

**RÉPUBLIQUE DU RWANDA  
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE  
ET DES RESSOURCES ANIMALES**

**RAPPORT D'ENQUÊTE  
PRÉLIMINAIRE SUR LE PROJET  
D'AMÉNAGEMENT DES TERRES,  
COLLECTE D'EAU ET IRRIGATION  
COLLINAIRE  
EN  
RÉPUBLIQUE DU RWANDA**

**JUIN 2014**

**AGENCE JAPONAISE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE  
(JICA)**

**SANYU CONSULTANTS INC.**

RD
JR
14-075

## PRÉFACE

L'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) s'est résolue à mener une "Enquête préliminaire sur le Projet d'Aménagement des Terres, Collecte d'eau et Irrigation collinaire "en République du Rwanda et a confié cette enquête à la firme dénommée « Sanyu Consultants Inc. »

L'équipe d'enquêteurs a tenu toute une série de discussions avec les agents concernés du Gouvernement rwandais et a ensuite procédé aux enquêtes sur terrain. Au bout d'études supplémentaires menées au Japon, le présent rapport a été finalisé.

J'espère que ce rapport va contribuer à la promotion du Projet et au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

Enfin, je voudrais exprimer ma sincère appréciation des agents concernés du Gouvernement de la République du Rwanda pour leur étroite coopération manifestée envers l'équipe d'enquêteurs.

Juin 2014

Makoto KITANAKA  
Directeur General,  
Département du Développement Rural  
Agence Japonaise de Coopération Internationale

## RÉSUMÉ

### 1. Contexte du Projet

La République du Rwanda est un pays enclavé situé dans la région de l'Afrique Centrale juste sur l'Equateur et est entouré par quatre pays qui sont notamment l'Ouganda, la République Démocratique du Congo, la Tanzanie et le Burundi. Son altitude se situe entre 900m et 4.500m. C'est pourquoi ce pays est appelé "le Pays des Mille Collines" à cause des montagnes. En 2010, il comptait 10,41 millions d'habitants vivant sur la superficie de 26.338km<sup>2</sup>. La densité de la population qui est de 395 habitants par km<sup>2</sup> est la plus élevée dans tous les pays africains

Selon le rapport de la Banque Mondiale, le PIB au Rwanda en 2012 était de 7,1 milliards de dollars et le RNB par tête s'élève à 600 dollars. Même si l'économie rwandaise, ses industries et ses ressources humaines ont été sévèrement saccagées par la guerre civile qui éclata depuis 1990, le Rwanda a rapidement relancé son développement économique grâce à l'assistance internationale et à son leadership fort du Gouvernement de façon que sa croissance économique a atteint 7% en 2013 selon le rapport de la Banque Mondiale. En plus, le Rwanda a établi la "Vision 2020 du Rwanda" en 2000 qui visait l'accroissement des revenus par tête pour toute la population jusqu'à atteindre 900 dollars en 2020 ; ainsi, il sera classé parmi les pays à revenu moyen.

Le développement agricole et rural occupe une place importante dans le domaine industriel et peut stimuler la croissance économique et aboutir à la réduction de la pauvreté. Selon le plan quinquennal (moyen terme) du Gouvernement rwandais et selon la « Stratégie de Développement Economique et de Réduction de la Pauvreté (EDPRS) 2008-12", le pourcentage du secteur agricole dans le PIB est de 36,4 % qui le range en deuxième position après le secteur industriel qui vient en tête avec 43,8%. En plus, "Le Plan stratégique pour la Transformation agricole 2004 (SPAT)" montre que l'agriculture est une industrie majeure au Rwanda car il occupe environ 90% de la population active, contribue 47% dans le PNB et représente 71% du total des exportations.

