M I N I N F R A
PROVINCE DE L'EST

REPUBLIQUE DU RWANDA

ETUDE POUR AMELIORATION DE L'ALIMENTATION EN EAU EN MILIEU RURAL DANS LA PROVINCE DE L'EST EN REPUBLIQUE DU RWANDA

RAPPORT FINAL

RAPPORT D'APPUI

NOVEMBRE 2010

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

JAPAN TECHNO CO., LTD.
NIPPON KOEI CO., LTD.

GED
JR
11-023

TABLE DES MATIERES

A1. Système d'exécution de l'étude et programme des activités

A2. Politiques nationales dans le secteur de l'eau et l'assainissement

A3. Conditions naturelles

A4. Conditions socio-économiques

A5. Aspects organizationnel and institutionnel

A6. Considérations sociales et environnementales

A7. Document complémentaire pour le projet d'activités pour l'amélioration de la notion d'hygiène

A8. Situation de l'électrification

A9. Ordre de priorité du Plan directeur

A10. Des prix unitaires des travaux de construction

A11. Projet d'extension des projets prioritaires

A12. Mode d'utilisation de l'eau en dehors du projet

A1. Système d'exécution de l'étude et programme des activités

A1.1 Système total

Pour l'exécution de cette étude, un Comité de pilotage incluant le MINIRENA et les 7 districts concernés a été formé sous la direction du MININFRA et de la Province de l'Est. Le contenu de chaque rapport a été rendu public, et approuvé par le Comité de pilotage. D'autre part, le MINALOC, le MINISANTE, le MINEDUC et les autres bailleurs de fonds effectuent des échanges de vues et des mises en commun d'informations, mais ils ne sont pas membres du Comité de pilotage.

A1.2 Composition de la mission d'étude

(1) Composition de la mission d'étude au côté Japonaise

La mission d'étude est composée des membres suivants.

Tableau A1-1 Programme d'affectation du personnel

Domaine de responsabilité	Nom et prénom	Appartenance
Conseiller Principal/plan d'alimentation en eau	Shoji Fujii	JAPAN TECHNO CO., LTD
Adjoint au Conseiller Principal/hydrogéologie/ plan de développement des ressources en eau	Naoki Taira	JAPAN TECHNO CO., LTD
Prospection géophysique	Tetsuo Tsurusima	JAPAN TECHNO CO., LTD
Analyse de l'hydrologie, du météore/qualité de l'eau (2è année: Prospection géophysique)	Chifumi Yamashita	JAPAN TECHNO CO., LTD
Etude sociale et économique	Yoko Kitauchi	NIPPON KOEI CO., LTD
Plan de l'ouvrages/Calcul	Jun Yoshikawa	JAPAN TECHNO CO., LTD
Plan de gestion/ entretien et maintenance	Toshiaki Hosoda	NIPPON KOEI CO., LTD
Sensibilisation sur l'assainissement	Chieko Yoshikawa	JAPAN TECHNO CO., LTD
Considérations environnementales et sociales	Rika Idei	NIPPON KOEI CO., LTD

(2) Composition de contre partie

Du côté Rwandaise les organisations et les agences concernées, Les personnels suivants ont été alloués à cette étude au côté Rwandaise. Ces personnels ont été reçu le transfert de technologie a travers de la collaboration avec l'équipe d'étude sur les activités tels que la collection et l'analyse des informations nécessaires, assistance dans les enquêtes sur terrain, participation dans des séminaires et l'assistance dans la formulation des plans.

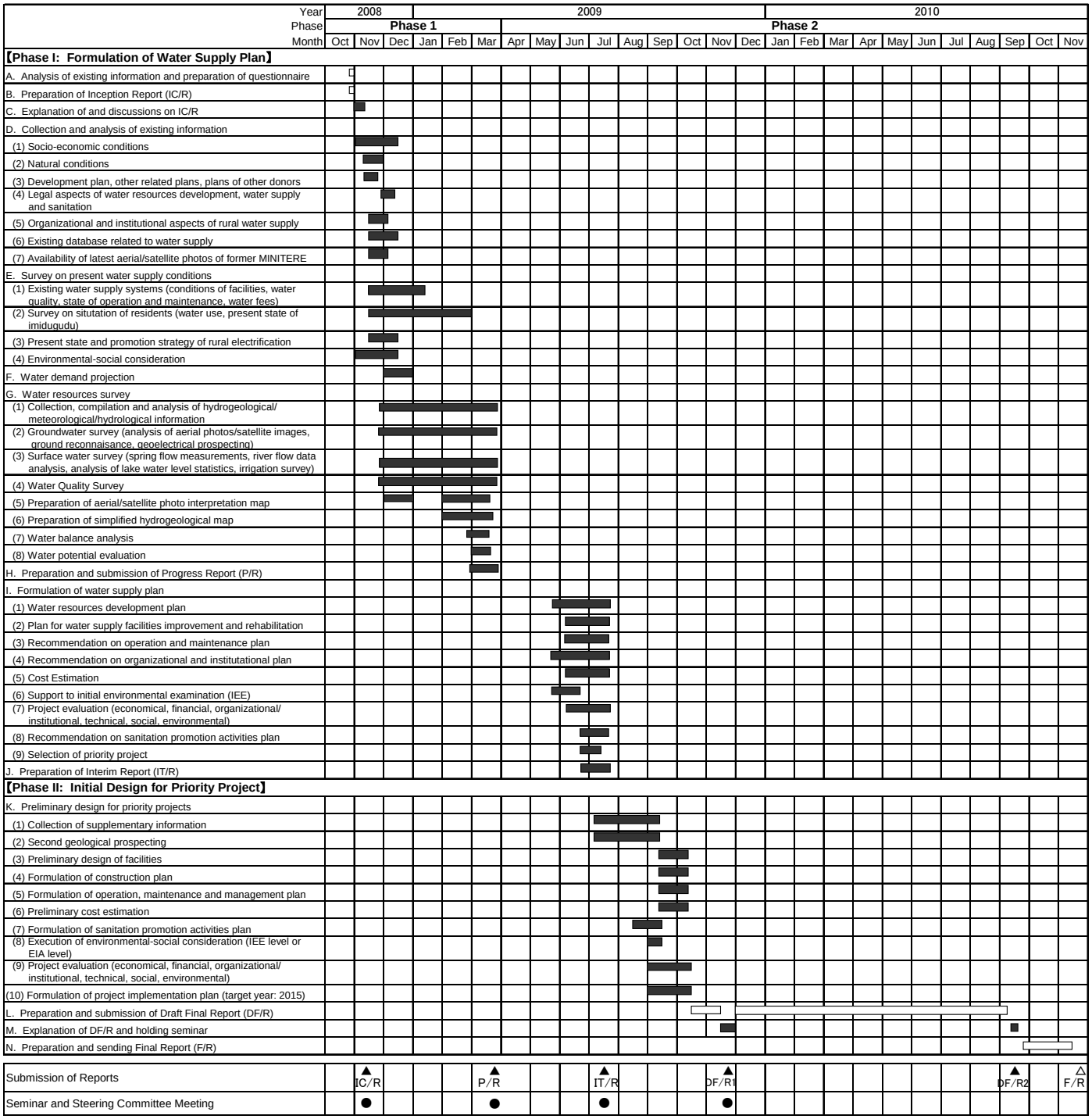
Tableau A1-2 Composition de contre partie

Appartenance	Nom et prénom	Position
MININFRA	Mr. NYIRIGIRA Benoit	Ingénieur en eau et sanitaire (PNEAR)
MINIRENA	Mr. MUKIZA Odillo	Ingénieur en eau et sanitaire
Province de l'Est	Mr. MAKOMBE Jean-Marie Vianney	Coordinateur du programme de développement du district
District de Nyagatare	Mr. MUTARAMBIRWA Philip	Directeur ancien de l'infrastructure, planification urbaine et environnement
	Mr. RUTAGWENDA Sam	Le chargé des infrastructures
	Ms. NSHIMUABAREZI Alice	Le chargé de l'environnement
District de Gatsibo	Mr. MWISENEZA Jonas	Le chargé des infrastructures (Directeur adjoint ancien de l'infrastructure et l'environnement technologique)
	Mr. KIMENYI Dickson	Directeur ancien de l'infrastructure et l'environnement technologique
	Mr. KINYANA Herbert	Le chargé des infrastructures
District de Kayonza	Mr. NDAYISHIMIYE Nicolas	Directeur adjoint ancient de l'infrastructure
	Mr. RUTAREMARA Claude	Le chargé de l'environnement: Terre, urbanisation et habitat
District de Rwamagana	Mr. NGABONEZA Deodatus	Le chargé des infrastructures
	Mr. KIMPAYE Innocent	Directeur ancient des infrastructures
	Mr. RWAKAYIGAMBA Emmanuel	Le chargé de l'environnement
District de Ngoma	Mr. NTIRENGANYA Boniface	Coordinateur de développement économique (Directeur ancien de planification, développement économique, promotion de l'emploi, infrastructures, protection de l'environnement et des forets)
	Ir. TUYISABE Augustin	Le chargé des infrastructures
	Mr. NTABANA Narcisse	Le chargé de l'environnement
District de Kirehe	Mr. SEBUNDANDI Alphonse	Directeur ancien de terre, urbanisation, habitat et infrastructure
	Mr. GAKUNZI Emmanuel	Le chargé des infrastructures
	Mr. NSENGIYUMVA Pacifique	Le chargé de l'environnement
District de Bugesera	Mr. GASASIRA J. Claude	Coordinateur de développement économique
	Mr. NZEYIMANA Phocus	Le chargé des infrastructures
	Mr. KASIRE Cassien	Directeur ancien de terre, urbanisation, habitat et infrastructure
	Mr. NSENGIMANA Théophile	Le chargé des infrastructures ancien
	Ms. UWACU Sylvie	Le chargé de l'environnement

A1.3 Programme d'étude

Le programme des travaux d'étude est le suivant:

Tableau A1-3 Programme des travaux



IC/R : Rapport de commencement, P/R : Rapport d'avancement, IT/R : Rapport intérimaire, DR/R : Ebauche du rapport final, F/R : Rapport final

□ Activités au Japon

■ Activités au Rwanda

A2. Politiques nationales dans le secteur de l'eau et l'assainissement

A2.1 Les plans de développement national

Parmi les plans du gouvernement du Rwanda - outre Vision 2020 et les Objectifs du Millénaire pour le Développement - figure l'EDPRS (Stratégie de développement économique et de réduction de la pauvreté), successeur de la PRSP (Stratégie de réduction de la pauvreté). Quant aux plans en amont pour le secteur de l'eau et de l'assainissement, des politiques sont également établies. Le contenu susmentionné est présenté ci-dessous.

Table A2-1 Plans de développement national en matière d'eau et assainissement

Plans de development	Objectifs du plan dans le secteur de l'eau et de l'assainissement	Orientations pour l'atteinte des objectifs
Vision 2020	Le Rwanda s'est fixé comme objectifs, d'ici 2020 : (1) que l'eau potable soit accessible à toute la population ; (2) que les techniques d'utilisation de l'eau de pluie pour les foyers et pour l'agriculture soient maîtrisées ; (3) que les réservoirs d'eau naturels soient développés et gérés avec précaution (tout particulièrement dans les forêts situées à haute altitude) ; (4) que l'eau soit gérée de manière rationnelle, intégrée et en harmonie avec les schémas directeurs d'utilisation de l'espace national ; (5) que la population soit en mesure d'assurer la gestion équitable et durable des ressources en eau ; (6) que les infrastructures de production, de protection, de distribution et d'assainissement de l'eau soient protégées et entretenues par tous.	Il faut que le taux d'accès à l'eau potable augmente de 2,5% par année.
Objectifs du millénaire pour le développement	Les objectifs pour le secteur de l'eau et de l'assainissement sont les suivants : (1) d'ici 2015, réduire la population sans accès durable à l'eau potable ; (2) élaboration d'un système de gestion des ressources en eau ; (3) augmenter les bénéfices de production par l'eau dans les systèmes d'irrigation pour la sécurité alimentaire, pour le contrôle de la pression sur l'environnement, et promouvoir des possibilités d'employer l'eau pour d'autres usages productifs ; (4) sauvegarder la vie humaine par l'assurance de la qualité de l'eau potable ; (5)mobiliser les ressources nationales de financement pour les besoins d'investissement dans le secteur de l'eau ; (6) renforcer les institutions et techniques pour la mise en action des politiques de gestion intégrées des ressources en eau ; (7) protéger la qualité des eaux de surface et des nappes, ainsi que les écosystèmes aquatiques et des zones côtières.	Le Rwanda a promis de réduire de moitié le taux de non-accès à l'eau potable et à l'assainissement en 2015
Stratégie de développement économique et de réduction de la pauvreté (EDPRS, 2008 à 2012)	Les objectifs du secteur de l'eau et de l'assainissement, pour la période d'exécution de la Stratégie, sont les suivants : (1) hausser de 64% à 86% le taux d'accès à une eau de qualité, et de 38% à 65% la couverture par le service d'assainissement ; (2) faire passer de 64% à 86% le pourcentage de la population rurale qui habite à 500 mètres ou moins des eaux améliorées, et de 69% à 100% le pourcentage de la population urbaine qui habite à 200 mètres ou moins des eaux améliorées ; (3) faire augmenter de 120 à 350 le nombre de puits construits ou réparés dans les villages à pompes manuelles ; (4) concernant l'assainissement, faire passer de 10% à 80% le taux de possession de toilettes conformes aux normes de santé dans les écoles, et faire passer ce taux de 38% à 65% dans les foyers ruraux.	Il faut faire passer de 5,4% à 7% les investissements publics dans ce secteur.
Politique et Stratégie nationale pour les services d'approvisionnement en eau et d'assainissement	Les objectifs généraux sont l'assurance de services d'approvisionnement en eau et d'assainissement, et de gestion des ordures, durables et d'accès facile pour tous les habitants, afin de contribuer à la réduction de la pauvreté, à l'assainissement public, au développement économique et à la protection de l'environnement. Les objectifs spécifiques sont (1) l'amélioration du taux d'approvisionnement en eau en milieu rural, (2) la création d'un système de gestion durable des ouvrages hydrauliques, (3) la fourniture de services d'approvisionnement en eau urbains réguliers, (4) l'amélioration du taux d'accès à l'hygiène, (5) la mise en place d'installations sanitaires publiques, (6) l'aménagement d'égouts dans les zones urbaines, (7) le renforcement des mesures de lutte contre l'incendie, (8) la gestion unifiée des ordures, et (9) le renforcement de l'organisation et des capacités des secteurs.	Une approche de l'approvisionnement en eau rural et de l'assainissement enjambant divers secteurs, l'accent sur la santé et l'hygiène, la promotion de la concentration de l'habitat dans les zones rurales, le renforcement du système de suivi et d'évaluation et le renforcement des capacités sont nécessaires.

Source : Rapport d'examen sur la consommation en matière de l'eau et l'assainissement au Rwanda 2007 (mai 2008)
National Policy and Strategy for Water and Sanitation Services (février 2010)

A2.2 Décentralisation

(1) Politique de décentralisation

Au Rwanda, on peut blâmer la centralisation excessive, politique du haut à bas comme une cause de l'existence du génocide du 1991 jusqu'a 1994, le gouvernement indifférent aux électeurs, le faible niveau de gouvernance de base et la répartition inégal de la fortune entre les nationaux. C'est pour cela que la promotion de la décentralisation est important pour la reconstruction des rwandais et elle a l'objectif de la bonne gouvernance dirigée par le MINALOC, les activités de décentralisation ont été exécute dans le développement communautaire avec un soutien de source extérieure et intérieure comme une stratégie nationale de s'en sortir. Les problèmes et les objectifs de la décentralisation sont les suivants :

- Unification et la reconstruction du pays, assurance de la sécurité et la paix.
- Restauration de la population rurale par une prise de décisions active pour les problèmes concernant les résidents ruraux, développement de plan du milieu rural et une supervision appropriée aux problèmes ruraux.
- Honnêteté dans l'explication de responsabilité et assurance de la transparence.
- Clarifier les rôles et responsabilités sur l'honnêteté des 3 activités des parties régionales, qui sont l'administration public, société civile et le secteur prive, pour le développement régional et la construction des capacités de la société civile à travers la sécurité sociale et l'encouragement des citoyens.
- Honnêteté dans le soutien de capacité financier au niveau rural, économique/planification financière et la gestion
- Améliorer la validité et l'efficacité de la planification, exécution, la surveillance ainsi que les provisions de service publique

Spécialement dans les 4 secteurs de l'eau/assainissement, éducation, soins médicales/santé et l'agriculture, la politique de la décentralisation a pour objet de clarifier les rôles et les responsabilités de citoyens/ la prise de décision administrative/ les fournisseurs des services (centré sur l'utilisation du secteur privé), sous les principes de l'explication de responsabilité. Aussi, sur base de cette clarification, la politique d'amélioration de qualité des fournisseurs des services publics. .

La relation entre la promotion de la décentralisation et chaque problème de développement est devenue la base de plans nationaux de développement tels que la vision 2020 et EDPRS. Du point de vue de la politique de décentralisation, les systèmes d'alimentation en eau sont à donner aux districts.

(2) Fonds du développement communautaire (CDF)

Le fonds du développement communautaire est le conducteur des activités financières de la décentralisation et le source du budget de district, alloué suivant le plan de développement formulé par le district qui est le noyau de l'administration locale. Les présents plans de développement de districts ont été prépare en 2007 et les demandes du budget pour l'utilisation de CDF ont été fait.

(3) Avancement de la décentralisation

A présent, la décentralisation relative au secteur de l'eau et assainissement a été améliorée à travers de la participation au niveau de district, la conception de communauté de base et l'approche du programme d'investissement. 39% de projets gouvernementales de 2007 ont été exécuté par les districts. Toute une gamme de grands projets est maintenant décentralisée mais les projets bilatéraux sont encore dans les mains du gouvernement central.

Avec 2010, le rôle primordial de la décentralisation sera transféré aux secteurs, et les employés des districts seront transférés aux secteurs. Comme un essaie, certains secteurs ont été sélectionnés et ils reçoivent les budgets pour accomplir leurs responsabilités.

A2.3 La mise en place des opérateurs privés dans la gestion de projet d'alimentation en eau

(1) Arrière-plan de l'introduction de PPP

(Sur base de la promotion et la mise en place de Partenariats Publics Privés (PPP) pour la gestion des systèmes d'AEP ruraux : *Mission d'Evaluation et de Programmation,* Banque mondiale/WSP, Août 2007.)

