte de Commune non Général	Au compteur
Rukira	Commune	100FRW/ an / famille compte de Commune Général	Redevance fixe
Kigarama	Commune	100FRW/Month/family compte de Commune Général	Redevance fixe
Rusumo	Commune	50FRW/Month/family compte de Commune Général	Redevance fixe
Zaza	Water Committee	45FRW/m3 , 2FRW/jerrycan(20lit)	Au compteur
Sake	Commune	3FRW/jerrycan(20lit)	Au compteur

Il y a quatre types de systèmes d'exploitation et de maintenance des installations hydrauliques au Rwanda, qui sont les suivants :

- Système "A"      Système direct d'exploitation et de maintenance ELECTROGAZ du réseau urbain d'adduction.  
Exemple : Réseau urbain d'adduction d'eau de Rwamagana et Kibungo
- Système "B"      Système d'exploitation et de maintenance du comité de gestion des eaux représenté par les utilisateurs.  
Exemple : Systèmes d'alimentation d'eau de Zaza, Kigarama, Rukira, etc.
- Système "C"      Système d'exploitation et de maintenance communal connu sous le nom de «compagnons fontainiers». Les membres de ce groupe vérifient et entretiennent les sources et les canalisations de la commune.  
Exemple : Sources améliorées et réseau de canalisations de chaque commune.
- Système "D"      Système d'exploitation et de maintenance des installations d'alimentation en eau de MINITRAPEE. Les villageois ne participent pas au fonctionnement et à l'entretien des installations.  
Exemple : Pompes manuelles installées à la phase I du projet.

A part le réseau urbain d'adduction d'eau de Rwamanage et de Kibungo, il n'existe pas de système de redevances bien établi. La plupart des villageois pense que l'eau doit être gratuite.

MINITRAPEE fait donc un effort important pour essayer de modifier ce concept et convaincre les bénéficiaires de payer les frais des installations de maintenance et d'exploitation. Sa politique vis à vis de l'administration de l'alimentation en eau est indiquée à l'annexe F.



CHAPITRE 4  
ÉVALUATION  
DES  
RESSOURCES EN EAU



#### 4. ÉVALUATION DES RESSOURCES EN EAU

##### 4.1 PROFIL DE LA SITUATION DES RESSOURCES EN EAU

###### 4.1.1 situation générale

Les eaux de surface et les nappes souterraines composent les ressources en eau de la zone de l'étude. On considère que le potentiel maximum d'exploitation des eaux de surface se situe aux alentours de 100 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> (100 mm par an), ce qui représente approximativement 30% du débit total, alors que la moyenne annuelle des précipitations est de 900 mm.

Le rendement pour le développement durable des eaux souterraines de la zone est estimé à environ 30 mm par an, dans l'hypothèse d'un potentiel d'exploitation des eaux souterraines estimé à 177 mm par an (45.79 million m<sup>3</sup> par an), estimation qui est basée sur la courbe de décrue du débit de la rivière.

La capacité maximum de développement des eaux de surface et souterraines de la zone, toutefois, est estimé à 130 mm par an.

À cause de la topographie de la zone de l'étude qui comporte des collines et des plateaux en altitude, les secteurs de déversement des cours d'eau et des sources sont relativement petits. En conséquence, les sources sont moins nombreuses et les volumes varient beaucoup plus que dans les autres préfectures du Rwanda.

Suite aux conditions des ressources hydrauliques présentées ci-dessus, l'accent devrait être mis sur le développement des eaux souterraines ainsi que sur celui des eaux de surface des lacs et rivières.

###### 4.1.2 Ressources hydrauliques déjà existantes

###### (1) Eaux souterraines

###### Eau des sources

Les sources sont situées à des altitudes plus élevées que tout autre type de ressources hydrauliques; leur exploitation peut donc se faire par gravité. Ceci étant dit, la plupart des sources potentielles de la zone de l'étude ont déjà été exploitées par l'AIDR. En fait, il ne reste plus que quelques sources potentielles.