D'autre part, le Rwanda connaît un problème sérieux de la basse productivité agricole et de l'insuffisance alimentaire suite aux terres montagneuses, à l'érosion du sol pendant la saison pluvieuse, à la dégradation du sol et du sous-développement du système d'irrigation collinaire. Pour mettre en exécution le "SPAT" efficacement, Le Gouvernement rwandais a planifié un "Projet de LWH, Aménagement des Terres, Collecte d'eau et Irrigation collinaire " pour tenter d'atteindre la croissance de la production, le développement durable, la commercialisation et la diversification des produits agricoles commercialisables au moyen des projets d'aménagement des terres agricoles, amélioration du sol, collecte d'eau et d'irrigation collinaire.

Le Ministère de l'Agriculture et des Ressources animales qui est responsable de l'agriculture et de l'aménagement d'irrigation au Rwanda prévoit la construction d'environ 100 réservoirs pour l'agriculture et l'irrigation d'un terrain de 10.000 ha selon le plan du "LWH".

A partir du contexte ci-mentionné, le Gouvernement rwandais a sollicité au Japon une subvention sous forme d'aide s'élevant à 21 millions de dollars américains pour la construction des réservoirs et des infrastructures d'irrigation sur 5 sites de projet planifiés sur base de "LWH" en août 2009.

#### Composantes du projet sollicitées initialement (août 2009)

Nom du Site	Bugesera2	Bugesera3	Bugesera4	Ngoma21	Ngoma22
Coût sollicité (en millions de \$)	3,5	2,9	5,1	4,4	5,1
Volume du barrage	111.000m <sup>3</sup>	114.612m <sup>3</sup>	224.905m <sup>3</sup>	140.000m <sup>3</sup>	65.000m <sup>3</sup>
Déversoir et canal de déversement	160m	210m	180m	250m	160m
Installations de prise	1 kit	1 kit	1 kit	1 kit	1 kit

Nom du Site	Bugesera2	Bugesera3	Bugesera4	Ngoma21	Ngoma22
Canal d'irrigation (Pipeline)	2.700m	1.930m	4.108m	3.500m	8.000m

A travers plusieurs enquêtes menées par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) en réponse à la demande du Gouvernement rwandais, l'évaluation a montré que la construction des réservoirs ou des infrastructures d'irrigation aux 4 des 5 sites candidats semble improbable. Seulement l'évaluation du site de "Ngoma22" qui est le site-cible de cette enquête montre qu'il est promettant pour l'aménagement de l'irrigation.

## 2. Les grandes lignes des résultats de l'enquête et les composantes du Projet

### 1) Calendrier de l'enquête

Les deux enquêtes sur terrain ont été menées.

#### (1) Première enquête sur terrain

L'enquête pour collecter des renseignements généraux et des données spécifiques nécessaires pour la compilation des composantes du projet et la préparation d'un avant-projet final et leur analyse ont été faites.

22 août 2013 – 25 novembre 2013 (96 jours)

#### (2) Enquête domestique

Après la première enquête sur terrain, les données et les renseignements ont été apportés au Japon pour analyse et les composantes du Projet ont été structurées.

#### (3) Deuxième enquête sur terrain

La deuxième enquête sur terrain fut exécutée pour obtenir l'approbation initiale de la version provisoire du rapport final de l'enquête préliminaire par la partie rwandaise à travers les explications et les discussions sur les composantes du Projet.

10 mai 2014 – 18 mai 2014 (9 jours)

## 2) Concept de base du Projet

Le Projet est l'un des sous-projets de LWH, appelé "Sous-projet Ngoma22" situé dans le District de Ngoma en Province de l'Est. Le Projet couvrira la construction du réservoir et des infrastructures d'irrigation, l'approvisionnement des matériaux nécessaires, la mise en exécution de la composante 'soft' et la construction des parcelles du champ rizicole existant. L'objectif global, le but du projet et la matrice du plan du projet sont présentés ci-après:

Le but du Projet: La productivité agricole dans la région du Projet est stabilisée et augmentée.

Objectif global: Le revenu du groupe-cible est augmenté.