Au Rwanda, sur base de l'échec de la gestion communautaire des systèmes d'alimentation en eau rural (les rôles et les responsabilités de gestion des systèmes d'AEP ne sont pas clair, dégradation du service d'alimentation en eau, la négligence des systèmes endommagées et les autres résultats d'échec du Régies) Suivant la situation actuelle, l'amélioration dans les services d'alimentation en eau est nécessaire. Et par conséquent, le gouvernement rwandais a décidé de promouvoir la participation du secteur privé à travers l'établissement du partenariat public-privé (PPP) pour la gestion des systèmes d'eau rural comme une politique du secteur. Jusqu'à maintenant, sous la gestion communautaire des systèmes qui utilise des Régies, la revenue de la vente de l'eau est transférée aux districts. Pourtant, depuis que le budget du district est limitée, les revenues venant de la vente de l'eau était les plus utilisées même pour les autres intentions que les services d'alimentation en eau. Pourtant, quand il avait un besoin d'argent pour réparer les systèmes d'eau, tous le deux, les régies et les districts n'ont pas souvent de budget. Et par conséquent, depuis que les réparations n'ont pas été faites, la quantité et la qualité de l'eau ne sont pas assurées, ce qui conduit à la détérioration de la qualité de service d'alimentation en eau. En considération de ce fait, si la gestion est confiée aux opérateurs privés, un opérateur est libre de gérer la collection d'argent, à partager non seulement dans l'exécution et la maintenance systèmes mais aussi pour les connaissances des résidents et les autres services d'amélioration des activités. Et aussi, Pour assurer et garantir la fiabilité des services d'alimentation en eau on doit faire des réparations nécessaires.

(2) Conditions importantes pour adopter le PPP (sur base des mentions ci-dessous du rapport d'évaluation de PPP)

- Les systèmes d'eau doivent être en bonne condition et en bon fonctionnement, si non, les réparations nécessaires doivent être exécutées avant de les transférer aux opérateurs privés.
- Sous le régime de PPP, la vente de l'eau doit baser sur la méthode mesurée de la collection d'argent, et par conséquent tout les kiosks d'eau doivent avoir des compteurs.
- Le propriétaire du projet de l'eau (district) doit avoir une connaissance sur le coût d'exécution et de maintenance ainsi que le tarif d'eau pour qu'il soit capable d'évaluer la viabilité d'adoption de PPP
- La sélection d'opérateur privée est faite à travers des appels d'offre.

(3) Les responsabilités des opérateurs (l'étendue du contrat) (sur base d'un rapport d'évaluation de PPP)

- Alimenter l'eau potable (la gestion de qualité de source d'eau: inspections périodiques et la soumission de résultats au district)
- Alimenter une quantité stable de l'eau (alimentation continuelle de service de l'eau dans un bon fonctionnement et maintenance)
- Sensibiliser les usagers d'eau (promotion de l'utilisation de l'eau potable, de bien utiliser les systèmes d'eau, promotion sanitaire etc.)

(4) La fixation du prix pour la gestion privée

Depuis que les systèmes vieux ne fonctionnent pas bien et qu'elles sont difficiles à maintenir par rapport aux nouveaux systèmes, les méthodes suivantes sont à considérer lors du transfert :

- Utiliser les systèmes d'eau dans les conditions existantes sans augmenter le prix
- Un opérateur contractuel doit réhabiliter les systèmes d'eau, mais sans incorporer le coût dans le prix.
- Réhabiliter à travers le budget de district, mais sans incorporer le coût dans le prix

D'autre part, pour les nouvelles systèmes d'eau, le prix est décide par le district avec un opérateur contractuel. Pour les systèmes déjà réhabilités, le prix présent ne change pas. Pourtant, avec le consentement de 2 parties, le prix peut être changé lors du renouvellement de contrat.

(5) La situation actuelle de l'introduction de PPP (Partenariat Public-Privé) au Rwanda

Au Rwanda, la privatisation des systèmes d'alimentation en eau a commencé en 2001 a Nyakabingo, avec le projet de l'eau situé dans le district de Gicumbi, province du nord. Et a la fin de 2008, s'élève à 175 projets (le tableau ci-dessous). La gestion de ces 175 projets d'eau a été transférée aux 51 opérateurs privés. Ces opérateurs prives figurent dans le tableau ci-dessous, ils ont conclus un contrat avec le district ou le comité de district, et sont confirmé comme les opérateurs privés à confier la gestion des systèmes d'eau.

Table A2-2 Types des opérateurs privés

Type	Caractéristiques
Individu	Gestion individuelle avec 2 ou 3 employés, et beaucoup ne sont pas enregistrés.
Association (Régie)	Elles sont transformées en Régies et travaillent en groupe
Cooperative	On qualifie membre, les coopératives qui ont été formées sous la loi des investissements au Rwanda. Les coopératives similaires de cette organisation sont actives dans les différents secteurs tels que la santé publique, agriculture et les objets d'arts.
Entreprise privé	Enregistrée avec status

Les contrats de gestion sont faits à travers des appels d'offre, mais si l'association existante (régie) est confirmée comme avoir des capacités suffisantes de gestion, à travers des négociations directes, elle peut se transformer en coopérative et on peut la confier la gestion des systèmes d'eau.

TableA2-3 Etat d'introduction PPP en vue d'opération des systèmes d'AEP au Rwanda

Province	District	Nombre de systèmes privatisés	Nombre des opérateurs	Année de commencement
Sud	Ruhango	16	2	2005, 2008
	Huye	5	2	2005, 2008
	Nyanza	3	3	2006, 2007
	Gisagara	4	2	2006, 2007
	Nyamagabe	20	4	2006
	Nyaruguru	1	1	2007
Ouest	Nyamasheke	18	6	2005, 2007
	Ngororero	34	6	2007
	Rubavu	2	1	2007
Nord	Gicumbi	8	5	2001, 2002, 2004, 2005, 2009
	Burera	37	9	2002, 2006, 2007
	Rulindo	2	2	2008, 2009
Est	Bugesera*	1	1	2005
	Gatsibo*	24	7	2005, 2006, 2007, 2008
	Kayonza*	19	6	2007, 2008
	Rwamagana*	4	1	2008
Total	16 Districts	198	58	

*District concerné par ce étude

En ajoutant à ceci les 64 emplacements où des systèmes AEP sont construits et opérés par le secteur privé (églises, hôpitaux privés, ONG, usines, etc.), on obtient un taux de diffusion du Partenariat Public-Privé d'environ 30% pour les 847 systèmes AEP du pays. L'objectif visé d'ici la fin de l'an 2008 est de 35%. Il serait souhaitable d'atteindre 100% d'ici 2015, mais un objectif réaliste est fixé à 55%.

Table A2-4 Les objectifs et les résultants d'introduction de PPP

		2006	2007	2008	2009	2015
Taux de vulgarisation de PPP (%)	Objectifs			35	45	55 (100)
	Resultants	12	26	30	31*	

*Février 2009

(6) La situation actuelle de l'introduction de PPP dans la zone concerné par le Présent projet.

Nous présentons ci-dessous la situation actuelle concernant l'évolution du Partenariat Public-Privé dans la zone concernée par le présent projet.

Table A2-5 Etat d'introduction de PPP dans la zone concernée

District	Etat d'intervention de PPP (en Février 2009)
Nyagatare	L'utilisation des opérateurs privés a été planifiée, mais on n'a pas encore décidé le période d'intervention
Gatsibo	PPP a commencé en 2005, et à présent les 24 systèmes d'eau sont confiées aux opérateurs prives.
Kayonza	PPP a commencé à partir du novembre 2007. en Avril 2008, toutes les 19 systèmes du district dans lesquelles 4 sont construites dans le cadre de la coopération financière non remboursable japonaise, ont été confiée aux 6 opérateurs privés.
Rwamagana	Au début de 2008, 4 systèmes ont été soumis aux opérateurs prives. Les autres systèmes sont à décider.
Kirehe	Les systèmes sont gérés par l'association des usagers de l'eau de district
Bugesera	Un seul système qui couvre tout le district a été soumis à un opérateur privé en 2005. et pourtant à la fin de période du contrat, on n'a pas renouvelé le contrat, par conséquent le MINITERE a pris les responsabilités de gestion à travers le budget de district et maintenant ça continue avec le budget de MININFRA.

（Source:WB-WSP, PPP Promotion Consultant）

(7) Les problèmes de PPP

A cause de l'utilisation des opérateurs privés pour la gestion des systèmes d'eau, il y a une diminution de la fiabilité de services d'alimentation en eau. De toute façon, les articles de renouvellement, réhabilitation et extension de systèmes (par exemple, les régulations propres sur l'étendue des services) ne sont pas mentionnes dans le contrat pour les doutes de la stabilité des systèmes (par exemple, le cas de district de Nyamasheke dans le province de l'Est). Aussi, depuis que la période de contact est courte de 1 a 5 ans, les conditions sont défavorables pour les opérateurs prives qui sont soumis à un an, et ceci décourage le développement de la bonne gestion et l'efficacité n'est pas assurée.

(8) Les mesures apprises pour la résolution des problèmes

Parmi les problèmes constatés, mentionnons que de nombreux exploitants privés mandatés pour le contrôle des systèmes AEP au Rwanda manquent d'expérience et n'ont pas de plan de réfection adéquat en dépit de la nécessité de faire réparer les systèmes AEP vétustes. Pour faire face à cette situation, un stage technique de 6 jours (du 14 au 19 avril 2008) en maintenance pour les exploitants privés a été organisé avec un soutien financier de la Banque Mondiale s'élevant à quelque 8 millions de Frw. L'organisation de ce stage a été confiée à COFORWA (consultant local et ONG). Le stage, donné par les employés de COFORWA et par le personnel du PEAMR — pour un total de 7 instructeurs — a été suivi par les représentants de 31 exploitants privés. Les objectifs du stage étaient les suivants.

- Acquisition de connaissances pour la maintenance efficace des systèmes AEP
- Acquisition de méthodes adéquates pour la gestion financière et la maintenance
- Amélioration des activités de surveillance et d'évaluation, et des méthodes de marketing

L'exécution du stage comprenait les éléments suivants.

- Orientations d'opération des systèmes AEP en Partenariat Public-Privé
- Fonctions des systèmes AEP
- Diagnostic des pannes, techniques de réparation et gestion des installations
- Plan des travaux
- Gestion des finances et comptabilité
- Rapport financier
- Activités de surveillance et d'évaluation
- Méthodes de marketing efficaces

De plus, pour mettre à profit les résultats de ce stage, un forum (le FEPEAR : Forum des exploitants privés des systèmes d'alimentation en eau et d'assainissement au Rwanda) a été formé en juillet 2008 (non encore approuvé à l'heure actuelle) pour permettre le partage d'expérience et l'échange d'information entre les exploitants, ainsi que pour la résolution des problèmes futurs d'exploitation des systèmes AEP. Les principaux objectifs de cette organisation sont tels qu'indiqués ci-dessous.

- Jouer un rôle de défenseur auprès du gouvernement, des autorités et des partenaires publics et privés
- Soutenir l'amélioration de la gestion technique et financière des systèmes AEP, par la tenue de stages pour les autres membres du forum
- Former un réseau d'échange d'information (via les journaux, la distribution de documents et l'utilisation des médias de masse) entre les membres du forum et entre les partenaires
- Établir un système d'approvisionnement en outils de base et pièces de rechange pour l'exploitation adéquate des installations d'alimentation en eau et d'assainissement

Tous les exploitants privés ont l'obligation d'adhérer à ce forum. Lors de la première assemblée, 10 000 Frw ont été collectés auprès de chacun des membres, ce qui a permis de couvrir les frais de communication, de transport, etc. On prévoit fixer le coût d'adhésion annuelle, etc., lors de la prochaine assemblée. Par ailleurs, les membres font appel aux donateurs et groupes pour qu'ils apportent leur soutien à la couverture des frais nécessaires aux activités du forum.

A3. Conditions naturelles

A3.1 Relief

Le Rwanda est un pays sans mer du centre de l'Afrique, situé de 1 à 3˚ de latitude Sud et 29 à 31˚ de longitude Est. Il est limitrophe à l'ouest de la République Démocratique du Congo, au nord de l'Ouganda, à l'est de la Tanzanie et au sud du Burundi. La Rift Valley (vallée faillée) Ouest, une partie intégrante de la vallée du rift africain passe près de la frontière congolaise côté ouest, et la chaîne volcanique Virunga, incluant le Lac Kivu (élévation de 1.460 m) formé suite aux activités volcaniques dans la Rift Valley, ainsi que le Mont Karisimbi (volcan de 4.507 m), le plus haut sommet du pays, s'y étend. Cette chaîne de volcans est suivie vers le sud d'une zone montagneuse appelée chaîne de partage des eaux étant la « Crête Congo-Nil » la partie ouest de cette chaîne appartient au bassin hydrographique du Lac Kiwu, et la partie est à celui de la rivière Akagera, et représente plus de 80% du territoire. La zone de ces bassins hydrographiques est sculptée par la rivière Akagera et ses affluents descendant des plateaux centraux, puis allant encore plus à l'est dans la plaine est et à des hauteurs à élévations ordonnées. C'est un relief est riche en ondulations à altitude moyenne de 1.600 m, qui fait appeler la région "pays des mille collines".

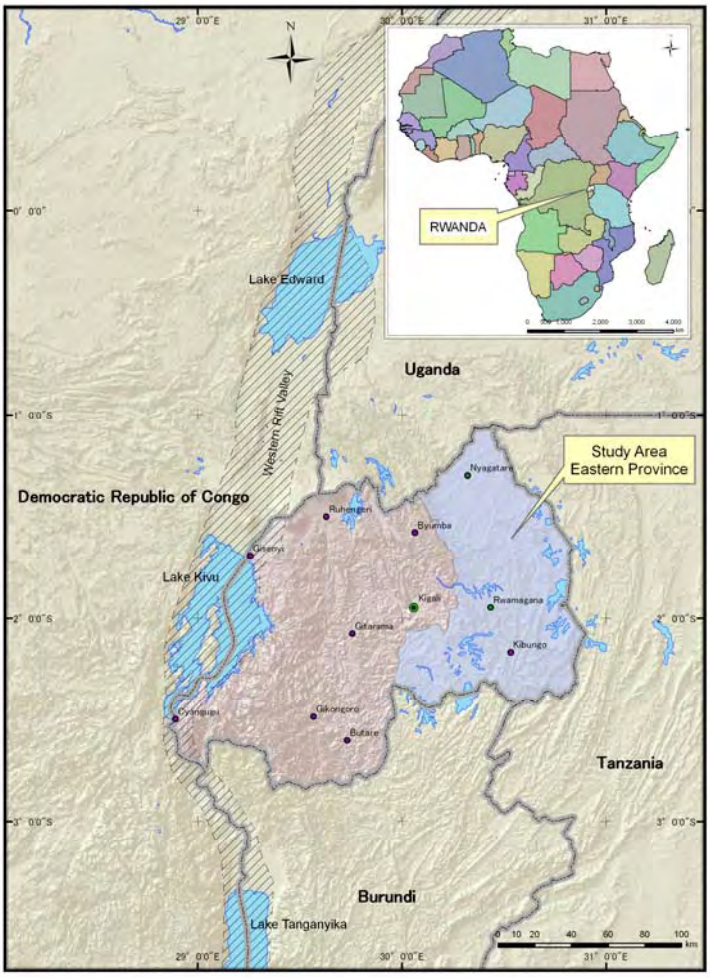


Figure A3-1 Zone d'étude

La Province de l'Est objet de l'étude se trouve dans la plaine de la partie est, à une altitude de 1.000-1.500 m; sa partie frontière sud-est est formée de zones basses et de marais du bassin de la rivière Akagera, et le Parc national Akagera est situé à la frontière est. On dit que la Province de l'Est est moins développée que les autres zones du pays, mais on peut constituer que toute la zone accessible par les hommes et animaux a été déjà développée. Même sur la pente raide de la région sud ayant un relief très ondulé, on peut trouver les divers produits cultivés.

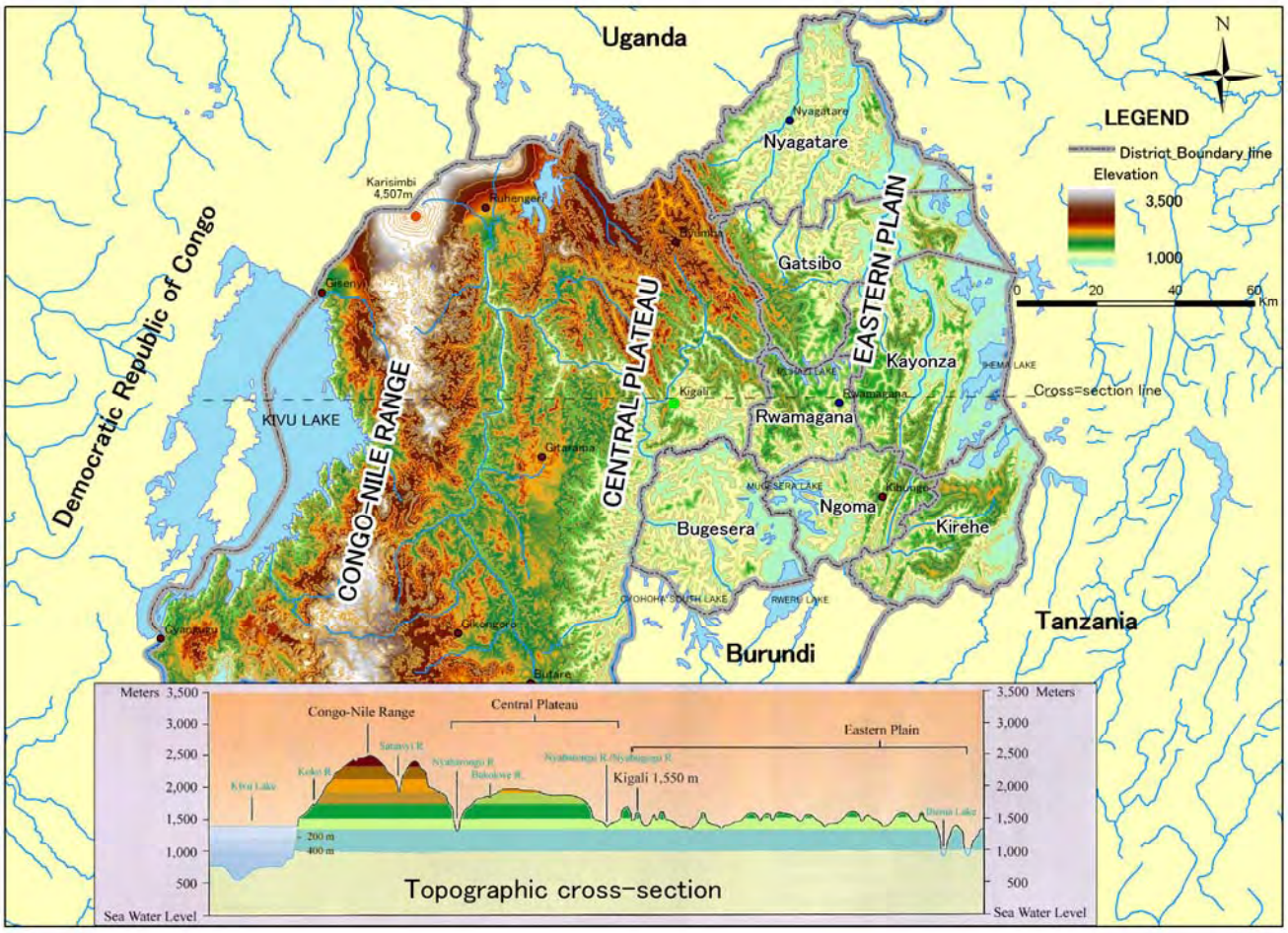


Figure A3-2　Plan de conception du relief au Rwanda

A3.2 Géologie

Au Rwanda, le socle généralement composé de roches métamorphiques et de granites du Précambrien, est largement distribué; les roches métamorphiques sont des sédiments gréseux à marneux ayant subi un métamorphisme sous faible à moyenne pression, centrés sur les schistes. Les granites sont des stratifications inclusives à l'origine du métamorphisme. Depuis l'ère tertiaire, il y a recrudescence d'activité de la grande faille d'Afrique, et les activités volcaniques de la chaîne du Virunga, principalement du mont Karisimbi, ont recouvert tout le pays d'une couche épaisse de rejets volcaniques. En fin de compte, avec la convergence des activités volcaniques, les dépôts volcaniques entassés sur de grandes épaisseurs ont petit à petit été découpés, et les couches d'éboulis entassées suite à la destruction du flanc de montagne ou sous l'effet du sol/sable apporté de l'amont par la rivière se sont entassés, et des zones basses d'alluvions et des zones humides se sont formées dans les rivières et vallées. Les particularités de la structure géologique sont que, la pression des activités de la grande faille agissant d'est en ouest dans le pays, les roches métamorphiques précambriennes présentent une distribution en ceinture nord-sud, et que de nombreuses failles suivent pratiquement la même direction.