### Puits

Mis à part les 72 pompes déjà installées avec l'aide subventionnée du gouvernement du Japon, aucun système de pompage n'existe dans la zone. Les basses terres le long des lacs et des rivières sont des secteurs potentiels pour l'exploitation de puits peu profonds.

## (2) Eaux de surface

### Rivières

Puisque plusieurs des rivières de la zone sont à sec et contaminées pendant la saison sèche, peu d'entre elles peuvent être utilisées comme ressources si on ne prévoit pas l'installation de réservoirs.

### Lacs

Les lacs de la zone de l'étude contiennent des volumes suffisants bien que, là aussi, le problème de la contamination soit important.

Etant donné que les volumes d'eau des lacs (volume total de 690 million de m<sup>3</sup>) sont importants et stables comparés à ceux des rivières, et du fait que la fluctuation saisonnière des niveaux d'eau est insignifiante, il serait plus bénéfique d'utiliser cette ressource pour alimenter les réseaux urbains en eau potable, comme c'est déjà le cas pour le réseau urbain d'alimentation en eau de Rwamagana.

## (3) Eau de pluie

De par le type d'habitation de la région, peu de maisons privées se prêtent au stockage des eaux de pluie ; par contre, dans certains endroits de la zone d'étude, certains établissements publics, hôpitaux ou églises aux toits solides, collectent les eaux de pluie à grande échelle.

## 4.2 HYDROGÉOLOGIE

Nous avons effectué un classement hydrogéologique de la zone de l'étude à partir de l'examen des résultats de l'étude hydrogéologique obtenus par l'étude de faisabilité conduite en 1985 par la JICA et des résultats de la Phase I du projet, actualisés par une étude sur le terrain.

#### 4.2.1 Sommaire des données et des études antérieures

##### Caractéristiques hydrogéologiques

Du point de vue géologique (de la fondation rocheuse) et des conditions d'utilisation de l'eau, l'environnement hydrogéologique de la zone peut être classifié en deux régions appropriées et une région inappropriée :

- les sites de puits peu profonds (moins de 30 m de profondeur); deux catégories: S1 et S2
- les sites de puits profonds (plus de 30 m de profondeur); trois catégories: D1, D2 et D3
- les régions éliminées - N (les régions montagneuses dont l'élévation dépasse les 1 500 m

L'exploitation des eaux souterraines de la phase I du projet a été faite principalement dans les régions de couches alluviales et diluviales.

#### 4.2.2 Prospection géo-électrique (voir annexe G)

A l'appui des résultats des investigations hydro-géologiques, nous avons effectué les prospections géo-électriques suivantes, pour lesquelles nous avons adopté la méthode Schlumberger ainsi que la nouvelle méthode EM. Les données obtenues nous ont permis de déterminer la structure hydro-géologique.

. Méthodes de prospection	
Méthode Schlumberger	98 sites
Méthode EM	199 sites

##### (1) Évaluation des résultats de prospection

##### Relation entre la méthode Schlumberger et la méthode EM

Les résistivités relatives des différentes roches mesurées par la méthode Schlumberger et la méthode EM apparaissent au tableau suivant:

Type de rochers	Méthode de Prospection	
	Méthode Schlumberger	Méthode EM
Schistes	200 à 1 000 $\Omega$ -m	400 à 2 000 $\Omega$ -m
Quartzite	200 à 3.000 $\Omega$ -m min.	2.000 $\Omega$ -m min.
Granite	100 à 700 $\Omega$ -m	1.000 $\Omega$ -m min.