Après l'achèvement de la première enquête sur terrain menée depuis le mois d'août au novembre 2013 comme indiquée ci-dessus, l'équipe d'enquête de JICA a continué son analyse en enquête domestique. L'équipe a finalement compilé les composantes du Projet comme le tableau ci-dessous le montre.

#### Composantes du Projet

Libellé	Contenu
1. Etang du barrage et Réservoir régulateur	- Structure du barrage (digue) - Réservoir régulateur

Libellé	Contenu
2. Infrastructures irrigation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canaux principaux d'irrigation et canaux secondaires pour irrigation collinaire</li> <li>- Boîtier de dérivation et canaux/drains pour le champ rizicole existant</li> </ul>
3. Matériels	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Panneaux solaires</li> <li>- Infrastructure de pompage</li> <li>- Tuyaux en van</li> </ul>
4. Composante "soft"	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en place d'une Organisation des utilisateurs de l'eau (OUE) et le renforcement organisationnel de l' OUE (dont la formation en aquaculture terrestre)</li> <li>- Appui technique en fonctionnement et maintenance des infrastructures d'irrigation, gestion d'eau et agriculture</li> <li>- Essai de remplissage du réservoir</li> </ul>
5. Construction des parcelles du champ rizicole existant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction des parcelles du champ rizicole en aval</li> </ul>

Comme pour le libellé -1, -2, -3, et -4, le plan du projet a été établi à travers les discussions des deux parties concernées par l'Irrigation : le Task force du MINAGRI et l'équipe d'enquête du JICA.

En ce qui concerne le libellé -5, le MINAGRI a de nouveau sollicité la "Construction des parcelles du champ rizicole existant" après le début de l'enquête et finalement la décision de l'incorporer dans le Projet fut prise. Les travaux de construction des parcelles doivent être partagés entre les deux parties. La superficie ciblée pour la construction des parcelles s'élève à environ 35ha. La partie japonaise couvrira la construction des parcelles de démonstration d'environ 2 ha et l'aménagement global des canaux d'irrigation/drainage dont la construction de la route pour le fonctionnement et la maintenance d'une longueur d'environ 3,8 km alors que la partie rwandaise sera chargée de la construction des parcelles de la superficie restante.

Les deux parties se sont aussi convenues que la construction des parcelles se ferait sous forme de transfert de technologie de la partie japonaise au personnel rwandais et les engins lourds seront remis au Rwanda après l'achèvement des travaux de construction modèle aux parcelles de démonstration.

Avec l'introduction d'irrigation par pompe qui, selon les prévisions, utilisera le système d'énergie solaire, l'extension de la ligne électrique de type triphasé est requise à partir de la ligne de haute tension qui est à 6 km du site du Projet comme source d'énergie supplémentaire pour le fonctionnement des pompes. Grâce à la discussion entre le Secrétaire Permanent du MINAGRI et les autorités concernées de la partie japonaise le 23 novembre 2013, la partie rwandaise et la partie japonaise ont confirmé que le coût d'extension de la ligne électrique sera considéré comme faisant partie de la subvention d'aide japonaise au Projet.

### **3) Conception générale de l'assistance japonaise**

#### **(1) Politique type pour la conception**

- a) Les données observées à la station d'observation de Gahororo dans le District de Ngoma près du site du Projet sont initialement appliquées pour des conditions météorologiques requises pour l'enquête sur les besoins d'eau d'irrigation et d'autres comme la température, les précipitations et l'humidité. Cependant, l'humidité, la vitesse du vent et les heures d'ensoleillement qui ne sont pas observées à cette station sont remplacées par celles de la station d'observation de l'Aéroport de Kigali. Les conditions topographiques et géologiques des sites de réservoirs et des infrastructures d'irrigation s'appliquent aux résultats des enquêtes topographiques et géologiques

dont les renseignements de forage et les tests du sol ont été menés dans cette enquête en se référant à la carte topographique et géographique collectée au Rwanda.