Dans sa partie ouest, les granites en stratifications intrusives sont largement distribués du District de Nyagatare au District Bugesera, en passant par celui de Rwamagana, et à la limite de la Province de l'Ouest, des roches métamorphiques sont répandues en couche fine. Dans le centre et le sud-est de la Province, des roches métamorphiques telles que quartzites et schistes, ainsi que des roches sédimentaires telles que marnes et grès sont distribuées en direction nord-sud. A la frontière tanzanienne à l'est se trouvent de nombreux lacs et marais, et une couche d'alluvions d'une largeur de plusieurs kilomètres est entassée autour sous forme enfouie. D'autres couches alluviales, composées de couches d'argile, de sable et de graviers, sont distribuées partout dans la province le long des rivières et en bordure des vallées.

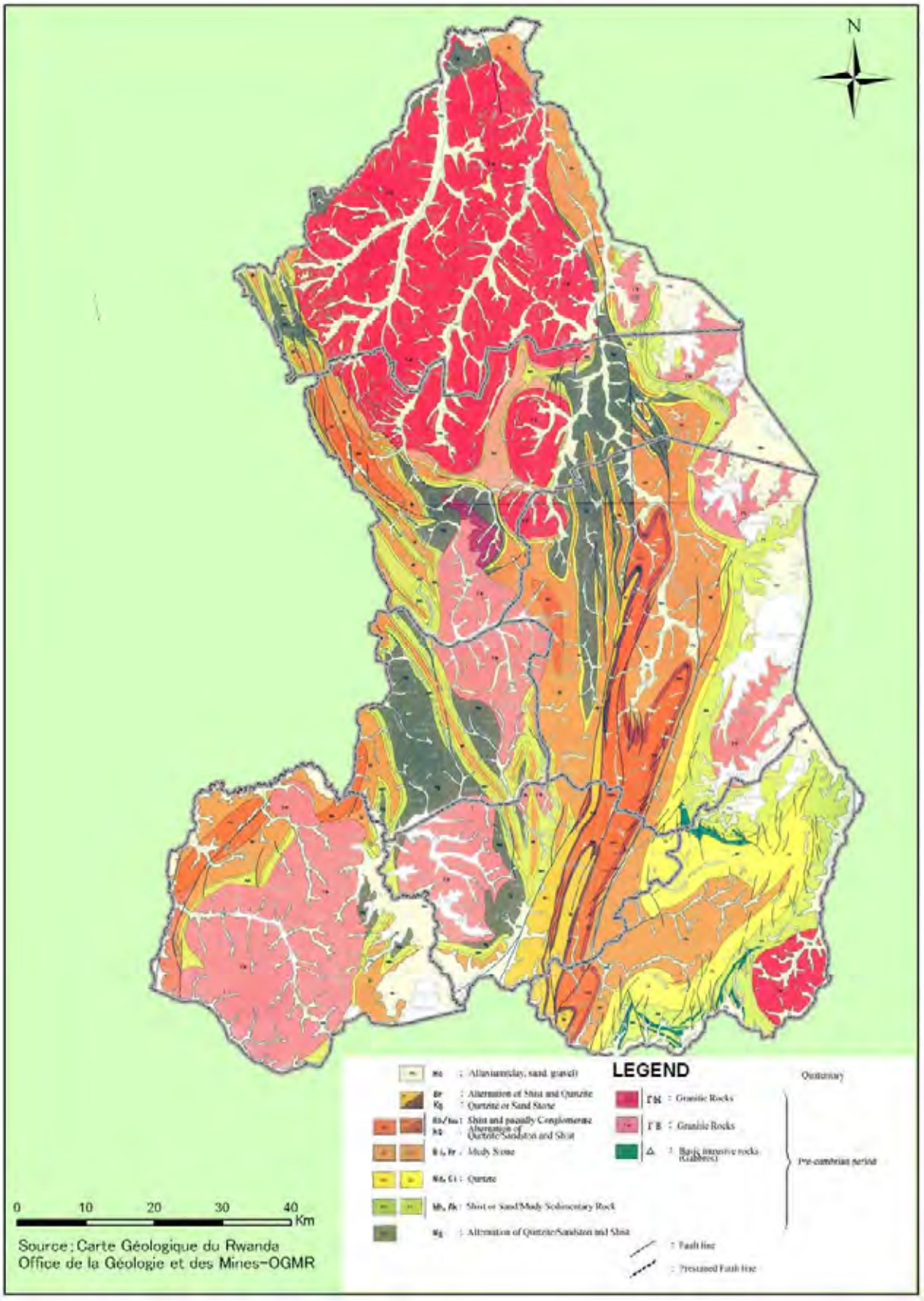


Figure A3-3 Carte géologique de la Province de l'Est

A3.3 Climat

(1) Stations d'observation et données climatiques

Les seules stations d'observation en relation avec cette étude actuellement en fonctionnement sont celles de Kigali et de Kibungo dans la Province de l'Est. La station d'observation de Kigali enregistre tous les jours la température, les précipitations l'évapotranspiration et l'humidité relative, et celle de Kibungo la température et les précipitations, mais une partie des levés est manquante. Quatre autres stations d'observation enregistrent seulement les précipitations.

Tableau A3-1 Stations d'observation climatique

Station d'observation	Latitude	Longitude	Elévation (m)	Paramètre	Remarque
Kigali	S 01°58’	E 30°08’	1.490	Temperature, precipitations, évapotranspiration, humidité relative	Observation continue
Kibungo（Ngoma）	02°11’	30°30’	1.645	Temperature, precipitations	Observation continue
Sake（Ngoma）	02°13’	30°23’	1.407	Precipitations (depuis l’an 2008)	Observation continue
Gabiro（Gatsibo）	01°33’	30°24’	1.472	Precipitations (jusqu’à 1990)	Arrêt de l’observation
Kiziguro（Gatsibo）	01°46’	30°25’	1.550	Precipitations (jusqu’à 1990)	Arrêt de l’observation
Ngarama（Gatsibo）	01°35’	30°14’	1.500	Precipitations (jusqu’à 1990)	Arrêt de l’observation
Kagitumba（Nyagatare）	01°03’	30°26’	1.280	Precipitations (jusqu’à 1990)	Arrêt de l’observation

(2) Température et précipitations

Les températures mensuelles moyennes à Kigali et Kibungo sont toutes au long de l'année dans la fourchette de 20 à 22˚C, et il n'y a presque pas de grands changements de température. La température annuelle maximale à Kibungo est de 29˚C de février à avril, et la température minimale de 14˚C en octobre-novembre.

Quant aux précipitations, les précipitations annuelles (moyenne 2001-2008) sont d'environ 943 mm à Kigali et de 1.267 mm et 1.000 mm environ (moyenne 2007-2009) à Kibungo. Si l'on considère les saisons, il y a deux saisons des pluies : en début d'année (février-avril) et en octobre-novembre, et une saison sèche de trois mois (juin-août); il ne pleut pratiquement pas pendant cette période. Cette situation est identique à toutes les provinces.

Les conditions climatiques à ces stations d'observation sont indiquées dans la Figure A3-4 et le Tableau A3-2.

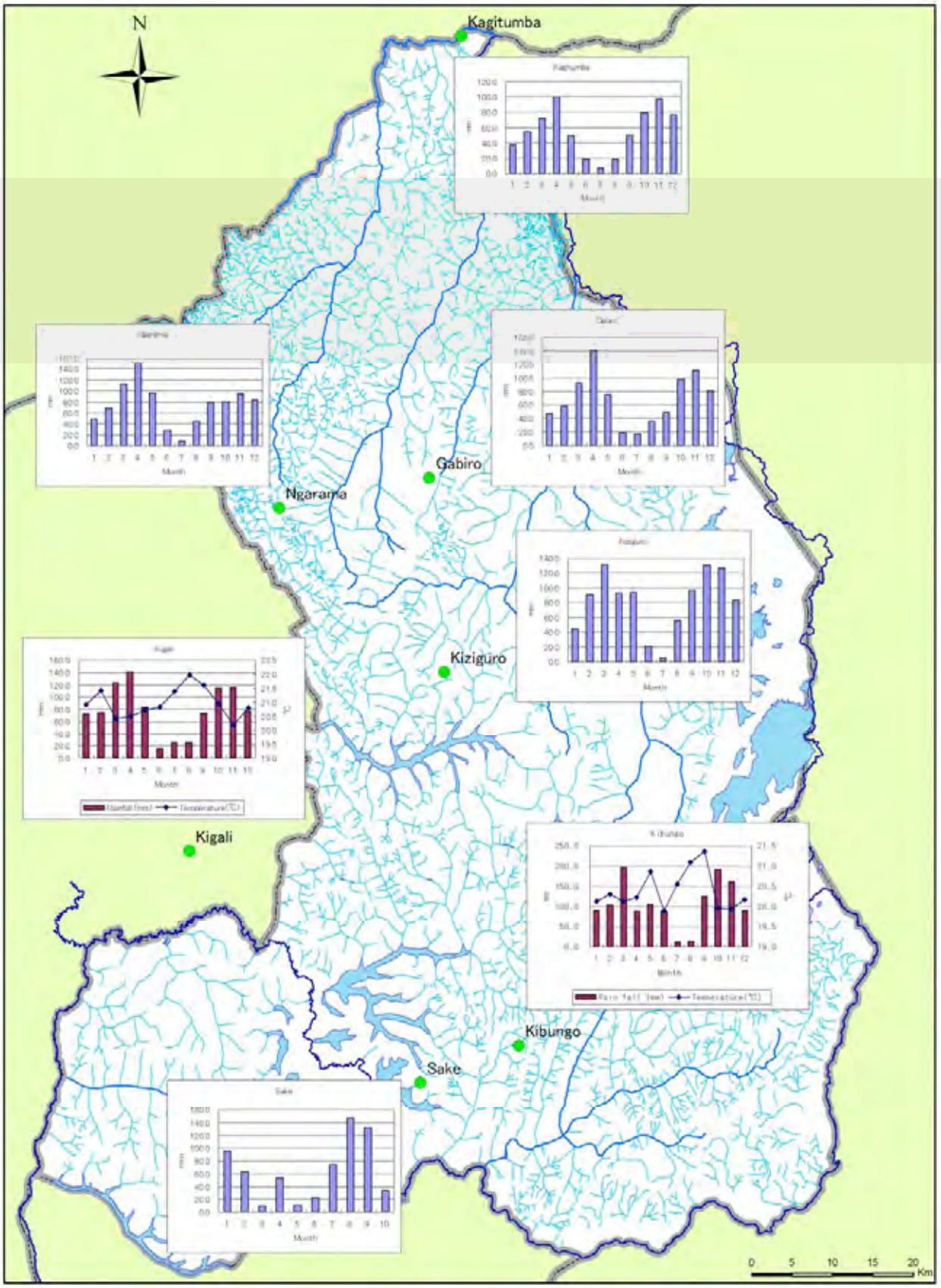


Figure A3-4 Températures et précipitations aux différentes stations climatiques

Tableau A3-2 Températures moyennes (˚C) et précipitations (mm) aux différentes stations climatiques

Station	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	An
Kigali (2001-2008)	Température moyenne	20,9	21,4	20,4	20,5	20,7	20,8	21,4	22,0	21,6	20,9	20,2	20,8	-
	Précipitations	72,5	74,4	123,4	140,3	84,2	14,8	26,0	25,4	74,1	114,7	115,6	78,0	943.3
Kibungo (2007-2009)	Température moyenne	20,1	20,3	20,1	20,2	20,9	19,9	20,6	21,1	21,4	20,0	19,9	20,2	-
	Précipitations	90,2	104,8	195,3	89,2	106,	87,6	11,5	14,1	125,9	191,4	161,7	89,6	1.267,3
Sake (2008-2009)	Précipitations	58,4	-	95,7	63,4	9,4	53,2	10,9	22,1	74,4	146,7	132,5	33,4	700,1
Gabiro (1981-1989)	Précipitations	47,4	57,8	91,8	141,1	74,9	19,2	18,0	35,7	49,8	97,6	110,3	80,6	824,1
Kiziguro (1981-1990)	Précipitations	44,6	90,1	132,3	92,7	93,5	21,0	5,1	55,4	96,5	130,7	126,7	83,9	972,4
Ngarama (1986-1992)	Précipitations	48,6	68,2	113,4	152,1	96,6	27,3	8,4	44,3	79,0	80,4	94,8	82,9	896,0
Kagitumba (1981-1990)	Précipitations	38,1	54,2	72,2	100,4	49,4	18,8	6,6	19,3	50,8	79,6	97,2	77,0	663,6

(3) Humidité relative

Les données d'humidité relatives de 2001 à 2008 ont été obtenues de la station d'observation de Kigali, mais les levés à Kibungo existent seulement de janvier à juin 2008. L'humidité relative est d'environ 80% à Kigali pour la saison des pluies et de 60% pour la saison sèche.

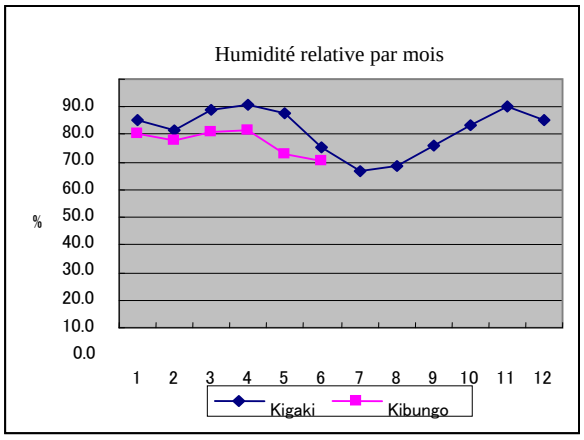


Figure A3-5 Humidité relative (Kigali et Kibungo)

Tableau A3-3 Humidité relative (%) à Kigali (2001-2008) et à Kibungo (2008)

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kigali	75,2	71,4	79,1	80,7	77,8	65,6	56,5	58,7	66,0	73,4	80,0	75,5
Kibungo	70,5	68,1	71,0	71,3	63,0	60,7	-	-	-	-	-	-

A3.4 Ressources en eau de la Province de l'Est

(1) Type de ressources en eau

Dans la Province de l'Est, les ressources en eau exploitées sont les eaux souterraines, les eaux de surface, complétées par les eaux de pluies. Les eaux souterraines sont exploitées à l'aide de puits sur les pentes des pieds de montagnes et dans les terrains alluviaux des fonds de vallées, et dans certains endroits sous forme d'eau de source. Les eaux de source s'écoulent à partir des pentes à la frontière où les pentes des pieds de montagne touchent les basses terres des vallées (terrains alluviaux), et à partir des cônes de talus formés dans les vallées. De manière générale, ces dernières sources tendent à produire un volume d'eau plus important que les premières. Lorsqu'elles apparaissent à la surface du sol de façon naturelle ou artificielle, elles forment directement un torrent de montagne et deviennent de l'eau des rivières. Les eaux de surface comprennent les eaux de cours d'eau et celles des lacs et marais ; l'eau des rivières devient de plus en plus turbide à mesure qu'elle s'écoule de l'amont vers l'aval, et la portion la plus en aval du cours principal de la rivière Akagera présente une couleur ocre. On trouve de grands et petits lacs dans tous les districts de la Province de l'Est et leur eau est exploitée par les populations de ces zones ; mais ces eaux se polluent de plus en plus car les eaux usées s'y déversent et que le bétail vient s'y abreuver. Dans certains écoles et Umudugudu, on stock les pluies dans un réservoir plastique de 1 à 5 m^3 au moyen des gouttières pour utiliser cette eau à l'usage quotidien.