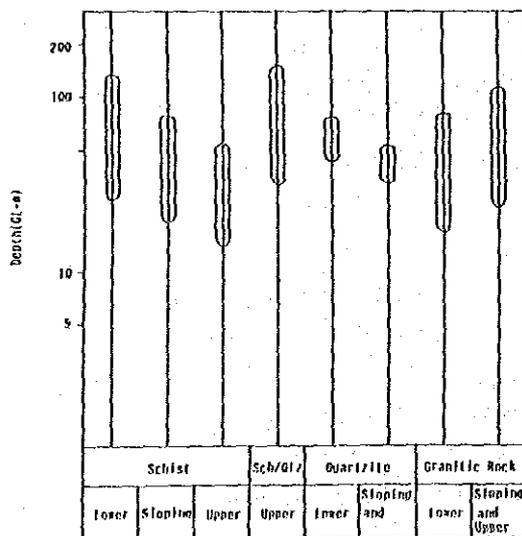
À une profondeur de 20 à 30 m de la surface du sol, la résistivité relative (les réciproques de conductivités) obtenue à partir des résultats d'analyses de formation multicouches horizontales concordait avec les résultats d'analyses obtenus par la méthode EM; cette concordance n'est effective que pour les analyses réalisées dans la partie supérieure, c-à-d de ladite profondeur (20 à 30 m) jusqu'à la surface. Par contre, les valeurs de résistivité relative obtenues par la méthode EM étaient moins précises (elles donnent des  $\Omega\text{-m}$  plus élevés) que celles obtenues par la méthode Schlumberger, et ce, à des profondeurs plus importantes (partie inférieure).

On considère qu'une évaluation quantitative est impossible avec la prospection horizontale de la méthode EM. Cependant, cette méthode est très pratique pour la sélection de sites de forage de puits potentiels dans certaines régions.

#### Formation des couches et résistivité relative

Un diagramme représentant le profil de résistivité relative, basé sur les résistivités relatives et les profondeurs, nous est présenté à la Fig. G.2 de l'annexe G.

Il est certain que chaque région géologique est formée de plus de trois (3) couches. Le tableau qui suit nous montre les élévations de la partie supérieure de la couche la plus profonde sur chaque région.



**Profondeur des parties non-altérées**

Les élévations de la partie supérieure de la couche profonde varient énormément. Dans les régions de schistes et de quartzites, les élévations diminuent en altitude depuis les régions de basse terre en allant vers les régions de flancs et de crête. Dans les régions de granite, les élévations augmentent en altitude depuis les régions de basse terre en allant vers les régions de flancs et de crête. On considère que cette tendance est causée non seulement par les différentes étapes du progrès de l'altération (sauf pour la région de Rusumo où l'altération de granite est avancée) mais aussi par l'existence ou l'épaisseur de la couche de surface.

#### 4.2.3 Essais de forage et essai de pompage (voir annexe H)

Cinq (5) essais de forages (d'une profondeur de forage totale de 633.5 m) ont été réalisés dans le but d'obtenir des données de base nécessaires à l'évaluation des possibilités d'exploitation des puits profonds et peu profonds.

Les essais de forage ont permis de définir la géologie et les données géophysiques (diagraphie) de chaque puits (voir fig. H.3 "colonne géologique")

Les descriptions de chaque site de forage et les résultats sont présentés ci-dessous:

(puits de 80 m de profondeur)