- b) La spécification, la qualité et la vérification des matériels et des travaux de construction du Projet se baseront sur les normes industrielles japonaises (JIS) et sur l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), étant donné que chaque norme relative au plan et au contrôle des travaux de construction a été déjà mise en place au Rwanda.
- c) D'une part, les matériels de remblai, les granulats, les moellons, le ciment, les tuyaux, les pompes, les panneaux solaires et les panneaux de contrôle des pompes peuvent se procurer au Rwanda. D'autre part, les soupapes, les compteurs électriques ultrasoniques, les panneaux de basse tension électrique seront approvisionnés au Japon. Les machines générales de construction comme la pelle rétrocaveuse et le camion-benne peuvent se louer chez les entreprises de construction au Rwanda. Cependant, la prévision montre qu'il y aura l'approvisionnement des tracteurs, du niveleur laser et autres équipements au Rwanda et au Japon.
- d) Les cultures très recherchées et de grande rentabilité sont proposées en tant que politique du plan agricole du Projet, et celles qui ont été déjà cultivées par les cultivateurs dans le site à cause de leur adaptabilité au sol et de la température sont introduites. La croissance du rendement est prévisible avec l'irrigation pendant toute l'année combinée avec les techniques culturales améliorées. Dans le marais, la culture rizicole continuera selon la politique nationale. Au versant de colline, les choux, les aubergines, les carottes, etc. beaucoup consommés et de loin préférés sont introduits en association avec les tamarillo (*ibinyomoro*) et le café.

## **(2) Plan de base**

- a) La quantité d'eau disponible qui constitue une valeur fondamentale du plan d'irrigation est étudiée en appliquant le modèle d'écoulement (modèle du réservoir) qui calcule les quantités de flux d'eau riveraine journalières à travers l'analyse de relation entre les enregistrements de précipitations et les enregistrements de quantité d'eau de rivières observées depuis février 2012, exactement entre le 22 février 2012 et le 5 août 2013. Alors que la quantité de flux attendu avec la probabilité de 1/5 (période de retour) est de 1.142.000m<sup>3</sup>, la quantité de flux annuel proche est de 1.111.000m<sup>3</sup> de l'année 1974 selon le résultat d'analyse par le Réservoir modèle. Ainsi, 1974 est définie comme année de référence pour l'étude et la valeur calculée de 1.111.000m<sup>3</sup> est traitée comme quantité annuelle de flux attendu. Ensuite, la quantité annuelle d'eau disponible est estimée à 1.063.000m<sup>3</sup> qui est le résultat de la soustraction du déversement d'une rivière écologique de 48.000 m<sup>3</sup> estimée à partir de la quantité annuelle de l'eau attendue de 1.111.000 m<sup>3</sup>.
- b) Comme les travaux de terrassement seront exécutés dans la zone de commande des versants de colline, la superficie arable après la construction des terrasses sera réduite par rapport à la superficie actuelle. Ensuite, certains terrains ne pourront pas être compris dans la zone d'irrigation ; notamment la zone réservée à la plantation des arbres, le milieu rocher, les routes et les canaux et la route pour le fonctionnement et la maintenance qui sera construite dans le cadre du Projet. En assumant que ces quantités réduites constituent environ 20% de toute l'étendue, la superficie de la zone de commande nette est estimée à 265 ha pour les deux parties de versants de colline.
- c) La méthode d'adduction d'eau d'irrigation du réservoir à la zone de commande est effectuée en utilisant l'irrigation par type de chute naturelle et de pompe. Si la hauteur du barrage est élevée pour récupérer le volume d'eau morte qui s'ajoute au volume d'eau disponible, l'eau d'irrigation peut être alimentée par gravité naturelle en élevant la chute. Cependant, l'usage de la pompe est

requis pour la distribution d'eau d'irrigation aux endroits plus élevés des versants de colline puisque la zone de commande, en utilisant la gravité, sera limitée à un certain endroit selon les conditions topographiques. Comme résultat de l'étude comparative, le cas de la construction d'un barrage de 14,9m de hauteur (élevé à la hauteur de 9.0m) a acquis un avantage en termes de coût de construction et de coût de maintenance. Pour toutes ces raisons, la méthode d'irrigation par gravité et par les pompes en élevant le barrage à 9m a été adoptée dans ce Projet.