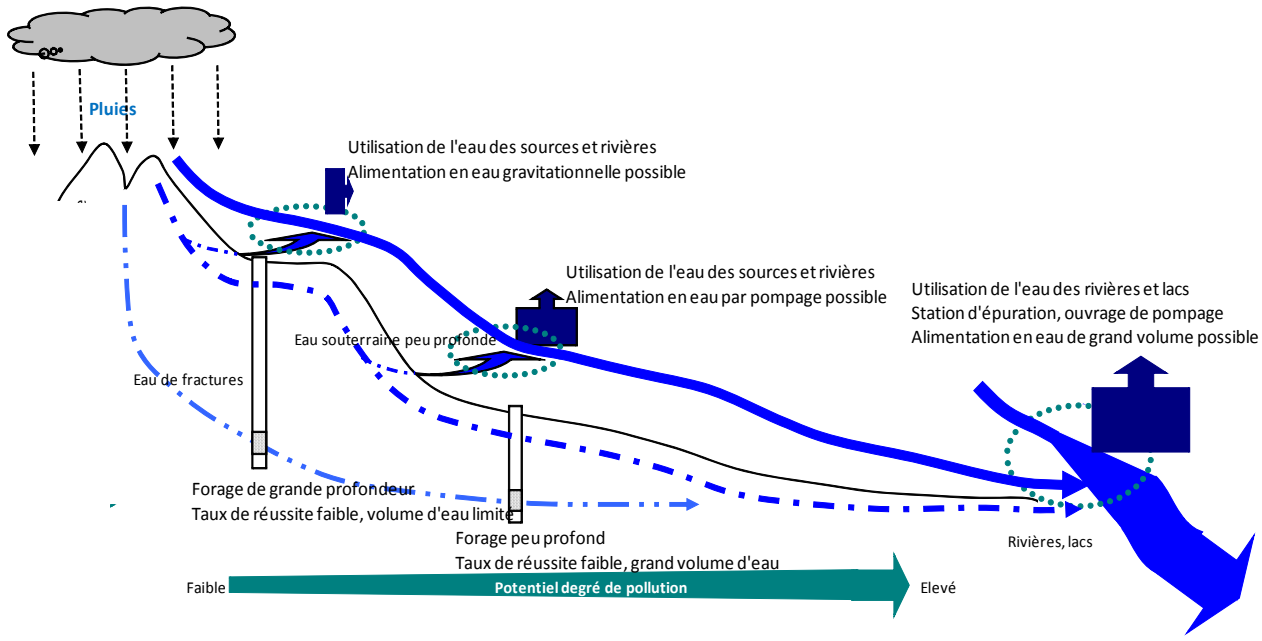


Figure A3-6 Coupe modélisée de l'utilisation de l'eau

1) Eaux de source et eaux souterraines

La répartition géologique dans la Province de l'Est, qui influence fortement l'état des réserves en eau souterraines dans la zone concernée, peut être divisée en 3 grandes catégories qui sont les suivantes. (référez-vous à la Figure A3-7)

① Vallées formées de cônes d'éboulis et de couches alluviales
② Zones comportant des roches sédimentaires formées de pélites et de grès et des roches métamorphiques que celles-ci ont formées
③ Zones comportant des roches graniteuses

Dans les vallées formées de couches alluviales, se forment des aquifères de bonne qualité et l'on exploite des puits équipés de pompe manuelle qui ont été creusés à proximité. Mais les populations qui utilisent ces puits rapportent que comparée aux eaux de source, l'eau dégage une mauvaise odeur et son goût est moins bon ; s'ils disposent d'une autre ressource d'eau près de là, les villageois tendent à délaisser les pompes manuelles.

Les endroits comportant des roches métamorphiques forment des zones de montagnes escarpées, la pluviométrie annuelle est relativement importante et constitue une source de recharge des eaux souterraines; mais en raison de sols formés à une époque ancienne, l'eau de pluie ne peut s'infiltrer profondément dans le sol et réapparaît en surface sous forme de sources. On trouve dans cette zone de nombreuses sources d'approvisionnement en eau qui exploitent les sources d'eau naturelles selon la méthode d'écoulement naturel.

Dans les zones comportant des roches graniteuses, les reliefs de collines sont formés par de roche onduleuse où la couche de sol de surface est mince et l'eau des pluies ne peut s'y infiltrer. Ces endroits ne conviennent donc pas à la croissance des arbres et sont couverts de prairie ; les eaux souterraines ne se retrouvent que rarement le long des vallées peu nombreuses. Il s'agit de zones où non seulement les eaux souterraines mais aussi les eaux de surface sont difficiles à capter. Les granits et les roches métamorphiques de la région appartiennent à la couche géologique formée au cours de l'ère ancienne de la période précambrienne, ils sont consolidés à l'extrême et ont pour caractéristique de ne pas laisser passer l'eau.

Les différentes caractéristiques présentées précédemment sont résumées dans la figure suivante.

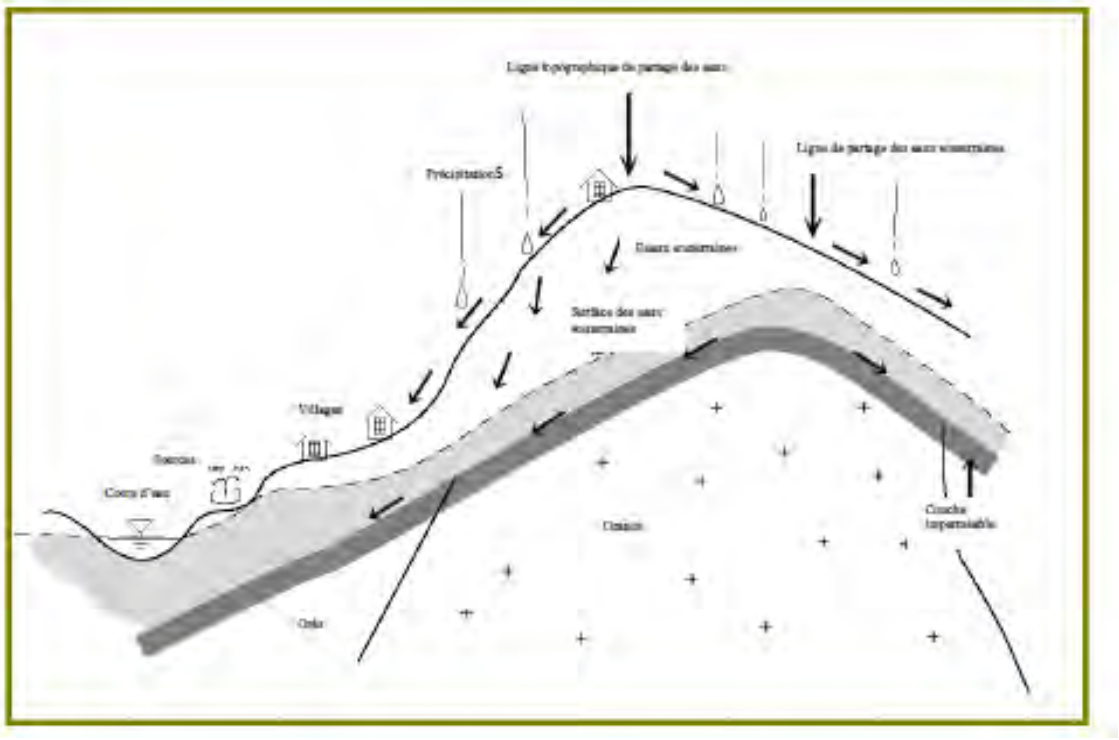


Figure A3-7 Schéma caractéristique des eaux souterraines (coupe)

Etant donné cette situation, dans les zones de relief élevé, le socle rocheux affleure souvent en surface et, comme le montre la Figure A3-7, les eaux de pluie ne pénètrent pas les sols en profondeur et s'écoulent dans les cônes de débris et les couches alluviales des vallées pour réapparaître en surface sous forme d'eau de source.

L'étude menée jusque là et les résultats des projets de développement des eaux souterraines réalisés jusque là permettent de dire les choses suivantes.

a) Seul un petit nombre d'aquifères de bonne qualité sont formés dans les reliefs élevés ;
b) Dans les zones de basses terres (y compris le pied des pentes des montagnes) le long des vallées où les couches d'éboulis et d'alluvions sont sédimentées, les eaux souterraines qui s'écoulent des régions montagneuses remplissent les interstices des zones altérées, des fissures et des couches non consolidées du socle rocheux et les eaux souterraines présentent de bonnes conditions par rapport aux zones élevées.

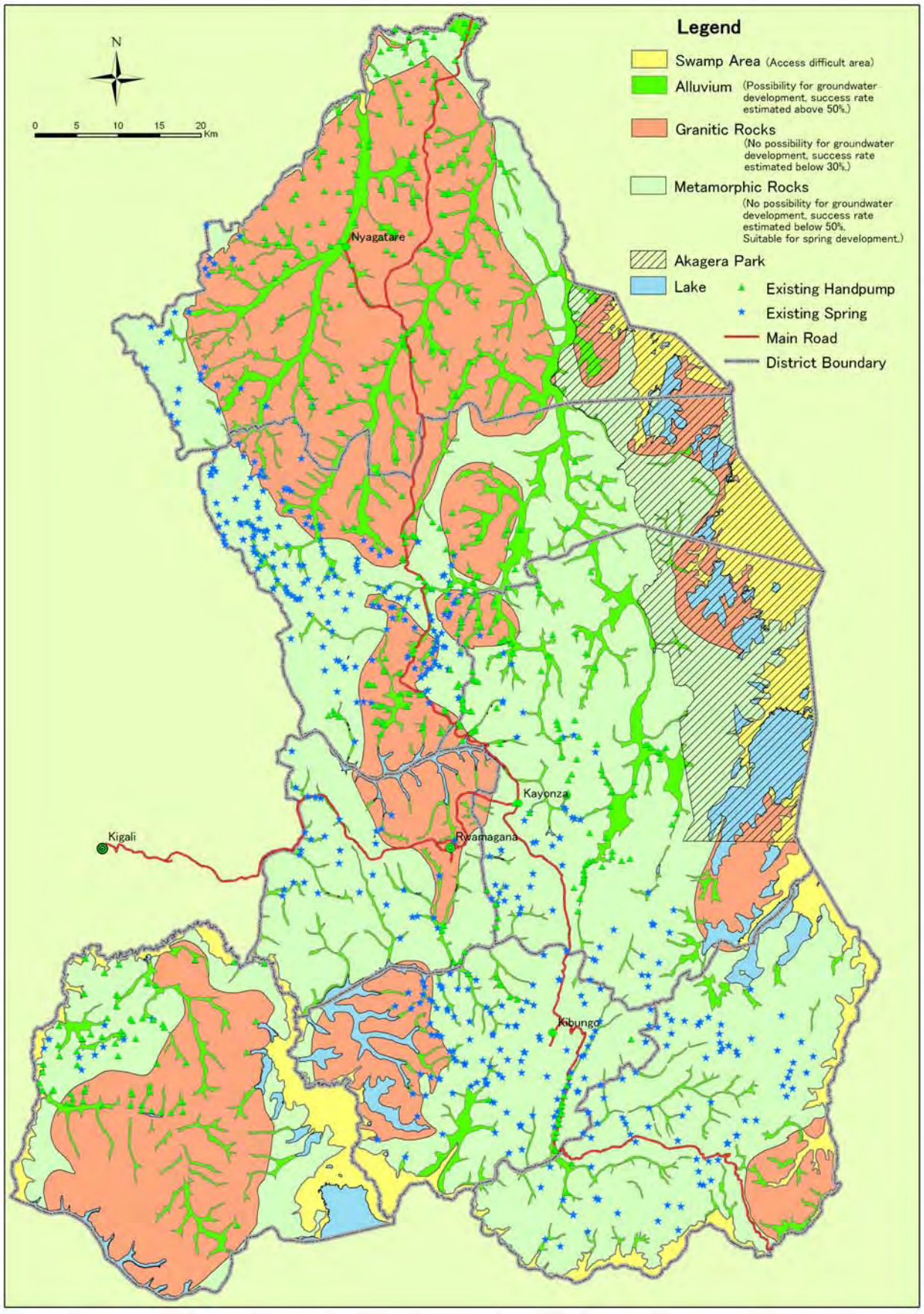


Figure A3-8 Carte hydrogéologique abrégée de la Province de l'Est

2) Eaux de surface

Les cours d'eau de la Province de l'Est relèvent du système fluvial de la rivière Akagera. Le fleuve Nyabarongo, qui prend sa source dans la zone de montagnes à l'ouest du Rwanda, change la direction de son cours qui passe d'un écoulement vers le sud à un écoulement vers l'est aux alentours du lac Rweru situé à la frontière avec le Burundi, et prend alors l'appellation de rivière Akagera. Cours d'eau international, cette rivière s'écoule du long de la frontière avec la Tanzanie, puis, aux environs de Rusumo, son cours change et se dirige vers le nord et, lorsqu'il entre en contact avec la frontière avec l'Ouganda, son cours prend la direction de l'est, pour aller se jeter dans les eaux du lac Victoria en Tanzanie.

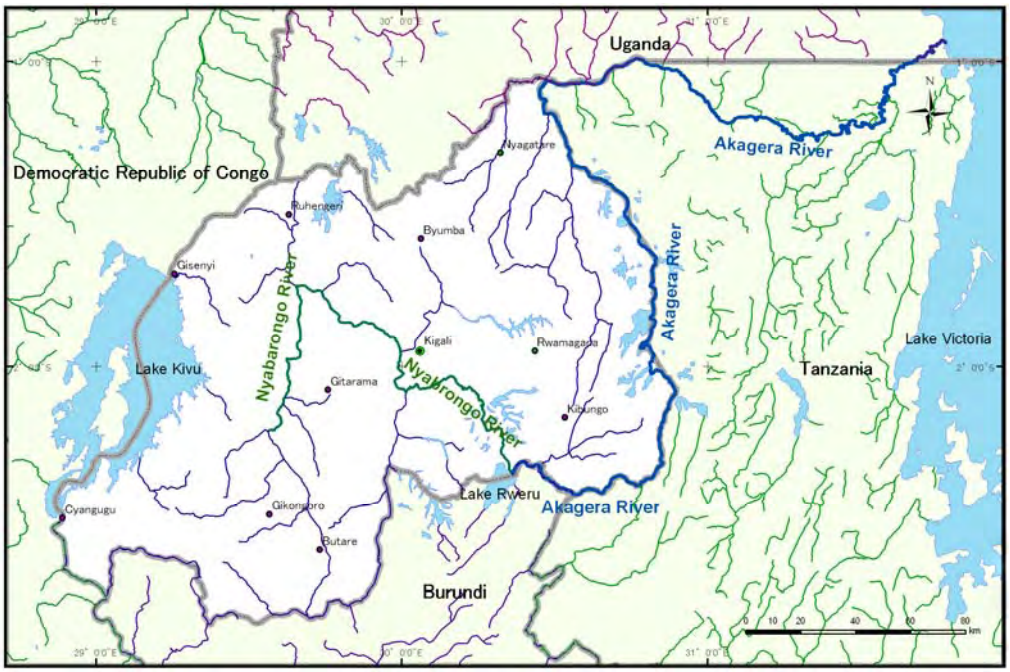


Figure A3-9 Carte du système hydrographique du Rwanda

Les cours d'eau de la Province de l'Est, contrôlés par le système fluvial de la rivière Akagera, peuvent être divisés en 5 grands bassins, à savoir (1) le bassin de la zone nord, (2) le bassin de la zone centrale (Lac Muhazi), (3) le bassin des lacs et marais de la zone est, (4) le bassin de la zone ouest et (5) le bassin de la zone sud.

a. Bassin de la zone nord

Le bassin de la zone nord correspond aux rivières de l'ancienne province de Umutara et il couvre la zone allant des secteurs de Rugarama et de Kageyo du District de Gastibo actuel, au District de Nyagatare au nord. Les bassins des rivières dans ce bassin sont au nombre de trois, a. le bassin de la rivière Muvumba, b. le bassin de la rivière Karangaza et c. le bassin de la rivière Ntemde.

Une partie des sources d'eau des ouvrages hydrauliques qui alimentent la zone sud du District de Nyagatare provient des prises d'eau sur la rivière Ngoma située en amont de la rivière Muvumba. En outre, les secteurs de Musheri et de Makimba ont pour source d'eau un écoulement souterrain de la rivière Muvumba.

b. Bassin de la zone centrale (Lac Muhazi)

Ce bassin est un bassin de petite envergure entourant le lac Muhazi, englobant la partie

sud-ouest du District de Gatsibo, une partie de la zone nord du District de Kayonza et la partie nord du District de Rwamagana. Le lac Muhazi est situé approximativement au centre de la Province de l'Est et il est de forme mince et longue s'étendant d'est en ouest sur environ 26 km, avec son côté est s'élargissant de manière ramifiée. De ce côté est, les eaux du lac sont stagnantes mais, à partir des environs de Rwankuba du secteur de Murambi, son cours se rétrécit et s'écoule du côté ouest. Parmi les rivières venant se jeter dans ce lac, celles provenant de l'est sont, à compter à partir du nord, a. la rivière Nyamarebe, b. la rivière Gakenyeri, c. la rivière Cyabatanzai, d. la rivière Gashogo et e. la rivière Ntaruka. Aucune de ces rivières n'a de cours permanent et les terres basses du bassin forment des zones marécageuses.

La source d'eau des ouvrages qui alimentent le secteur aux environs de Rwamagana est une prise d'eau effectuée à partir du lac Muhazi.

c. Bassin des lacs et marais de la zone est (Bassin du lac Ihema et du lac Hago)

Il s'agit du bassin des lacs et des marais disséminés dans le Parc national naturel d'Akagera, s'étendant de la partie est du District de Gatsibo à la partie est du District de Kayonza. La rivière Akagera forme de nombreux lacs et marais dans le bassin en s'écoulant de la frontière avec la Tanzanie à la frontière avec l'Ouganda. Les lacs les plus représentatifs sont le lac Hago, le lac Ihema (District de Kayonza) et le lac Nasho (District de Kirehe) et les rivières s'écoulant dans ces lacs sont de petite envergure.

d. Bassin de la zone ouest

Il s'agit du bassin du fleuve Nyabarongo, qui s'écoule vers le sud en passant par Kigali et du bassin du District de Bugesera. Le fleuve Nyabarongo prend sa source dans les zones montagneuses à l'ouest du pays, il va tout d'abord en direction du nord et change à un certain moment sa direction pour aller vers le sud, passer aux alentours de Kigali, pour changer d'appellation et devenir la rivière Akagera au sud de Bugesera. De nombreux lacs et marais sont formés dans la partie inférieure de ce bassin. Les ouvrages hydrauliques qui alimentent le District de Bugesera exploitent l'eau du lac Cyohoha Sud de ce bassin.

e. Bassin de la zone sud

Ce bassin recouvre le bassin de Rugende dans la partie sud de Rwamagana et les bassins à l'intérieur de la partie sud du District de Ngoma (Mugesera, Gahondo) et du District de Kirehe (ancien District de Rusumo). Dans la partie à l'intérieur du District de Ngoma, aucun cours d'eau permanent ne peut être observé. La rivière Matongo (Gahondo) s'écoule à la frontière entre les secteurs de Sake et Jarama et les secteurs de Gazo et Mutenderi, et son bassin correspond à une plaine marécageuse. Les rivières les plus représentatives à l'intérieur du District de Kirehe sont la rivière Cyunuzi et la rivière Gahezi (Rwagitugusa) et les eaux s'écoulent dans l'un et l'autre de ces cours d'eau. La rivière Cyunuzi s'écoule en direction du sud de l'intérieur de l'ancien District de Rukira et se jette en cours de route dans la rivière Gahezi. Elle change d'appellation dans la partie inférieure du bassin pour s'appeler Rwagitugusa et se jette ensuite dans la rivière Akagera. La rivière Gahezi s'écoule en direction est-ouest à l'intérieur du District de Kirehe. Le bassin de confluence entre ces deux rivières est utilisé pour la riziculture. La rivière Akagera s'écoule vers l'est le long de la frontière avec le sud de la Tanzanie et la direction de son cours change vers le nord aux alentours de Rusumo. De petites et moyennes rivières s'observent également dans ce bassin.