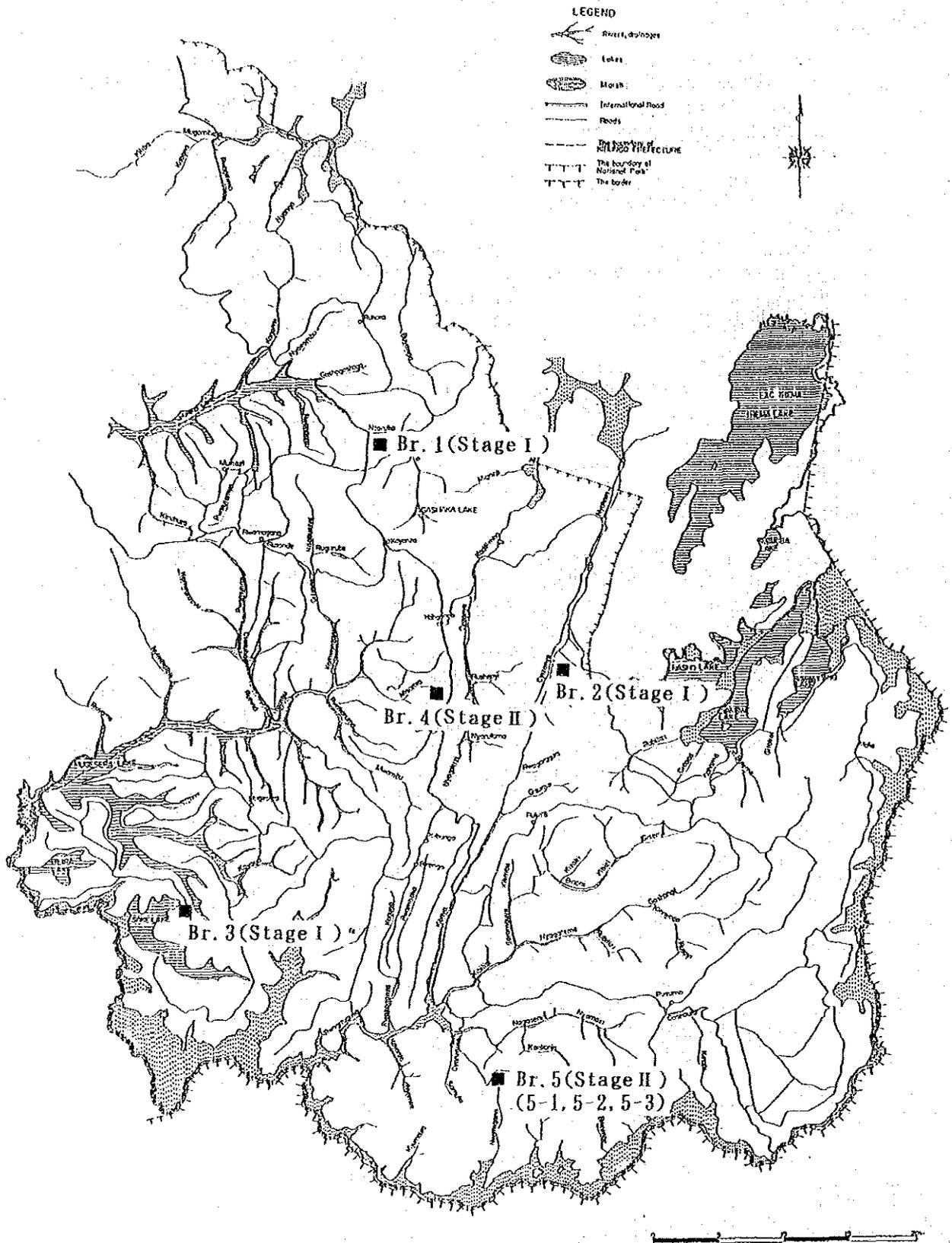
For.1: Recherche de nappes phréatiques sur les basses terres du bassin du lac Muhazi dont le niveau d'eau est le plus élevé de la zone de l'étude.

GL 0.0                      GWT=GL-3.8 m

~                      28.0m: couche de schiste fortement altérée. Mélange d'argile de sable et de gravier.

"                      -64.0 m: couche de schiste. Des fissures de 10 à 20m et des portions tendres sont occasionnellement trouvées sous les GL-40.0m.

"                      -83.0 m: La roche est de plus en plus dure. Aucune fissure n'a été observée.



For.2: Recherche de nappes phréatiques sur les vastes pentes légères des cônes; augmentation de la population conséquence des mouvements migratoires. Partie occidentale du bassin du Lac Nasho.

GL 0.0 GWT=GL-3.8 m  
~ -22.1 m: Composé d'argile, d'argile sablonneux, de gravier mélangé à de l'argile sablonneux et de gravier mélangé à du sable d'argile.  
" -23.9 m: Galets de quartzite et pavés.  
" -81.0 m: Composition de schiste et de micaschiste. Plus on fore profondément, plus le roc devient dur.

For.3: Recherche de nappes phréatiques dans des zones d'altération de granite sur les bords du Lac Sake.