- d) L'aménagement des terres constitue un projet complet de conservation des terrains en pente intégré dans le nivellement du terrain agricole par les travaux de terrassement, d'amélioration du sol en y ajoutant de l'hydroxyde de calcium ou du compost, des contre-mesures pour les glissements de terrain en plantant les herbes fixatrices ou les arbres et les travaux de drainage pour l'eau turbide en construisant le drain de collecte d'eau. Puisque la construction des canaux secondaires en PVC  $\phi$  50 et du canal de drainage (B=300mm) est prévue à chaque intervalle de 100m entre eux le long de la direction de la pente du versant, les terrasses seront indépendamment construites.
- e) Le type homogène sera adopté en tant que corps du barrage sur base des raisons suivantes : (i) le fond élargi du corps du barrage homogène peut contribuer à l'augmentation de la longueur d'infiltration et à la diminution de la longueur du tapis horizontal, (ii) de bons matériaux en terre et assez suffisants en qualité et en quantité peuvent s'obtenir à partir de la zone d'emprunt près du site du barrage (iii) la hauteur du barrage est inférieure à 15m, ce qui permet la stabilité du remblai construit adéquatement et exige une simple composition des structures.
- f) La fondation du corps du barrage est composée de couche superficielle en terre perméable et semi-perméable et de la basse couche semi-perméable des roches érodées. Pour le cas de Ngoma22, la méthode d'injection ne peut pas être appliquée parce que la fondation est composée de la formation en terre et en roches hautement érodées et ne possède pas de fentes/espace pour y injecter le ciment fin. Le procédé de couverture est la seule méthode applicable pour le traitement de la fondation du barrage de Ngoma22.
- g) La largeur de 6m du couronnement du barrage est fournie comme mesure de sécurité en considérant la hauteur supplémentaire du barrage qui ne sera pas très haute et la surface de l'eau qui émerge près du couronnement du barrage. La pente en amont et la pente en aval sont dégagées avec une inclinaison de 1:3.0 et de 1:2.5 respectivement en tenant compte de la stabilité du corps du barrage et de la largeur du fond de la digue efficace pour la réduction des quantités d'infiltration d'eau. La berme de 2,5m de largeur est pourvue à EL.1385,0 m du côté de la pente en amont et du côté de la pente en aval du corps du barrage compte tenu de sa contribution à la stabilité de la digue et des travaux de maintenance .
- h) L'alignement du déversoir est désigné à la rive droite en tenant en considération certaines conditions topographiques et géologiques et son rapport avec les autres infrastructures. La structure principale du déversoir est un type de canal à ciel ouvert sous forme rectangulaire.
- i) Comme résultat de l'étude comparative, le plan sélectionné est l'installation d'une station de pompage au site du barrage qui utilise principalement l'énergie solaire et la ligne commerciale supplémentaire. Le lieu d'installation des panneaux est près de la station de pompage et les mettre ensemble est avantageux pour le fonctionnement et la maintenance. Bien qu'il soit possible d'installer les panneaux solaires à même le sol directement, ils seront installés sur le sommet du réservoir régulateur qui sera construit pour stocker l'eau d'irrigation; sa taille est de 3m de hauteur et d'une surface de 600m<sup>2</sup> pour éviter des vols ou des endommagements. De plus, la clôture de sécurité sera construite autour du réservoir. L'installation des panneaux solaires sur le sommet du réservoir est raisonnable du point de vue de la réduction d'expropriation et de

compensation des terrains.