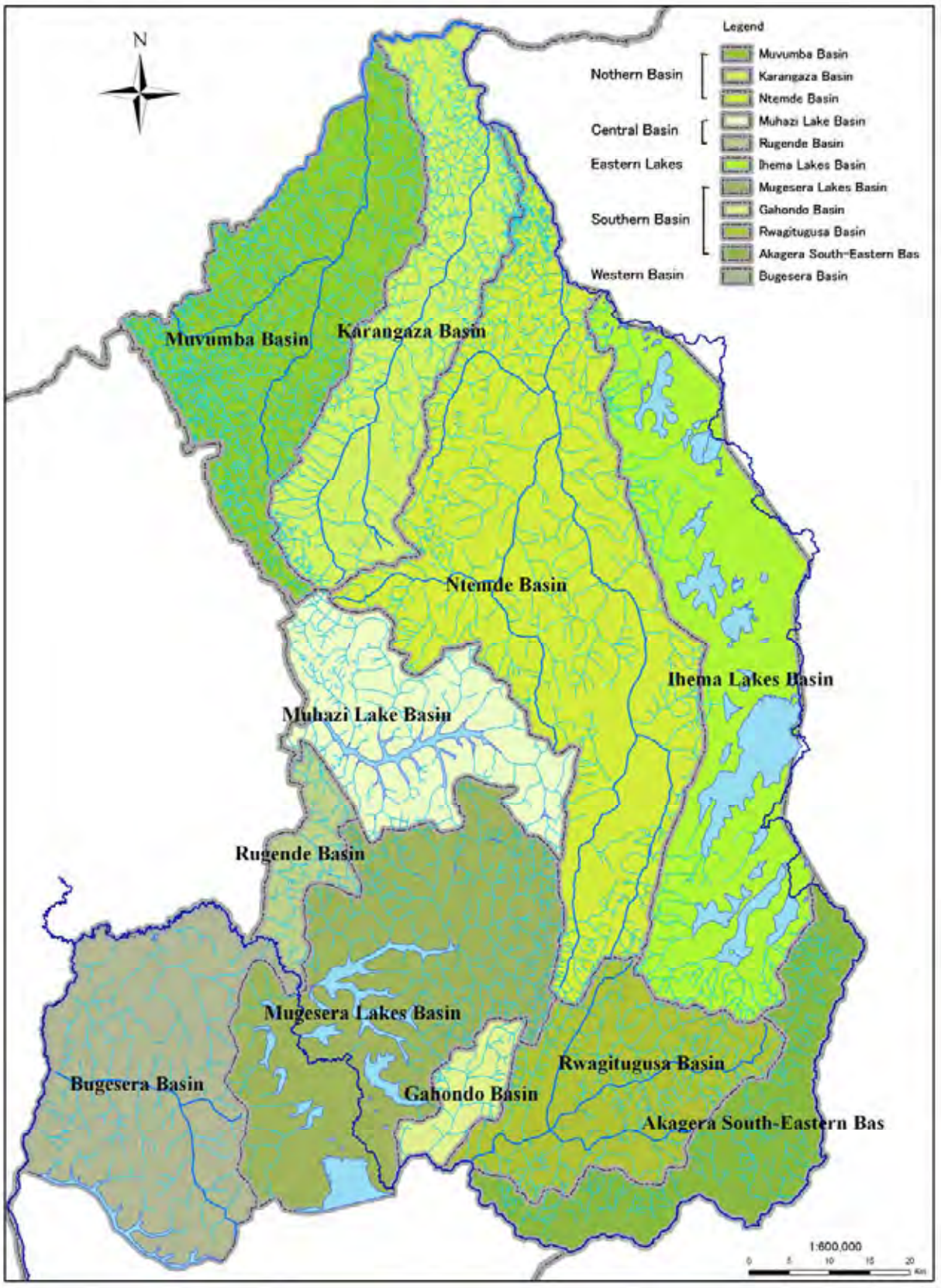
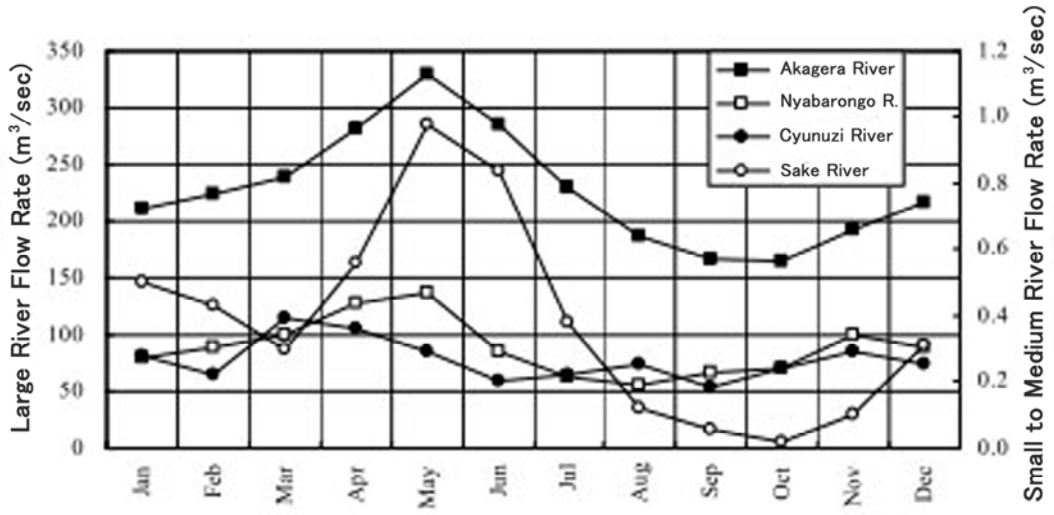


Figure A3-10　Carte de division du système hydrographique

3) Volumes d'écoulement des rivières et pourcentage de débit

Si de nombreuses rivières, affluents du système fluvial de la rivière Akagera, existent dans la Province, celles dont les eaux coulent en permanence sont en très petit nombre. Dans les anciens documents, les rivières Akagera, Nyabarongo, Cyunuzi et Sake sont mentionnées mais au moment où la présente étude a été effectuée, leurs donées d'observation ne sont pas restées que dans le cas de la rivière Cyunuzi. Dans le rapport de l'Etude de conception de base du projet rurale en République du Rwanda, exécutée en 2006, les données d'observation des rivières Akagera, Nyabarongo, Cyunuzi et Sake ont pu être obtenues, et analysées. Les résultats sont indiqués ci-dessous.



Source : Rapport de l'étude du concept de base pour le Projet de l'Hydraulique rurale dans la République de Rwanda, JICA, 2006

Figure A3-11 Débit des rivières de la zone du projet

Les volumes augmentent à partir du mois de mars, début de la saison des pluies, ils commencent ensuite à diminuer à partir de mai en allant vers la saison sèche. Le débit des rivières Akagera, Nyabarongo, catégorisées comme grands cours d'eau, est le plus bas en octobre. Par contre, pour les petits cours d'eau, le mois d'août/septembre est celui où le débit est le plus bas. Cela laisse supposer que le changement de débit des petits cours d'eau subit l'impact du débit des rivières environ 1 à 2 mois plus tard. Etant donné qu'il n'y a pratiquement pas de pluies durant la saison sèche, les volumes d'écoulement de cette rivière pendant cette période correspondent aux volumes d'écoulement de base et l'on suppose que la rivière est rechargée par les écoulements des eaux souterraines.

La figure A3-12 présente les relations entre le pourcentage de débit et les volumes des précipitations[1] dans le bassin de la rivière Cyunuzi (Source : Données de Kibungo). Le pourcentage de débit est obtenu par le rapport entre les volumes de précipitations et les volumes de débit. D'après cette figure, environ 15% à 20% des volumes de précipitations pendant les mois de février, mars, septembre, octobre et novembre de la saison de pluies alimentent les volumes d'écoulement des rivières. Par ailleurs, les volumes des précipitations sont insuffisants durant les mois de juillet et août de la saison sèche et l'on considère qu'il existe un débit à partir des eaux souterraines.

[1] Débit mensuel moyen : Observatoire de Rukira pour la rivière Cyunuzi (1996-1999), précipitations : Observatoire météorologique de Kibungo (2007-2009)

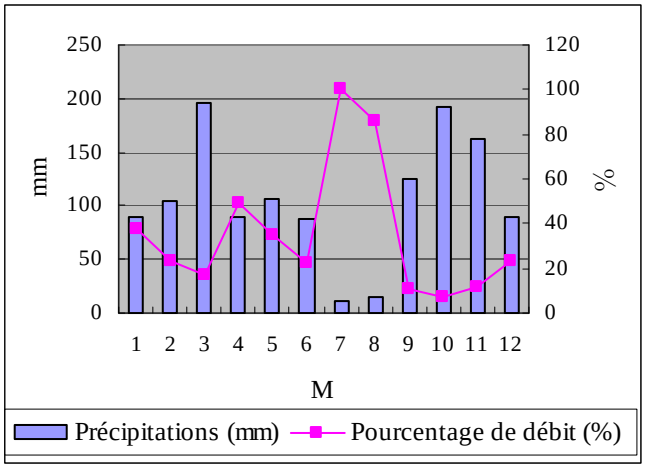


Figure A3-12 Relations entre les volumes des précipitations et les pourcentages de débit (Bassin de la rivière Cyunuzi)

Tableau A3-4 Volumes des précipitations et pourcentages de débit

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volumes des précipitations (mm)	90,2	104,8	195,3	89,2	106	87,6	11,5	14,1	125,9	191,4	161,7	89,6
Pourcentage de débit (%)	37,3	23,4	17,3	49,1	35,0	22,0	100<	86,3	10,4	7,6	11,4	22,9

4) Bilan hydraulique dans le bassin de la rivière Cyunuzi

La figure A3-13 présente les relations du bilan hydraulique par mois dans le bassin de la rivière Cyunuzi. Les volumes des précipitations (valeurs réelles mesurées) et les volumes d'évapotranspiration possibles (valeurs calculées) ont été obtenus par les documents de Kibungo à proximité de cette rivière, et les hauteurs de débit correspondent aux volumes d'écoulement de la rivière divisés par la superficie de son bassin (80 km2). Les volumes d'évapotranspiration + les hauteurs de débit sont nettement supérieurs aux volumes des précipitations durant les mois de juillet et août de la saison sèche. Par ailleurs si, dans le total sur toute l'année, ces volumes sont pratiquement équivalents aux volumes des précipitations, les volumes de recharge des eaux souterraines n'y sont toutefois pas inclus. Cela signifie, en d'autres termes, que dans le bilan hydraulique les volumes de recharge des eaux souterraines sont peu importants. D'après ce qui précède, on peut envisager le fait que les volumes de recharge des eaux souterraines par les précipitations n'augmenteront pas par rapport aux volumes actuels.

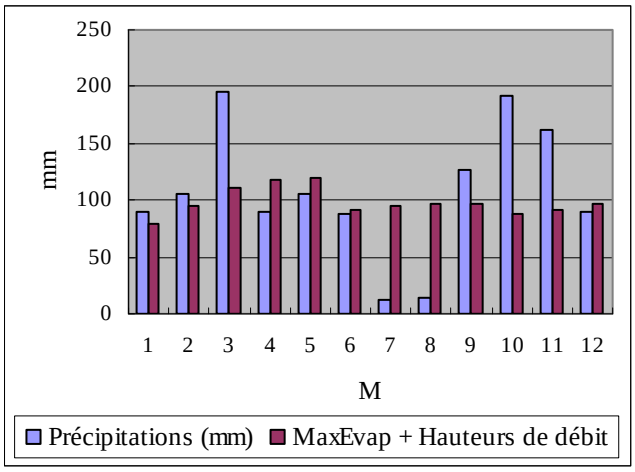


Figure A3-13 Bilan hydraulique du bassin de la rivière Cyunuzi

Tableau A3-5 Volumes des précipitations (mm) et volumes d'évapotranspiration possibles (mm), hauteurs de débit (mm)

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	An
Volumes des précipitations	90,2	104,8	195,3	89,2	106,0	87,6	11,5	14,1	125,9	191,4	161,7	89,6	1,267,3
Volumes d'évapotranspiration	76,3	70,4	76,4	75,0	82,7	72,3	79,9	84,6	84,5	74,9	72,6	76,7	926,3
Hauteur de débit	33,6	24,6	33,8	43,8	37,0	19,3	14,5	12,1	13,0	14,4	18,4	20,4	284,9
Evapotranspiration + Hauteur de débit	79,9	95,0	110,2	118,8	119,7	91,6	94,4	96,7	97,5	87,3	91,0	97,1	1,211,2

(2) Situation des ressources en eau existantes

Les ressources en eau d'alimentation en eau utilisées dans la Province de l'Est sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau A3-6 Synthèse des ressources en eau existantes dans la Province de l'Est

Ressources en eau		Volume d'eau (m^3/jour)	Localisation
Lacs	Lac Muhazi	1.200	District de Rwamagana
	Lac Mugesera	1.600	District de Rwamagana、($11.000\ m^3$ sont en plus captés pour la ville de Kigali)
	Lac Cyohoha sud	2.900	District de Bugesera
	Sous total	5.700	
Rivière	Rivière Ngoma	900	District de Nyagatare
	Rivière Muvumba	600	District de Nyagatare
	Sous total	1.500	
Eaux souterraines	Source	13.000	District de Nyagatare, District de Gatsibo, District de Kayonza, District de Rwamagana, District de Ngoma, District de Kirehe
	Forage avec pompe motorizée	200	District de Kayonza
	Forage avec pompe manuelle	3.000	District de Nyagatare, District de Gatsibo, District de Kayonza, District de Ngoma
	Sous total	16.200	
Total		23.400	

Le volume total capté de toutes les ressources en eau qui doit être fourni dans la Province de l'Est est d'environ 23.400 m^3/jour. Toutefois, ces ressources d'eau ne sont pas réparties de manière uniforme dans l'ensemble de la Province, et cette répartition tend à être biaisée. L'utilisation de rivières comme ressource en eau est limitée au district de Nyagatare et aux cours d'eau qui prennent leur source dans la zone montagneuse située à la frontière de la Province de l'Est. La turbidité de l'eau est relativement faible ; les cours d'eau ayant un flux d'eau permanent sont concentrés dans le système fluvial de la Muvumba En amont, le captage se fait directement aux rivières, mais en arrivant le plus en aval, la turbidité passe de 24,3 à 200 NTU, et l'eau est prise du cours sous-jacent par tuyau enterré. En amont, le captage se fait directement aux rivières, mais en arrivant le plus en aval, la turbidité passe de 24,3 à 200 NTU, et l'eau est prise du cours sous-jacent par tuyau enterré.

Point de captage Tovu à la rivière Ngoma

Point de captage Matimba en aval sur la rivière Muvumba

Les eaux de source tendent à se concentrer dans les zones comportant des roches métamorphiques. Ces zones présentent un relief escarpé dû à l'action de l'érosion survenue après avoir été soulevées sous l'effet des forces extérieures du métamorphisme. En même temps, leur nature géologique facilement altérable a pu assurer dans une certaine mesure une couche de sol superficiel, où la végétation prospère et l'eau est retenue près de la surface de la terre. Cela explique que les sources s'y développent et fournissent un volume d'eau stable ; elles sont exploitées depuis des temps anciens pour l'approvisionnement en eau selon le mode d'écoulement naturel dans les zones montagneuses de l'ouest des districts de Nyagatare et Gatsibo ainsi que dans les districts de Kayonza, Ngoma et Kirehe. Pourtant, selon les résultats des enquêtes réalisées auprès des mairies et des populations locales, le débit de ces sources tend récemment à baisser; or, il n'existe aucun relevé sur les variations annuelles du débit des sources et la situation réelle ne peut être appréhendée avec des données chiffrées. Il est vrai que, ces dernières années, les défrichements ont progressé dans les zones montagneuses, que diverses cultures sont réalisées à plus de 2000m d'altitude même lorsque les pentes atteignent 30 degrés, et que les superficies forestières s'amenuisent de plus en plus.
La distribution des ressources en eau précédentes se trouve à la Figure A3-14.

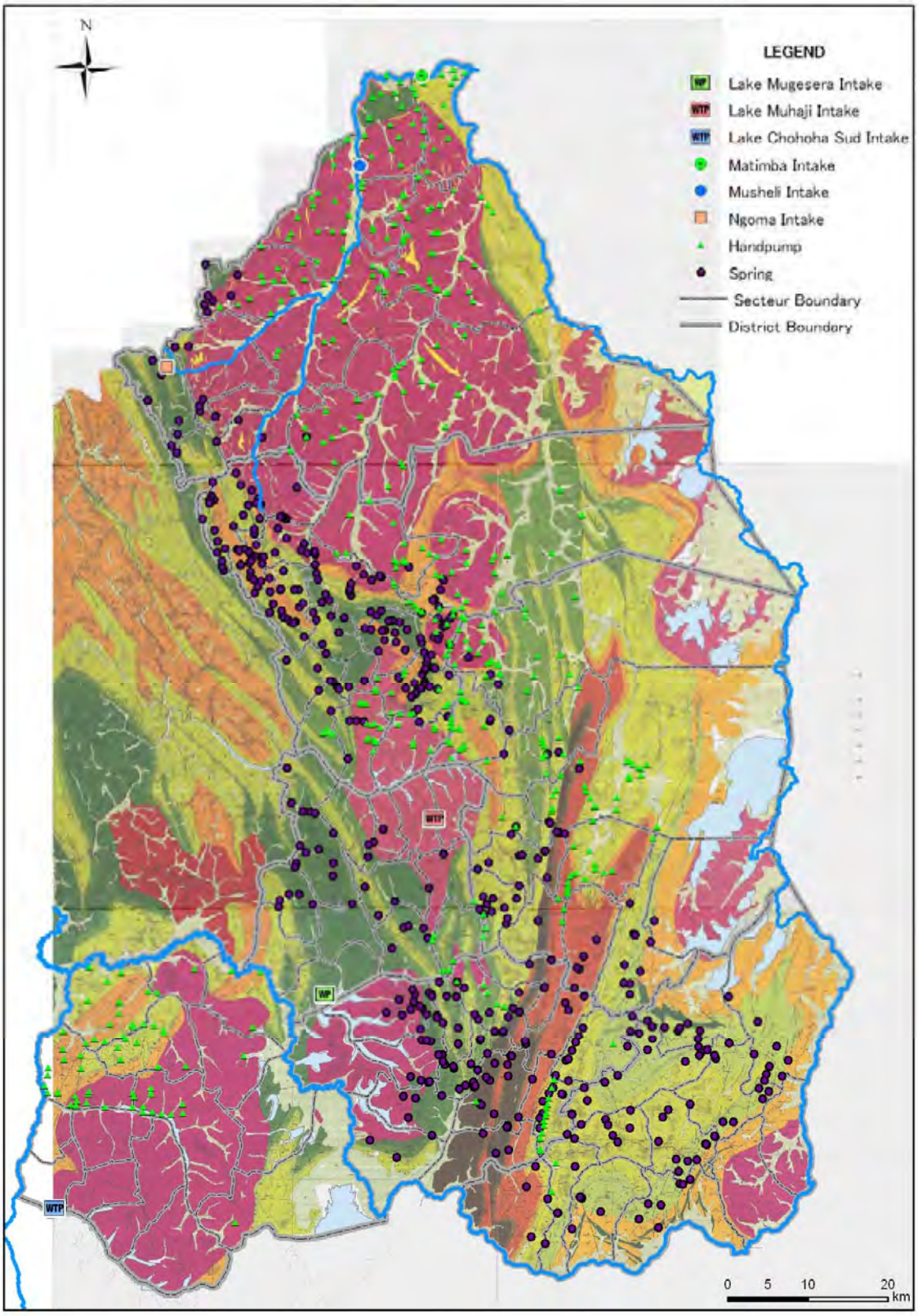


Figure A3-14 Plan de localisation des sources existantes

(3) Ressources en eau et réserve estimée

Les ressources en eau pour l'alimentation en eau dans la Province de l'Est sont des sources, eaux souterraines, lacs et rivières, et les ressources en eau des sources et eaux souterraines ont été calculées sur la base des résultats de l'étude.