GL 0.0 GWT=GL-10.8 m  
~ -15.0 m: Principalement de l'argile mélangé à du sable.  
" -40.0 m: Granite. Devient de plus en plus dur.  
" -81.0 m: Couche alternativement dure et tendre. Fissure bien développée, et on roche tendre entre GL -63.5 m et -69.2m. Granite altéré.

(puits de 150 m de profondeur)

For.4: Recherche de possibilité d'exploitation de l'eau souterraine en profondeur dans des régions à forte concentration humaine.

GL 0.0 GWT=GL-60.0 m  
~ - 6.0 m: Gravier mélangé de terre d'argile.  
" -122.0 m: Schiste hautement altéré. Les roches sont extrêmement tendres.  
" -141.0 m: Schiste altéré. Epaisse couche de quartzschiste découverte au dessous de GL-133 m.

For.5: Recherche de nappes phréatiques en profondeur dans des régions de roche dure (quartzite) dans la partie sud de la zone (Rusumo).

GL 0.0 GWT=GL-22.0 m  
~ -99.3 m: zone de fracture où les couches de roches tendres (extrêmement altérées) et de quartzite (légèrement altérées) s'alternent.  
" -104.5 m: Quartzite extrêmement dur (la vitesse de forage est passée à moins de 1.0 m/jour).

### Résultat de la diaggraphie des puits

La résistivité des formations altérées varie de 30 à 700  $\Omega$ -m, alors que les formations de schistes ont une haute résistivité allant de 400 à 1 200  $\Omega$ -m. La couche mélangée présente une valeur moyenne. Les lots et les colonnes stratigraphiques correspondantes présentent une bonne corrélation.

Les mesures SP n'étaient pas justes à cause des interférences provenant d'une fuite de courant de 0.1 Hz. Les observations d'estimation du sol sont démontrées à la Fig. H.3 du Volume II.

### Résultats des essais de pompage

Deux (2) types d'essai de pompage ont été pratiqués, à savoir les pompages par intervalle et les pompages en continu.

Avec les essais de pompage par intervalle nous avons obtenu les volumes de pompage critiques de chaque puits.

For.1 : 210 l/min.      For.4 : 15 l/min.  
For.2 : 250 l/min.      For.5 : 170 l/min.  
For.3 : 100 l/min.

Les données obtenues par les essais de pompage en continu ont été analysées à l'aide des équations non-équilibrées, c-à-d la méthode d'analyse en ligne droite de Jacob et la méthode de récupération. Les résultats des analyses d'essais de pompage sont présentés ci-après:

**Tableau 4.1 Coefficient d'aquifère**

Localisation	Épaisseur de l'Aquifère	Transmissivité (m <sup>2</sup> /day)		Perméabilité		Coefficient de Stokage
		Jacob	Recovery	Jacob	Recovery	Jacob
Br. 1	21.1	7.63 E-5	2.03 E-4	3.62 E-6	9.62 E-6	1.29 E-1
Br. 2	20.9	2.89 E-4	5.84 E-4	1.38 E-5	2.79 E-5	1.32
Br. 3	12.0	3.27 E-5	2.15 E-5	2.73 E-6	1.79 E-6	4.34 E-1
Br. 4	32.0	1.20 E-5	1.45 E-5	3.75 E-7	4.53 E-7	6.22 E-2
Br. 5-3	19.1	7.38 E-5	5.94 E-5	3.86 E-6	3.11 E-6	1.51 E-1

Des recommandations pour les travaux de construction de puits peuvent être faites à partir des résultats des essais de puits. Les détails sont donnés au chapitre 4.3.

#### 4.2.4 Profil hydrogéologique

Comme nous l'avons vu plus haut, la zone est principalement recouverte de schiste, et quartzite, avec des alternances de schiste/ grès/ quartzite et roche granitique. Les coupes géologiques de la zone indiquent un relief escarpé à inclinaison droite du précambrien, sauf pour les régions de roches granitiques où l'inclinaison est relativement douce.