- j) Le canal principal consiste en canal installé au fond qui alimente l'eau d'irrigation par gravité naturelle en utilisant une chute élevée au réservoir et un canal plus élevé qui conduit l'eau pompée. Après la délibération des caractéristiques de ces deux types, le type de canal à ciel ouvert a été adopté pour des raisons économiques. La construction du réservoir régulateur sera adoptée pour le canal principal plus bas et le type de pipeline qui peut être posé indépendamment des conditions topographiques sera sélectionné pour la partie en aval du réservoir parce qu'il y a peu de déversement et une petite différence en terme du coût de construction en comparaison avec le type de canal à ciel ouvert. Les canaux secondaires qui dévient du canal principal et conduisent l'eau d'irrigation à chaque parcelle agricole seront de type pipeline parce qu'ils sont arrangés le long de la pente du versant de colline et sont nécessaire pour alimenter de l'eau sous pression via les prises d'eau.
- k) Pour ce qui est de la construction des parcelles dans le champ rizicole existant, l'alignement du canal principal/drainage et de la route pour le fonctionnement et la maintenance suit principalement les lignes actuelles pour ne pas perturber les parcelles de paddy actuels en tenant compte de la gestion de l'eau que les agriculteurs pratiquaient jusque-là. Le long du canal principal d'environ 3,9 km, 12 boîtes de déviation doivent être construites à des intervalles d'environ 300m pour approvisionner en eau d'irrigation les parcelles rizicoles se trouvant de deux cotés du canal principal en élevant le niveau d'eau dans le canal. Avant de commencer les travaux de construction des parcelles, la route menant aux infrastructures doit être installée le long du canal existant qui passé par le centre de la zone rizicole visée. Après l'achèvement des travaux de construction prévus, la route sera utilisée dans les activités de maintenance visant la durabilité du projet.
- l) Les travaux de construction des projets sont répartis entre le Japon et le Rwanda selon le tableau suivant.

**Plan de construction, d'approvisionnement et d'infrastructures**

Infrastructures	Partie japonaise	Partie rwandaise
Totalité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pavement avec des graviers du chemin d'accès (L=2,2km)</li> <li>- Route vers la construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acquisition du terrain</li> <li>- Enlèvement des obstacles du site et nivèlement</li> <li>- Préparation de la cour temporaire</li> </ul>
Barrage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barrage, Prise, déversoirs</li> </ul>	
Station de pompage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Station de pompage, Réservoir régulateur (No.1), Tuyau de conduit</li> <li>- Equipement de la pompe, équipement électrique, panneau solaire</li> <li>- Clôture de sécurité du réservoir régulateur (No.1) avec le panneau solaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extension de la ligne de grille (recours à EWSA)</li> </ul>
Canal principal, canal secondaire, installations dans les exploitations agricoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canal principal (canal à ciel ouvert, pipeline), réservoir régulateur (No.2, No.3), canal secondaire, prise d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrassement</li> <li>- Clôture de sécurité du réservoir régulateur (No.2, No.3) et le Réservoir de déversement (No. 1, No. 2 et No. 3)</li> </ul>

Infrastructures	Partie japonaise	Partie rwandaise
Construction des parcelles rizicoles dans le champ existant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canal d'irrigation et de drainage, fonctionnement et maintenance, boîtier de dérivation</li> <li>- Nivellement des terrains de parcelles rizicoles comme transfert technique (2 ha)</li> </ul>	- Nivellement du terrain des parcelles rizicoles (28 ha)

### (3) Plan d'assistance technique

Pour maintenir l'agriculture par irrigation au site du Projet, il y a eu une proposition d'intégrer

1) la mise en place et le renforcement d'une Organisation des Utilisateurs d'Eau (OUE) dont la formation en aquaculture,

2) le fonctionnement et la maintenance des infrastructures d'irrigation, la gestion d'eau et la technologie agricole,

et 3) essai de remplissage du barrage dans le cadre de la composante 'soft' (Assistance technique) du Projet. La Fig. 2.2.4.1 indiqué dans le rapport principal montre un cycle positif visant à l'amélioration des revenus à travers la gestion convenable de l'Organisation des Utilisateurs d'Eau (OUE) et l'agriculture irriguée.