1) Sources

Comme l'indique la Figure A3-15, l'eau de pluie infiltrée dans le sol devient eau souterraine, et forme une source quand une partie jaillit en surface; l'écoulement se fait en couche peu profonde, la période de séjour est courte et l'écoulement subit facilement des changements saisonniers. Le volume d'eau de source actuellement utilisé en tant que source a été calculé, et le pourcentage d'eau de source par rapport aux précipitations calculé à partir du rapport avec les précipitations sur cette surface de bassin, pour estimer la réserve de la source.

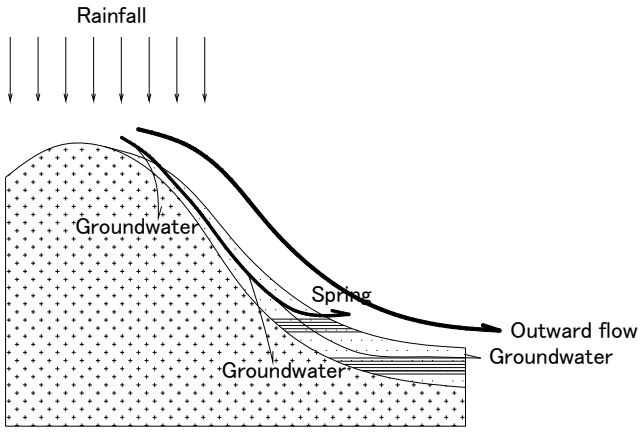


Figure A3-15 Coupe modélisée de source

Pour obtenir ce pourcentage, 16 sources ont été sélectionnées dans la Province de l'Est, et le volume de la source mesuré sur place. La surface de captage a été calculée à partir de la carte topographique au 1/50.000. Le volume d'écoulement des canalisations de distribution des sources protégées (sources aménagées) a été mesuré avec des récipients d'une capacité fixée, et le volume de la source mesuré par unité de temps.

Les résultats des mesures ci-dessus, surface de captage à l'emplacement de chaque source et résultats du calcul du pourcentage des sources dans les précipitations annuelles sont indiqués dans le Tableau A3-7. Et la Figure A3-16 indique l'emplacement mesuré de la source et sa zone de captage. Les précipitations annuelles moyennes de 1986-1990 à la station d'observation de Ngarama (district de Gatsibo) ont été utilisées pour les précipitations annuelles.

Tableau A3-7 Pourcentage des sources dans les précipitations dans chaque bassin

District	Secteur	Nom de source	Volume des sources		Surface de captage	Précipitations		Pourcentage des sources dans les précipitations
			Mesures	Volume annuel	(de carte)	Moyenne Prov l'Est	Moyenne annuelle	
			①(l/min)	①x60x24x365/1000=②(m3/an)	③(m2)	④(m)	③x④=⑤(m3)	②/⑤x100(%)
Gatsibo	Kiramuruzi	Kagina	60	31,536	3,006,810.34		2,691,997	1.17%
	Muhura	Nyakagezi	41	21,550	6,082,742.45		5,445,879	0.40%
Kayonza	Kabare	Kiburara	64	33,638	48,241,890.87		43,190,965	0.08%
	Kabarondo	Mubugazire	180	94,608	6,663,765.26		5,966,069	1.59%
	Murama	Gicaca	92	48,355	5,629,659.93		5,040,235	0.96%
	Murama	Nyaruriba	68	35,741	8,988,071.14		8,047,020	0.44%
Kirehe	Kigarama	Nyagashagara	110	57,816	2,251,530.91		2,015,796	2.87%
	Kigina	Rwakiriba	108.5	57,028	3,030,663.13		2,713,353	2.10%
	Nasho	Mutsindo	62	32,587	3,431,077.86	0.896	3,074,246	1.06%
Ngoma	Kibungo	Nyamuganda	162	85,147	3,826,708.75		3,426,052	2.49%
	Kibungo	Rwasaburo	260	136,656	9,370,985.49		8,389,843	1.63%
	Mugesera	Nyakagezi	40.5	21,287	1,895,828.13		1,697,335	1.25%
	Murama	Kabashima	65	34,164	15,070,534.67		13,492,650	0.25%
Rwamagana	Kigabiro	Kabura	67.9	35,688	3,133,499.75		2,805,422	1.27%
	Kigabiro	MKM	60	31,536	16,034,346.27		14,355,550	0.22%
	Muyumbu	Kwairivera	32.4	17,029	11,881,678.97		10,637,667	0.16%
				774,366			132,990,079	**0.58%**

Comme le système de jaillissement et les caractéristiques du bassin diffèrent pour chaque emplacement de source, le pourcentage du volume des sources dans les précipitations annuelles varie entre 2,87% et 0,08%, mais la moyenne pondérée a été de 0,58%. Cette moyenne pondérée a été utilisée comme taux de jaillissement annuel des sources dans la zone concernée, et le volume de réserve annuel a été obtenu en le multipliant par la surface de captage.

Les surfaces de captage des sources ont été calculées sur la carte en excluant les zones granitiques et les zones plates où il n'y a pas formation de source (Figure A3-17). Les résultats de calcul sont présentés ci-dessous.

Surface de captage x précipitations moyennes x pourcentage du volume des sources= Réserves d'eau annuelles (volume des sources utilisable)

$3.237.000.000m^2 \times 0,896m \times 0,58\% = \mathbf{16.822.000m^3}$

La période de mesure du volume des sources est de janvier à février, et dans cette période les cours d'eau ne s'écoulent pas. On suppose qu'il y ait de possibilité de majoration du débit en cas de calcul. Par conséquent, dans ce rapport 70% des résultats du calcul ci-dessous, 11.775.000 m^3, ont été fixés comme volume de sources utilisable.

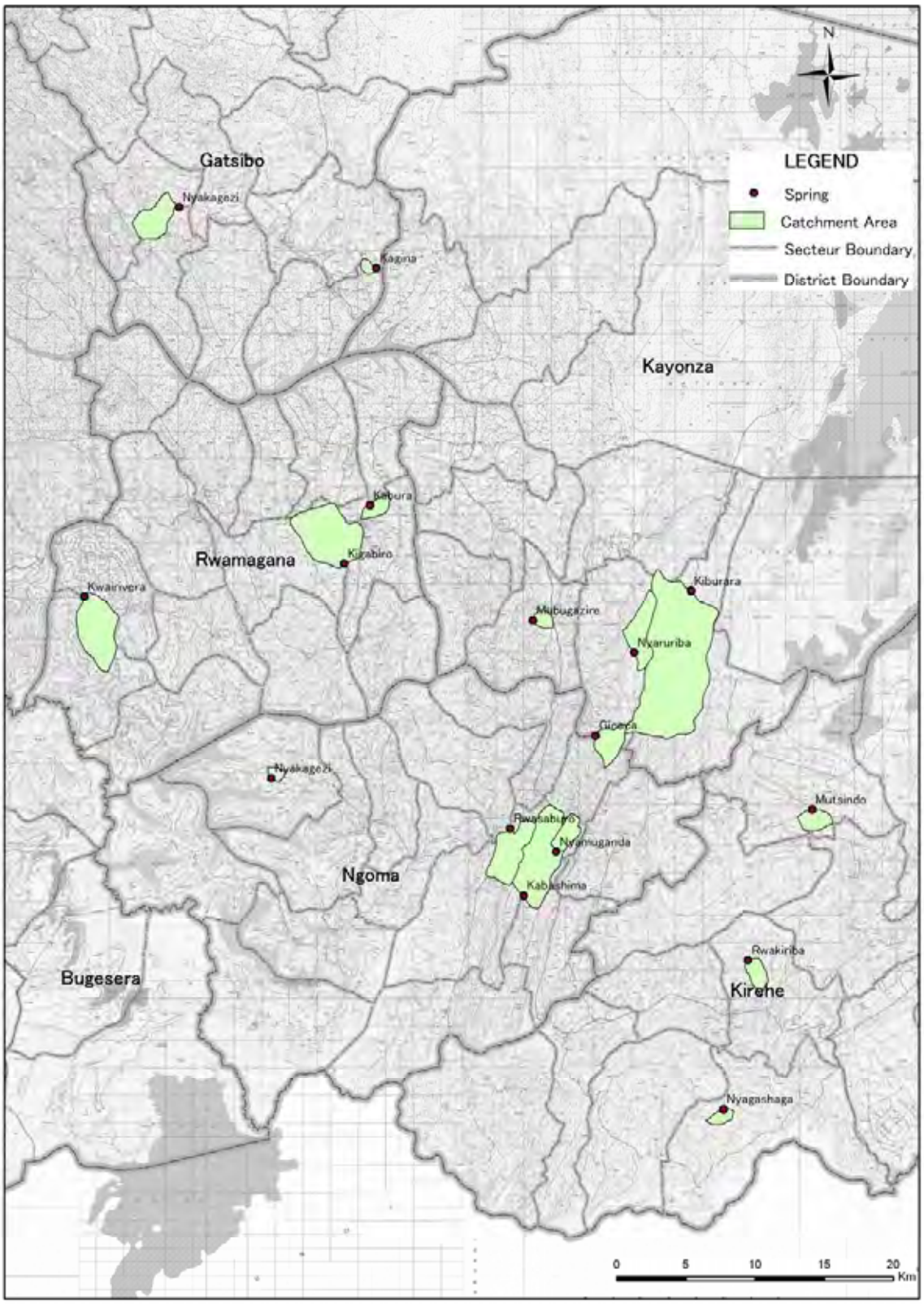


Figure A3-16 Points de mesure du volume des sources et zone de captage

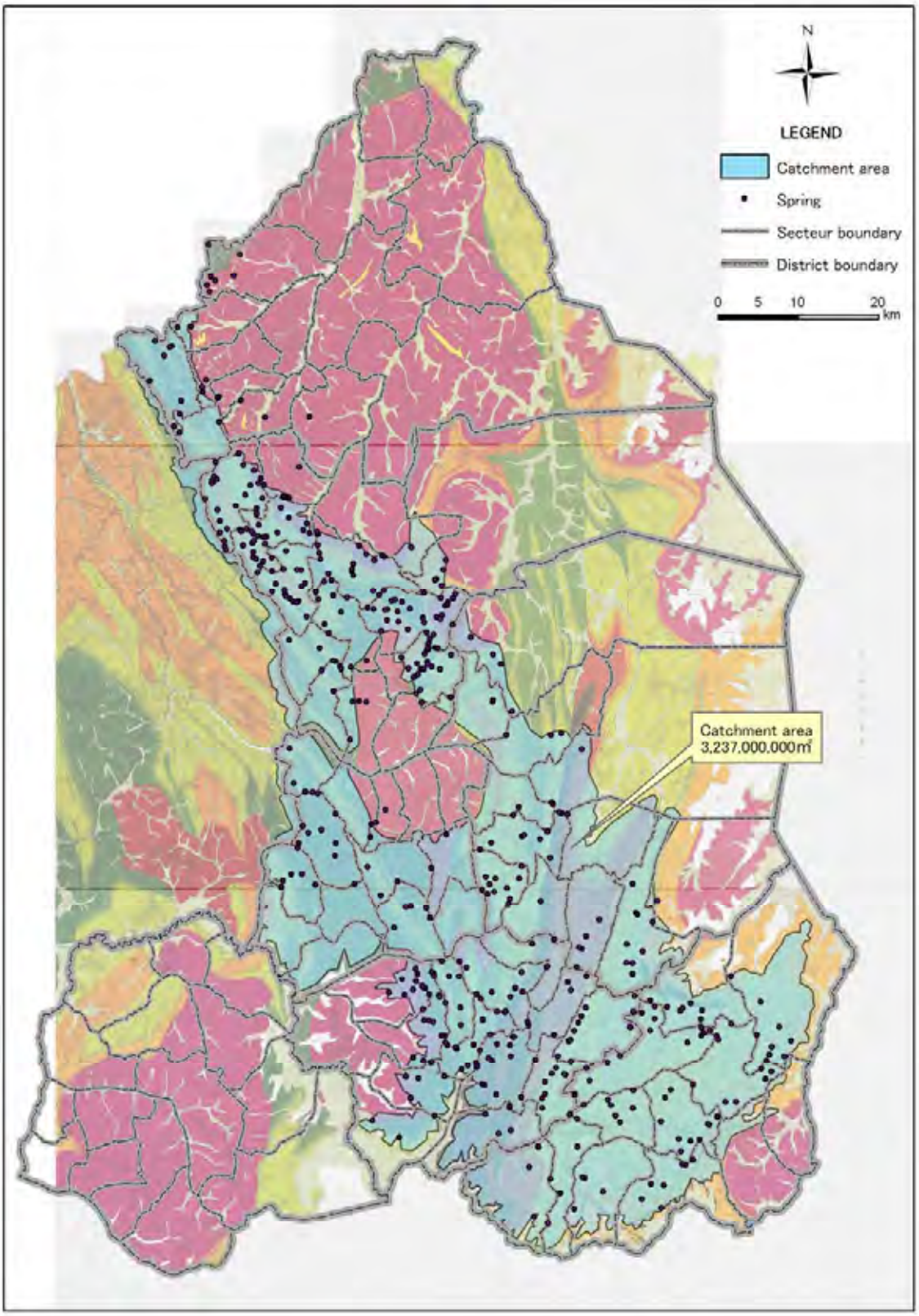


Figure A3-17　Carte de distribution des points de source

2) Eaux souterraines

La possibilité de développement d'eaux souterraines est la plus élevée aux environs des plaines alluvionnaires développées dans les parties basses des vallées. Les zones adaptées ont été extraites sur la carte, et le volume de réserve d'eaux souterraines a été estimé en multipliant cette surface et l'épaisseur de la couche aquifère par le taux d'espace efficace. La distribution des zones altérées laissant espérer une couche aquifère est une épaisseur moyenne de 21 m, une profondeur moyenne de 24-45 m directement au-dessus du socle d'après les résultats de la prospection électrique. Mais dans les mêmes zones altérées, il y a des ceintures très altérées qui peuvent être des couches aquifères et des ceintures faiblement altérées; il est difficile d'identifier ces couches faibles et fortes uniquement par la résistivité de la prospection électrique. Par conséquent, les informations de construction de forages existants et une enquête auprès des entreprises de forage ont été analysées, ce qui a permis de vérifier que la plupart des forages positifs se trouvaient sur les terres basses des vallées, que de l'eau était puisée de la partie inférieure très altérée au-dessus du socle, et que la longueur de crépine installée était de 6 m maximum. Comme la crépine est fabriquée à une longueur fixe, en considérant la marge ordinaire d'installation et que la crépine n'est pas ajustée sur la partie raccord de tuyau, la couche aquifère est été estimée à 5 m d'épaisseur de la couche très altérée au-dessus du socle.

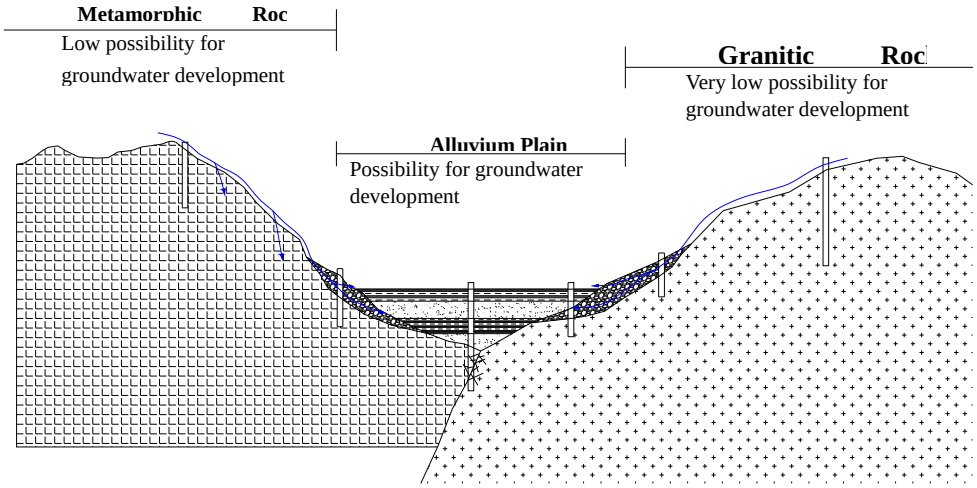


Figure A3-18 Zone d'exploitation possible des eaux souterraines dans la zone concernée

D'après "Physical and Chemical Hydrogeology, 1st edition, Patrick A. Domenico and Franklin W Schwartz", le taux d'espace efficace est indiqué comme dans le tableau suivant, plus petit d'un chiffre que le taux d'espace. D'après ce tableau, le taux d'espace efficace des granites altérés est de 3,4 à 5,7%, et la couche altérée, considérée à partir de la valeur de résistivité résultat de la prospection électrique et de la couche de sable (sable fin) de la structure formatrice de 2,6 à 5,3%. Dans ce rapport, le taux d'espace efficace est considéré comme celui de la couche de sable (sable fin) de 3%.