Le réseau hydrographique suit généralement les structures géologiques, tel que la direction NS et les failles principales/l'axe de pli de la direction NNE-SSO. Dans la région des collines, d'étroites et longues crêtes sont également bien développées dans la direction NNE-SSO.

La zone est divisée en six (6) groupes géologiques:

- (A) : Région alluviale
- (Q) : Région de quartzite
- (SQ): Région d'alternance de schiste et quartzite
- (S) : Région de schiste
- (Gn): Région de granite gneisseux
- (Gr): Région de granite massif

On a estimé les caractéristiques hydrogéologiques à partir des conditions géomorphologiques/géologiques ci-dessus. Elles se présentent comme suit:

- . Les nappes phréatiques se rechargent dans les secteurs de crêtes et coulent le long des flancs jusqu'aux basses terres alluviales.
- . La perméabilité ainsi que le débit des eaux souterraines dépendent grandement du niveau de la couche de roches altérées.
- . A part quelques fissures, seules les terres alluviales et les terres basses qui les bordent devraient constituer de bons réservoirs aquifères. Toutefois il ne semble pas que les aquifères offrent de grands volumes d'exploitation.
- . Cependant, la nappe de certaines zones marécageuses est stagnante et est désoxydée avec une forte proportion d'ions divalents Fe/Mn.

#### 4.2.5 Situation des eaux de source

Selon les rapports d'utilisation et les données sur l'étude des eaux de sources des communes, plus de 5 m<sup>3</sup>/jour/km<sup>2</sup> d'eau de source sont utilisés dans les communes de Kabarondo, Rutonde, Sake, Mugesera et Kigarama; une production spécifique d'environ 1m<sup>3</sup>/jour/Km<sup>2</sup> est utilisée dans les autres régions.

Cependant, les rapports concernant le débit des sources ne concordent pas avec les observations qui elles, pour la plupart, indiquent des capacités inférieures.

La situation des sources de la zone de l'étude est résumée ci-dessous:

- Les bassins hydrographiques des sources et cours d'eau sont relativement petits. En conséquence, les volumes disponibles sont moindres et beaucoup moins stables (volumes d'eau variables) que ceux des autres préfectures du Rwanda.
- Les régions de forte production d'eau de source sont dispersées sur les terres basses au sud du lac Muhazi, les parties basses de l'ouest et du nord des hautes terres centrales ainsi que dans les parties basses des régions montagneuses principalement composées de roches dures.
- La majorité des sources a un débit relativement faible, allant de un (1) à trente (30) lit/min (1 m<sup>3</sup> à 40 m<sup>3</sup>/jour) et qui par ailleurs fluctue énormément, excepté quelques sources dont le débit dépasse 100 m<sup>3</sup>/jour et qui sont des sources d'approvisionnement des réseaux d'alimentation déjà existants.
- La qualité des eaux de source est propre à la consommation.

Etant donné l'environnement actuel que nous venons de décrire, il apparaît que les communes de Mugesera, Sake, Rukira et Rusumo sont celles qui présentent un potentiel d'exploitation important dans le cadre du développement de la phase III.

#### 4.2.6 Caractéristiques des aquifères

Les caractéristiques suivantes ont été évaluées en fonction de l'environnement hydrogéologique.

- En principe, les eaux souterraines se rechargent dans les zones de crêtes et s'écoulent en transition vers les horizons des zones altérées et non-consolidées dans les basses terres alluvionnaires, parallèlement à la surface du sol.
- L'écoulement des eaux souterraines est cependant limité dans des sections relativement petites, et se dirige vers des sources et/ou des parties relativement plus basses.
- Les aquifères qui sont susceptibles d'être exploités dans une mesure limitée, se rencontrent généralement sur des terres alluvionnaires et dans leurs alentours. Par conséquent, plusieurs petits aquifères se rencontrent le long des cours d'eau.
- Dans la zone de l'étude, les aquifères ne semblent pas être reliés entre eux, mais se présentent au contraire sous forme de petites nappes étroites sans continuité.
- L'écoulement des eaux souterraines dans la zone de l'étude n'est donc pas considéré comme ayant un cycle à long terme.