Tableau A3-8 Espaces dans les matériaux

Matériau	Taux d'espace (%)	Matériau	Taux d'espace (%)
Matériaux entassés		Roches cristallines	
Conglomérat en matériau grossier	24-36	Roches cristallines fracturées	0-10
Conglomérat en matériau fin	25-38	Roches cristallines très denses	0-5
Sable grossier	31-46	Basaltes	3-35
Sable fin	26-53	Granites altérés	34-57
Limon	34-61	Gabbro	42-45
Argile	34-60		
Roches entassées			
Grès	5-30		
Microgrès	21-41		
Calcaire, dolomite	0-20		
Calcaire karstique	5-50		
Schiste argileux	0-10		

Source: Physical and Chemical Hydrogeology, 1st edition, 1990

Possibilité de foration x épaisseurs de la couche aquifère x taux d'espace = réserve d'eau souterraine

561.498.000m^2 × 5m × 3% = **84.224.000 m^3**

Possibilité de foration : Calcul de la surface de la zone alluviale à partir de la carte topographique

Epaisseur de la couche aquifère : estimation à partir des forages existants et des résultats de la prospection

Taux d'espace efficace : estimé à 3% dans la couche de sable

3) Eaux des lacs

Les lacs concernés sont les lacs de Muhazi, Mugesera et Cyohoha Sud. Le niveau de l'eau de ces lac n'a pas été mesuré, néanmoins et les responsables des centre de traitement des prises d'eau ont répondu lors des interviews que la tendance de diminution annuelle du niveau d'eau n'était pas constatée et la variation annuelle du niveau d'eau était de moins d'1 mètre, quel que soit le lac concerné. On dit que la variation du niveau d' eau est satble. Mais il n'y a pas de données d'observation du niveau d'eau des lacs, et le calcul du volume de réserve est difficile; aussi, le volume de captage des lacs a été considéré comme le volume d'eau utilisable lors de l'étude, et ce volume de captage est comme suit.

Tableau A3-9 Volume de captage des lacs

Nom du lac	Volume de la prise d'eau (m3)	
	Par jour	Par an
Lac Muhazi	1.200	438.000
Lac Mugesera	1.600	584.000
Lac Cyohoha Sud	2.900	1.058.500
Total	5.700	2.080.500

4) Eaux des rivières

Les rivières qui coulent constamment et sont exploitables pour l'alimentation en eau sont le système fluvial de la Muvumba qui prend sa source dans les montagnes à la limite du district Nyagatare et Kitumbi. Le captage est fait à 3 emplacements sur ce système fluvial et le débit est stable. Le volume capté aux points de captage actuels est comme suit.

Tableau A3-10 Volume de captage des rivières

Point d'eau	Volume de la prise d'eau (m3)	
	Par jour	Par an
Ngoma	900	328.500
Musheli	200	73.000
Matimba	400	146.000
Total	1.500	547.500

Une mesure du débit simple a été faite à 2 emplacements sur le système fluvial de la Muvumba en septembre, et 0,552 m^3/sec. a été obtenu au point de mesure du secteur de Kiyombe (point de captage de la Ngoma) et 0,95 m^3/sec. au point de mesure du secteur de Nyagihanga.

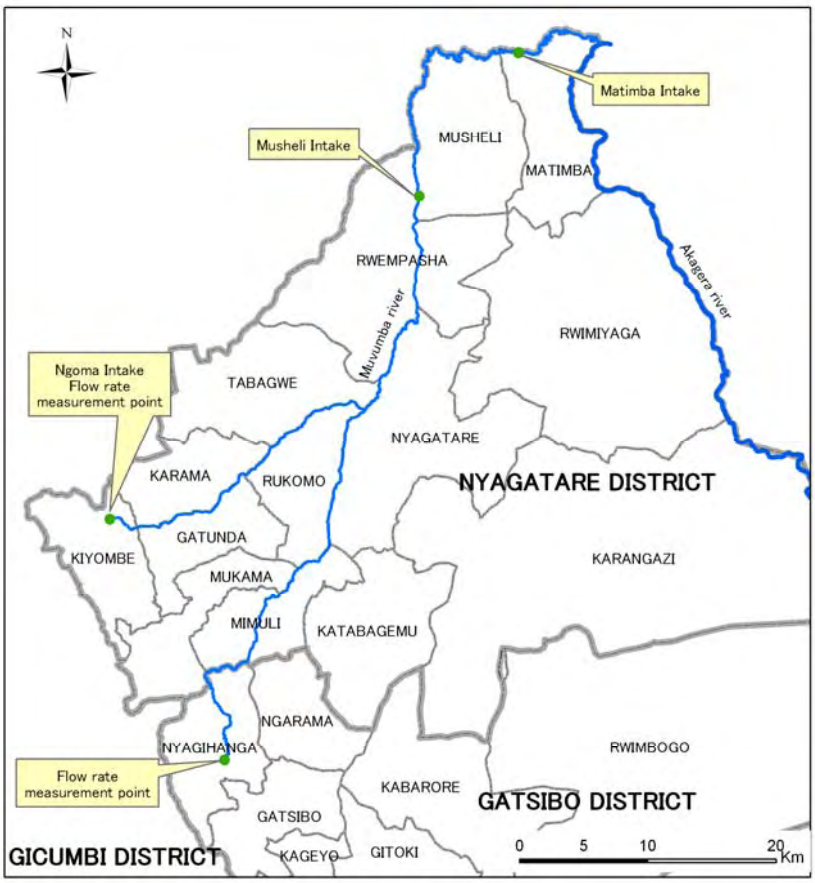


Figure A3-19 Point de mesure du débit de la rivière Muvumba

Le volume des réserves de ressources en eau approximatif de la Province de l'Est, indiqué de 1) à 4) a été compilé dans le tableau suivant, ce qui a permis d'obtenir environ 100 millions de m^3 (env. 270.000 m^3/jour).

Tableau A3-11 Réserves des ressources en eau dans la Province de l'Est

Ressource en eau	Volume de réserve		Remarque
	m^3/an	m^3/j	
Sources	11.775.000	32.000	
Eau souterraine	84.224.000	231.000	
Lacs	2.080.500	5.700	Volume de captage au moment de l'étude
Rivières	547.500	1.500	Volume de captage au moment de l'étude
Total	98.627.000	270.200	

(4) Qualité de l'eau

Ordinairement, les opérateurs gérant les ouvrages hydrauliques doivent périodiquement contrôler la qualité de l'eau, mais comme les informations existantes sont très peu nombreuses, des essais de qualité d'eau simples ont été réalisés par pack-test pour saisir la qualité de l'eau des ouvrages hydrauliques existants et des ressources en eau candidates. En plus des résultats des essais de qualité d'eau antérieurs lus lors de l'étude préliminaire, les résultats des essais de qualité d'eau des ouvrages hydrauliques de système AEP existants et des sources protégées réalisés dans cette étude remplissent les conditions des Lignes directrices de l'OMS.

Toutefois pour les pompes manuelles, le fer, le manganèse et le fluor dépassent les valeurs standard, et les zones granitiques du district de Nyagatare ont tendance à une forte valeur en fer et manganèse (Voir la Figure A3-21). De plus, une résistivité électrique élevée de 100 à 300 mS/m a été mesurée dans l'eau pompée par pompe manuelle se situent dans la vallée de Umwago incluant le Lac Kamdebell et le lac Cyohoha Nord; la résistivité électrique étant de 137,2 mS/m au lac Cyohoha Nord, cette vallée a une forte résistivité électrique, et est inadaptée au captage de l'eau souterraine. Le lac Cyohoha Nord de cette vallée n'a pas une sortie de débit importante, et les conditions climatiques dépassant l'évapotranspiration plutôt que les précipitations ont peut-être produit cette zone à forte conductivité électrique.

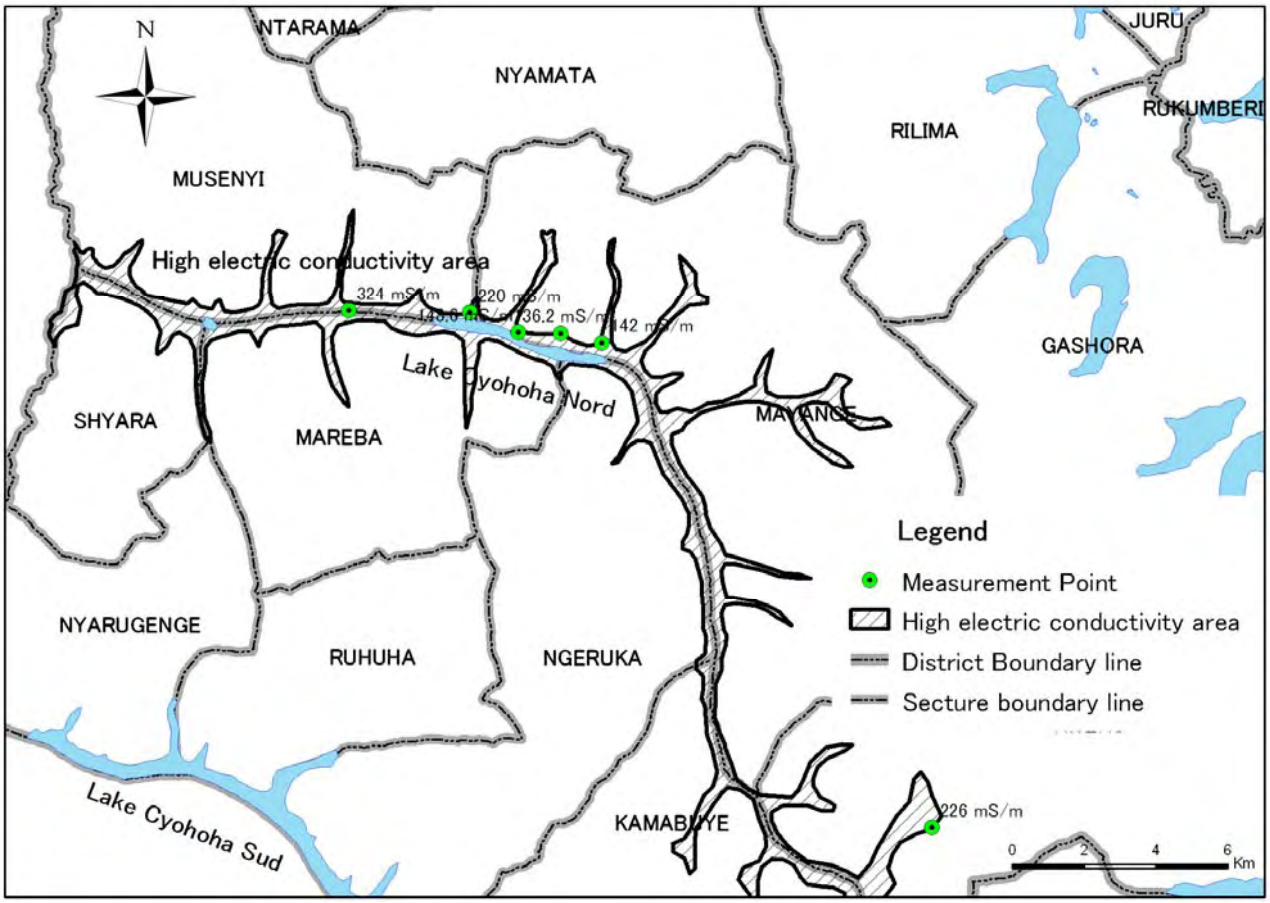


Figure A3-20 Zone de forte conductivité dans le district de Bugesera

Ordinairement, l'eau souterraine pompée par pompe manuelle est considérée adaptée comme eau potable, mais il y a des forages où de l'eau dépassant les normes de l'OMS est pompée, et il faudra dorénavant faire des mesures continues de l'influence sur les habitants. Les analyses de qualité de l'eau sont indiquées dans la page suivante.

Tableau A3-12　Oualité de l'eau

No.	Location			Water Source Name	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Yield ℓ/min	Temp ℃	pH	TDS ppm	Conductivity ms/m	NO3 ppm	Fe ppm	Mn ppm	F ppm	Total hardness ppm	Chloride ppm	SO4 ppm	Coliform group,cfg.
	District	Secteur	Cell																	
1	Gatsibo	Bugarama	Gihuta	Spring Ntende	-01 42' 52.7"	30 24' 34.5"	1,355	52.9	23.9	5.9	277	56.5	10<	0.2>	0	0	50	150	0	
2		Gasange	Bibare	Gasigati	-01 46' 47.98"	30 18' 45.93"	1,594		24.6	4.6	380	79.4	5	0.2>	0.5>	0	30	100>	0	Detect little
3			Kigabiro	HP	-01 48' 15.16"	30 18' 37.28"	1,502		24.1	5.9	265	52.7	2	0.5	0	0	20	100>	0	
4		Kabarore	kabarore	HP	-01 37' 07.1"	30 23' 11.7"	1,471		25.5	6.6	42	8.4	1	0.2>	0	0	10	100>	0	
5			Kabeza	HP	-01 36' 44.0"	30 23' 52.6"	1,474		25	6.4	80	16.4	4	0.2>	0	0	10	100>	0	
6			Marimba	HP	-01 36' 17.5"	30 19' 14.2"	1,411		26.1	7.1	156	30.9	1>	0.2>	0	0	100	100>	0	
7			Nyabikiri	HP	-01 36' 09.4"	30 25' 25.7"	1,467		24.2	6.2	41	8.5	1	0.2>	0	0	10	100>	0	
8			Simbwa	HP	-01 32' 44.0"	30 21' 26.2"	1,380		26.6	6.8	131	25.8	2	0.2	0	0	50	100>	0	
9		Kageyo		Kaninga	-01 39' 30.71"	30 15' 58.95"	1,676	26	20.7	5.24		19.39	10	0.2	0	0	10	100>	0	
10		Kiramuruzi	Gakenke	HP	-01 48' 05.58"	30 25' 48.58"	1,466		22.8	6.3	257	51.2	5	0.5	0	0	20	100>	0	
11			Kagina	HP	-01 47' 11.50"	30 26' 39.37"	1,485	70	22.9	5.8	286	58.2	10	0.2>	0	0	30	100>	0	
12		Matunguru	Matungiro	HP	-01 40' 32.3"	30 27' 50.5"	1,338		25.6	7.1	574	115.2	1>	0.5	0	3	100	200<	0	
13			Rambura	HP	-01 40' 13.3"	30 27' 07.9"	1,349		26.6	7	26	5.3	0.3	0.5	0	0	10	100>	0	
14		Mufura		Kibir-Mpaza	-01 43' 20.60"	30 15' 19.80"	1,616	83.1	20.8	5.61		32.2	45	0	0	0	50	100>	0	
15		Muranbi	Muranbi	Byimana	-01 47' 31.21"	30 20' 59.43"	1,499		24.4	5.9	306	61.5	10	0.2>	0.5>	0	40	100>	0	
16		Nyagihanga	Kibari	Gashure	-01 32' 45.40"	30 11' 42.80"	1,639	41	21.3	5.19		29.4	20	0	0	0	50	100>	0.1	Not detect
17				Rwobe-1	-01 36' 00.46"	30 11' 25.39"	1,775	53.4	20.3	5.07		6.05	2	0	0	0	10	100>	0	Not detect
18		Rugarama	Gihuta	Spring Kanyangese	-01 41' 11.0"	30 24' 31.1"	1,364		24	6.6	311	61.6	45<	0.2>	0	0	30	100-150	0	
19			Matunguru Rutindo	HP	-01 40' 44.7"	30 26' 42.0"	1,351		25.7	7	91	18.1	0.2>	0.3	0	0	30	100>	0	
20		Rwimbogo	Rwikiniro	HP	-01 38' 48.5"	30 27' 24.4"	1,384		25	6.6	98	19.6	1	0.5	0	0	20	100>	0	
21			Kiburara	HP	-01 39' 55.3"	30 24' 39.41"	1,406		24.3	6.8	294	58.7	1	0.2>	0.5>	0	70	150	0	
22			Kiburara	HP	-01 40' 04.65"	30 24' 55.98"	1,386		24	6.9	287	57.6	10<	0.2>	0.5>	0	60	100>	0	
23	Kayonza	Gahini		Nyabombe	-01 49' 45.18"	30 33' 25.96"	1,456		23.8	6	57	11.4	5	0.2>	0	0	20	100>	0	Not detect
24		Murama		Gicaca	-02 05' 21.24"	30 35' 10.32"	1,400		24.3	5.6		30.7	10	0.2>	0	0	100	100>		
25				Kabonobono	-02 03' 14.28"	30 35' 47.76"	1,450		26.4	5.7		24.2	2	0.2>	0	0.4	75	100>		
26		Murundi	Karambi	Gisagora	-01 43' 09.62"	30 28' 02.95"	1,374	20	24.5	5.8	40	7.9	5	0.2>	0	0	10	100>	0	Not detect
27			Rukara	Ryakiramba	-01 48' 08.71"	30 30' 50.16"	1,482	20	24.3	6	50	10	2	0.2>	0	0	10	100>	0	
28			Ryamanyori	Nyamga	-01 45' 00.59"	30 30' 05.06"	1,389	15	28	5.9	64	16.7	3	0.2>	0	0	10	100>	0	Not detect
29		Mwiri	Migera	Rugege Ⅰ	-01 54' 25.93"	30 33' 35.75"	1,469	26	23.9	6	51	10.2	3	0.2>	0	0	10	100>	0	
30				HP:Rbonobono Ⅰ	-01 53' 32.18"	30 33' 42.72"	1,485		25	6.5	89	18.7	10	0.5	0.5>	0	20	100>	0	
31				HP	-01 54' 31.44"	30 40' 45.72"	1,330		22.1	6.2		23.2	1	0.2>	0	0	75	100>		
32		Kabarondo		Mubugazire	-02 00' 51.18"	30 32' 43.98"	1,420		23.3	5.3		21.3	10	0.2>	0	0	50	100>		Not detect
33		Rukara	Rugarama	Cyatokue	-01 49' 44.97"	30 30' 26.30"	1,471		25	5.9	55	11.4	2	0.2>	0.5>	0	10	100>	0	Not detect
34			Nyakariba	HP	-01 47' 31.58"	30 29' 30.81"	1,503	8	24.1	6.1	122	24.5	10	0.2>	0	0	20	100>	0	
35				HP	-01 48' 50.54"	30 26' 39.21"	1,459		24.3	6.2	364	76.4	5	0.5	0	0	10	100>	0	
36		Ruramira	Bugambira	Rwanyakajyugo	-02 00' 32.11"	30 29' 09.35"	1,363	41	22.5	5.5	134	26.9	10	0.2>	0	0	20	100>	0	
37			Kabukara	Karaso	-01 59' 28.04"	30 29' 43.43"	1,444	11	22	5.7	129	25.8	10	0.2>	0	0	10	100>	0	
38			Nkamba	Rwanyakagobo	-02 00' 14.13"	30 28' 48.04"	1,367	15	23.8	5.1	138	37.5	10	0.2>	0.5>	0	15	100>	0	
39			Ruyonza	Gitoki	-01 59' 28.30"	30 31' 18.79"	1,478	95	22.5	5.7	135	27	10	0.2>	0.5>	0	30	100>	0	
40			Umubuga	Akabuye	-02 00' 50.69"	30 30' 41.92"	1,377	30	22.4	5.4	159	31.8	10	0.2>	0	0	20	100>	0	
41				Gatore	-01 58' 37.73"	30 31' 29.03"	1,507	32	24	5.3	134	27	10	0.2>	0	0	20	100>	0	
42				Rutaka	-02 00' 23.12"	30 29' 38.48"	1,399	27	23	5.6	145	24.5	6	0.2>	0	0	10	100>	0	
43				HP:Kiyapani-Karambo	-01 59' 41.13"	30 28' 29.54"	1,379		23.4	5.9	209	42	2	0.2>	0	0	20	100>	0	
44		Rwinkwavu		HP	-01 57' 39.24"	30 35' 22.38"	1,370		27.1	5.2		27.3	0.5	0.2>	0	0	100	100>		
45				Spring	-01 59' 17.64"	30 34' 47.22"	1,380		28.5	5.6		33.5	2	0.2>	0	0	100	100>		
46				HP	-01 59' 31.44"	30 34' 09.24"	1,440		21.9	5.6		26	10	0.2>	0	0	100	100>		
47		Gahini	Juru	HP	-01 49' 47.2"	30 33' 17.5"	1,466		24.8	6.5	72	13.9	1>	0.3	0	0	30	100>	0	
48		Murundi	Karambi	HP	-01 41' 52.03"	30 27' 54.58"	1,364		24	6.9	84	16.9	0.2	0.5	0	0	20	100>	0	
49			Karambi Nyamirama	HP	-01 42' 46.6"	30 28' 45.9"	1,355		25.7	7.2	93	18.5	1	0.2>	0	1	20	100>	0	
50			Karambi Rugunga	HP	-01 42' 04.6"	30 29' 03.5"	1,332		24.7	7.6	165	34	1>	0.2>	0	3	10	100>	0	
51			Ryamanyoni	HP	-01 44' 11.1"	30 30' 09.6"	1,347		23.9	6.7	83	17	1	0.2>	0	0.4	10	100>	0	
52		Mwiri	Kageyo	HP	-01 52' 40.0"	30 38' 05.8"	1,336		24.3	6.7	214	43.2	1>	0.5	0	3	20	100>	0	
53			Kageyo	HP	-01 51' 13.6"	30 38' 55.0"	1,317		27.9	10	219	44	1>	0.2	0	3	10	150	0.2	
54		Gatore		HP	-02 17' 16.32"	30 33' 57.66"	1,340		23.3	5.7		41.3	1	0.2>	0	0	75	100>		
55	Kirehe	Kirehe		River	-02 17' 19.14"	30 39' 28.80"	1,410		24.1	5.6		16.4	1	0.2>	0					
56				Spring	-02 15' 51.18"	30 38' 06.06"	1,500		25.5	5.6		24	1	0.2>	0					
57	Ngoma	Gashanda	Mutsindo	Kwamuhire	-02 08' 32.26"	30 30' 21.05"	1,394	43.5	22.3	6.3	58	11.6	10	0.2>	0	0	10	100>	0	Not detect
58		Kazo		Nyamuhinali	-02 11' 42.12"	30 30' 46.62"	1,500		24	6.8		16.5	2	0.2>	0	0	50	100>		
59		kibungo	Karama	Rwasaburo	-02 09' 10.61"	30 31' 53.04"	1,446		21.2	5.9	66	13.2	10	0.2>	0	0	10	100>	0	Not detect
60		Murama	Mvumba	HP	-02 11' 48.53"	30 33' 50.74"	1,377		22.5	6.6	194	38.8	0.5	0.2	0	0	50	100>	0	Not detect
61		Rukira	Kibatsi	Gasovo	-02 07' 18.66"	30 39' 04.62"	1,680		27	5.2		26	1	0.2>	0	0	50	100>		Detect little
62		Sake	Nyarurembo	Kiriko	-02 12' 44.82"	30 23' 37.80"	1,330		26.6	5.5		13.1	2	0.2>	0	0	50	100>		Detect little
63				Rukoma	-02 11' 53.22"	30 22' 50.76"	1,360		24.4	5.8		12.6	5	0.2>	0	0	50	100>		
64		Zaza	Ruhinga	Gisuma	-02 11' 50.57"	30 24' 50.62"	1,357	270	24.4	6.4	54	10.7	5	0.2>	0	0	10	100>	0	Not detect
65				Gisuma	-02 11' 47.34"	30 25' 12.06"	1,350		22.3	5.3		12	10	0.2>	0	0	50	100>		Detect little
66	Rwamagana	Gishari		Muhazi lake	-01 54' 05.46"	30 25' 48.81"	1,449		26.4	8		55.3	1	0.2>	0	0	75	100>		Detect little
67		Kigabiro		HP	-02 02' 10.02"	30 25' 33.12"	1,350		21.6	5.2		38	8	0.2>	0	0	75	100>		
68		Musha		Kagarama	-01 55' 42.36"	30 21' 17.52"	1,470		27.3	5.5		41.7	1.5	0.2>	0	0	100	100>		Not detect
69		Muhazi		Kavura	-01 56' 28.98"	30 26' 23.20"	1,456	67.9	21.7	5.5		10.99	20	0	0	0	50	100>	0	Not detect
70		Fumbwe	Nyagasambu	Gahondohondo	-01 53' 35.49"	30 16' 52.40"	1,434	76.6	22.1	5.34		33.4	20	0	0	0	50	100>	0	
71	Nyagatare	Mukara		Gihengeri	-01 31' 17.00"	30 10' 38.97"	1,540	220	20	7.26		6.5	10	0.2>	0	0	10	100>	0	
72		Kiyombi		River Water	-01 24' 43.75"	30 05' 26.73"	1,694	33600	17.4	6.53		5.52	1	0.2	0	0	10	100>	0	
73		Karangazi	Kamate	HP	-01 23' 00.7"	30 24' 54.0"	1,350		27	6.6	66	13	10	0.2>	0	0	10	100>	0	
74			Kizirakome	HP	-01 25' 11.8"	30 23' 42.1"	1,351		25.1	6.9	118	24.4	3	0.2>	0	1	20	100>	0	
75			Mbare	HP	-01 23' 39.1"	30 23' 00.9"	1,343		26.3	7.5	272	54.3	1	0.5	0	3	100	100-150	0	
76			Mbare Kajumo	HP	-01 25' 22.3"	30 21' 56.5"	1,350		26.3	7.4	100	19.8	2	5	0	1.5	50	100>	0	
77			Ndama	HP	-01 24' 51.8"	30 28' 07.2"	1,350		26.4	7.1	119	23.8	1>	2	0	3	50	100>	0	
78			Ndama	HP	-01 25' 44.1"	30 25' 52.2"	1,382		26.2	6.8	97	19	5	0.2>	0	3	30	100>	0	
79			Rwisirabo	HP	-01 23' 57.5"	30 24' 21.8"	1,361		27.3	7.2	285	57.1	1.5	0.2>	0	3	10	150	0	
80			Rwisirabo	HP	-01 24' 14.3"	30 23' 07.8"	1,332		25.7	7.8	287	57.9	1	1	0	3	50	100-150	0	
81		Matimba	Bwera	HP	-01 18' 44.6"	30 25' 45.0"	1,375		26	7.1	215	43.8	10	0.2	0	0.8	50	100>	0	
82		Musheli	Rugarama Ⅰ Nyabyihuri	HP	-01 08' 21.2"	30 23' 56.5"	1,390		26.4	7.4	220	44.2	2	2	0	1	60	100>	0	
83			Musheli	HP	-01 07' 38.3"	30 24' 02.9"	1,371		26.3	7.2	244	49.8	2	1	0	0.4	70	100>	0	
84			Rugarama Ⅰ	HP	-01 07' 41.5"	30 25' 03.5"	1,364		26.3	7.4	433	86.5	2	0.2>	0	1.5	100	200<	0	
85		Nyagatare	Kamagiri	HP	-01 19' 49.5"	30 24' 07.5"	1,351		26.2	7.4	327	65	5	0.2>	0	1.5	70	100>	0	
86			Rutaraka	HP	-01 18' 49.3"	30 21' 42.9"	1,377		26.8	7.8	175	35	0	0.2>	0	1	50	100>	0	
87		Rwempasha	Gasenga	HP	-01 10' 59.8"	30 20' 55.0"	1,337		27.1	7.3	235	47.7	0	2	0	1	60	100>	0	
88			Kabare	HP	-01 14' 12.2"	30 21' 40.3"	1,358		27.5	7.8	201	40.6	2	2	0	3	30	100>	0	
89			Kabare gituro	HP	-01 14' 47.3"	30 22' 34.9"	1,374		26.5	7.6	204	40.5	7	0.2>	0	1	100	100>	0	
90			Kabare gituro Ⅱ	HP	-01 14' 42.2"	30 23' 41.3"	1,384		27	7.4	104	20.8	2	1	0	0.8	50	100>	0	
91			Nyamenge	HP	-01 07' 45.8"	30 21' 01.0"	1,336		26.3	8.1	485	96.5	1>	0.2>	0	3	30	150	0	
92			Nyarupfubire	HP	-01 13' 49.9"	30 23' 05.7"	1,353		26.3	7.5	180	36.2	2	0.2>	0	1.5	50	100>	0	
93			Nyarupfubire Ⅱ	HP	-01 13' 23.7"	30 23' 58.7"	1,370		26	7.5	100	20.2	5	0.2>	0	0.8	50	100-150	0	
94			Ryeru	HP	-01 12' 33.7"	30 17' 35.5"	1,398		26.3	7.2	159	31.7	5	0.2>	0	0	70	100>	0	
95		Rwimiyaga	Kabeza	HP	-01 15' 47.0"	30 25' 31.6"	1,349		25.7	6.7	73	14.6	2	0.2>	0	0.4	20	100>	0	
96			Kabeza	HP	-01 14' 27.3"	30 26' 02.9"	1,347		27.4	7.1	127	25.5	2	5	0	0.3	30	100>	0	
97			Kamagiri	HP	-01 18' 23.0"	30 22' 25.9"	1,365		25.6	7.3	108	21.5	15	0.2>	0	1.5	30	100>	0	
98			Kirebe	HP	-01 18' 25.9"	30 26' 40.9"	1,335		27.6	7.3	330	66.1	1	10	0	3	10	150	0.1	
99			Ntoma	HP	-01 12' 41.3"	30 25' 34.9"	1,359		26	7	164	32.7	5	0.2>	0	0	50	100>	0	
100	Bugesera	Mayange		HP Gahwiji 1	-02 13' 38.78"	30 03'32.14"			24.7	6.67	1660	324	0.02	0.48	3.1	0	570	7.3		Detect little
101				HP Gahwiji 2	-02 21' 26.38"	30 12'18.50"			25	6.8	1153	226	0.04	0.48	3.5	1.18	1000	15.3		Detect little
102		Musenyi		HP Nyakajuli	-02 13' 40.58"	30 05'21.33"			23.7	6.74	1134	220	0.04	0.12	0.052	0.72	690	45.75		Not detect
						WHO Guideline, 3rd Edition			-	-	1000	-	50	0.3	0.4	1.5	Acceptable	250	-	Not detected

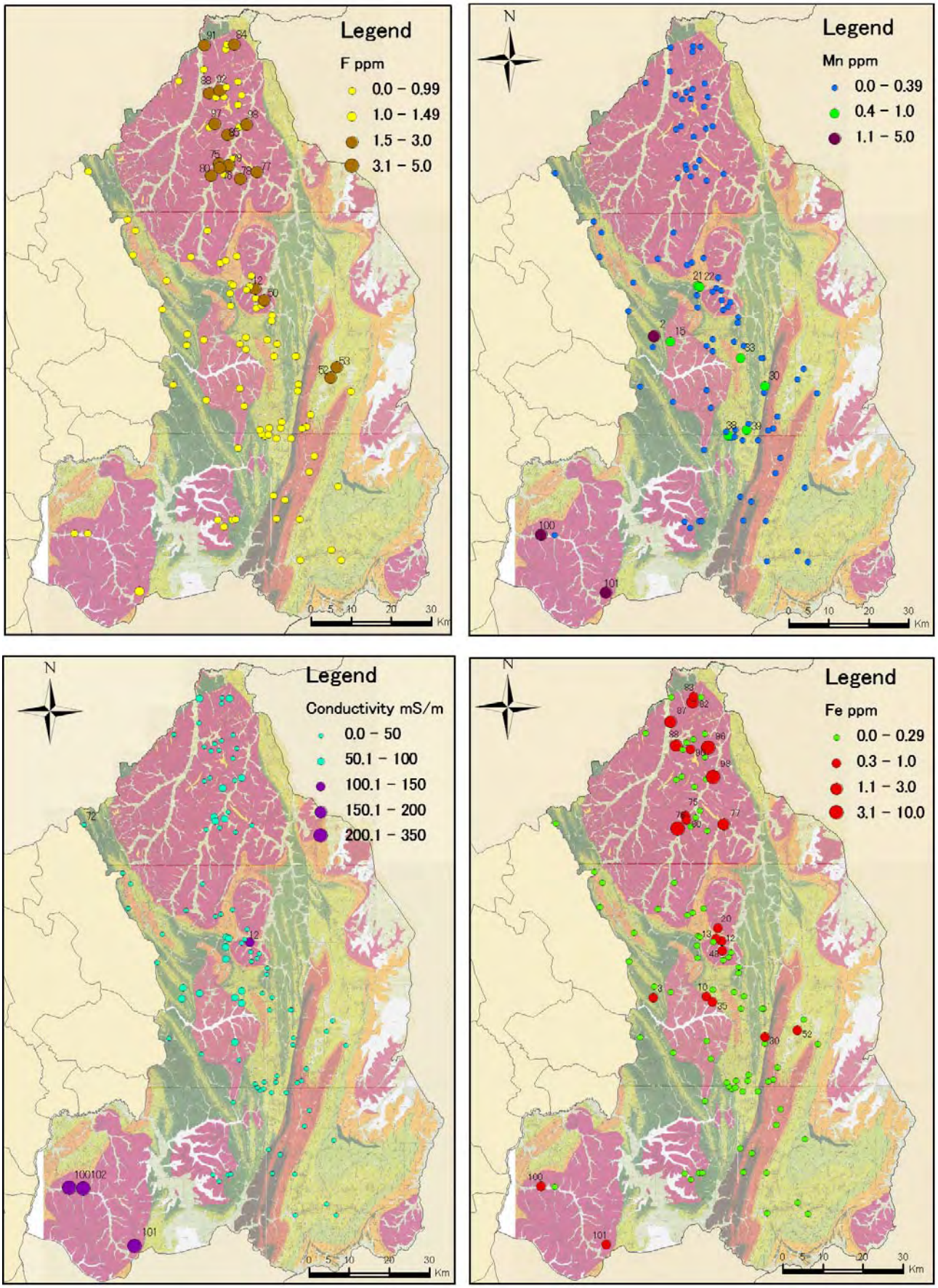


Figure A3-21　Carte de distribution de la qualité de l'eau (fluor, manganèse, conductivité électrique, fer)

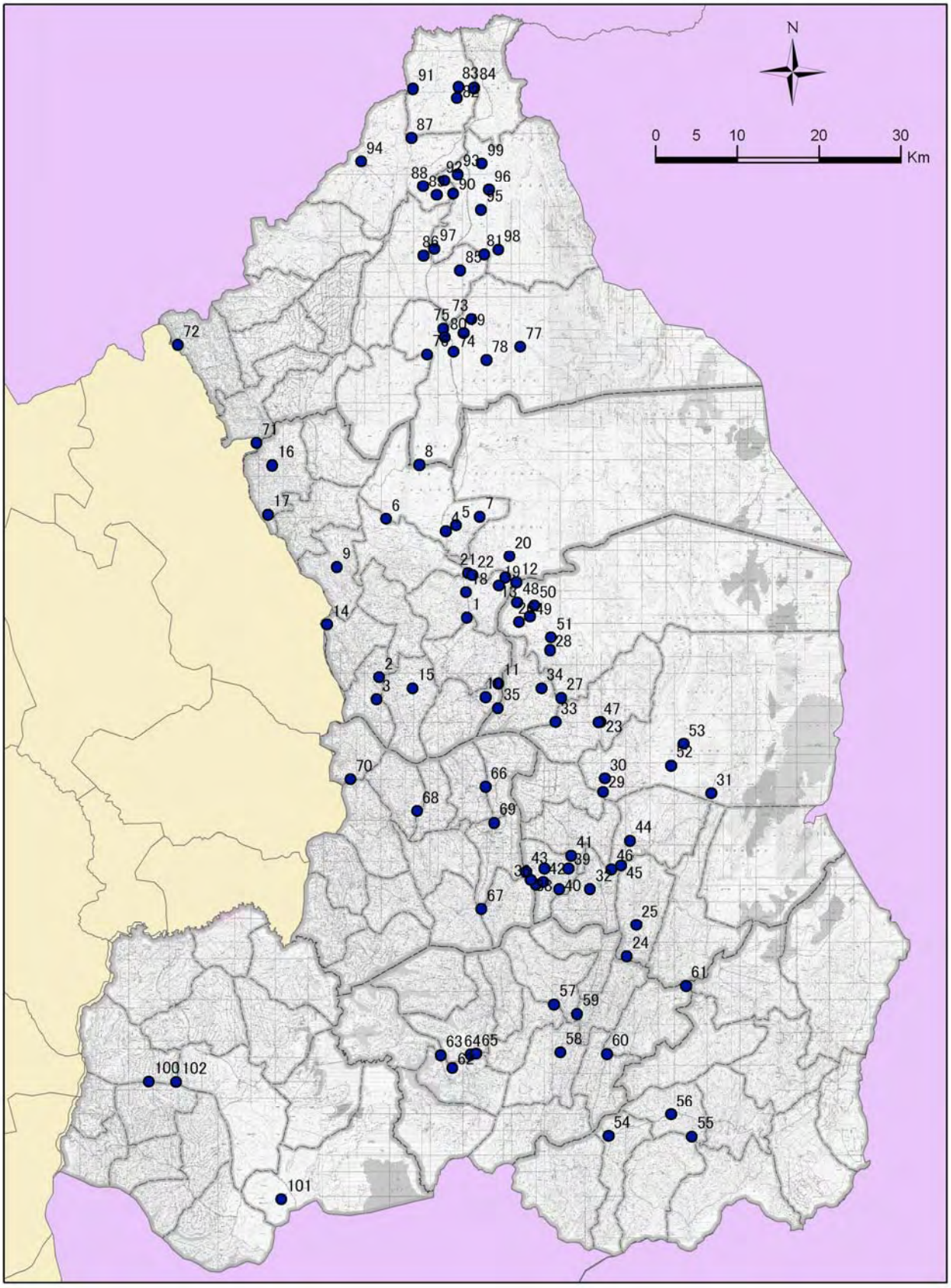


Figure A3-22 Carte de localisation des prélèvements pour la qualité de l'eau