Les conditions suivantes ainsi que la classification des aquifères dans la zone de l'étude ont été déterminées à partir des caractéristiques hydrogéologiques et des aquifères ci-dessus mentionnées.

Tableau 4.2 Caractéristiques des aquifères

Classification des aquifères	Niveau de l'eau (m-GL)	Épaisseur (m)
<b>EAUX SOUTERRAINES PEU PROFONDES</b>		
- Dépôts alluvionnaires (gravier, sable/argile)	0 - 20	< 20
- Débris et matériaux altérés à la base (granite granuleux, zone de fracture)	15 <	25-45
<b>EAUX SOUTERRAINES PROFONDES</b>		
- Débris et matériaux altérés sur versant	50 <	20 <
- Roches fracturées et altérées	50 <	20 <
<b>HORIZONS PEU PERMÉABLES</b>		
- Matériaux altérés (fins à moyens)	-	-
- Couches rocheuses massives altérées	-	-

#### 4.2.7 Caractéristiques hydrogéologiques de chaque bassin

La zone de l'étude est subdivisée en onze bassins hydrographiques (voir section 3.1.4). D'après la classification hydrogéologique donnée ci-dessus, les caractéristiques de chaque bassin sont les suivantes:

- Bassin A:

[Gn: plaine du nord; SQ: zone de haute altitude du sud]  
Alimentation et/ou production de nappes aux environs des cours d'eau et dans les formations alluvionnaires à l'exception des importantes zones inaltérées et la zone des schistes pelitiques des terres hautes de la partie sud. On suppose qu'il y a des nappes plus profondes dans la plaine du nord.

- Bassin B:

[Gn: autour du lac Muhazi; S: zone oriental légèrement élevée]

Faibles volumes de production d'eau souterraine autour des lacs, principaux cours d'eau et terres alluvionnaires à l'exception des massifs non altérés. Les émissions d'eau en provenance du lac Muhazi dans la zone de l'étude ont été estimées à partir du plus haut niveau d'eau du lac Muhazi.

- Bassin C:

[Q: zones de crêtes et de flancs, S: zones à basse altitude]

Quelques volumes de recharge et d'alimentation dans la partie supérieure et/ou production dans les parties basses et les dépôts alluvionnaires à l'exception des massifs non altérés et l'importante zone de schistes pelitiques à la base peu accidentée à plate.

- Bassin D:

[Gn: autour des lacs de l'Est; SQ + diorite: zone de haute altitude de l'Ouest et du Sud]

Production d'eau souterraine autour des lacs, des principaux cours d'eau et dans les pseudo-alluvions sauf le massif non altéré. L'écoulement souterrain vers le lac semble être important, étant donné la morphologie montagneuse autour des lacs.

- Bassin E:

[S + (SQ) avec beaucoup de minces couches d'alluvions]

Principalement une zone imperméable ou à faible perméabilité qui bloque l'écoulement souterrain à l'exception des formations alluvionnaires et autres matériaux grossièrement altérés sur les flancs qui constituent des petits aquifères dans les couches inférieures. Les aquifères sont petits et étroits, discontinus et dispersés. On retrouve quelques sources dans les parties relativement basses.

- Bassin F:

[Gn: autour des lacs Sake et Mugesera; SQ: dans la haute zone de l'Est]

Infiltration sur une étendue limitée et/ou production de quelques volumes d'eau autour des lacs/principaux cours d'eau et dans les alluvions excepté le massif non altéré et la zone des schistes pelitiques. Quelques sources se trouvent sur la limite des zones SQ et Gn.

- Bassin G:

[S + [SQ]: avec des alluvions marécageuses principalement au centre, zone imperméable qui bloque l'écoulement de l'eau souterraine sauf au niveau des terres alluvionnaires, des dépôts et matériaux grossièrement altérés où se forment de petites nappes étroites et discontinues dans les parties inférieures.