#### **Ressources requises pour le plan de la composa 'soft'**

Domaine	Japonais	Rwandais	Cible
1. Renforcement de l'OUE  Pêches intérieures (Aquaculture)	1 personne x 3 mois	1 personne x 3 mois  1 personne x 2mois	Représentants de l'OUE Représentants de la Coopérative Agronomes du District, Secteur Représentants des agriculteurs Représentants du DISC
2. Fonctionnement et maintenance des infrastructures et gestion de l'eau  Technologies agricoles améliorées	1 personne x 3 mois  - Agronome en Horticulture: 1 personne x 3 mois  - Agronome en Paddy: 1 personne x 3 mois	1 personne x 3 mois  - Horticulture: 1 personne x 3 mois  - Paddy: 1 personne x 6 mois	Représentants de l'OUE Représentants de la Coopérative Agronomes du District, Secteur Représentants des agriculteurs Représentants du DISC
3. Essai de remplissage	Ingénieur en barrage: 1 personne x 1 mois	Ingénieur en barrage: 1 personne x 1 mois	Personnel du MINAGRI Représentants de l'OUE représentants de la Coopérative Représentants du DISC

### 4) Considérations environnementales et sociales

Les principales structures/infrastructures à construire par le Projet sont le barrage (la capacité du barrage: 960.000m<sup>3</sup>) supporté par une digue du barrage (H=14,9m), les canaux principaux d'irrigation (L=28km) avec des infrastructures d'appui, notamment le déversoir, la station de pompage, les installations de l'énergie solaire, le canal de fond, les infrastructures de déversement, etc. Le site du Projet est localisé dans les Secteurs de Remera et Rurenge dans le District de Ngoma. Il est prévu que les 21,73ha seront submergés par le Projet. Ceci va entraîner l'expropriation du terrain. Cependant,

aucun cas de réinstallation forcée n'est prévu. En plus, la superficie du terrain rizicole en aval sera réduite suite à la construction des parcelles.

Les terres à exproprier sont les champs où le barrage proposé et les infrastructures d'irrigation seront construits. De plus, aucune structure existante ne sera affectée par le Projet et les personnes affectées sont les agriculteurs qui ont cultivé dans les sites de construction proposés. Le nombre des personnes affectées par le projet (PAPs) est 1.120 ménages au total.

La terre pour la compensation des terrains est désirable selon la législation au Rwanda. Cependant, à cause du manque de terres disponibles dans le District, le District de Ngoma éprouve de difficultés à arranger de nouvelles terres alternatives pour les personnes affectées. Ainsi, la proposition à appliquer est la compensation monétaire sur base de la loi (Arrêté ministériel sur les prix des terres en dehors de la Ville de Kigali, MINIRENA, 2010).

La compensation dans le cadre de l'expropriation des marais n'est pas nécessaire au Rwanda. Cependant, certains champs seront endommagés suite aux activités du Projet. Par conséquent, la prévision comporte un volet d'appui technique agricole via la composante Assistance Technique non seulement aux propriétaires fonciers privés, mais aussi aux agriculteurs des marais. D'autre part, il y a quelques ménages qui dépendent des marais pour l'agriculture; ils seront considérablement affectés par le Projet, même lorsque les appuis ci-haut proposés sont mis en application. Alors la redistribution des terrains rizicoles en aval à de telles personnes est envisagée.

### **5) Calendrier d'exécution du Projet et prévision du coût du Projet**

Comme le remblayage du barrage fait partie de la composante du Projet, les travaux de construction des infrastructures d'irrigation seront effectués efficacement pendant la saison sèche. Pendant l'exécution des travaux de remblayage, les autres composantes comme le pompage, les canaux et la construction des parcelles pour le champ rizicole existant seront mis en exécution. Le calendrier général d'exécution est prévu comme le tableau suivant le montre.

- Plan détaillé	: 4,0 mois
- Appel d'offre et Contrat	: 3,0 mois
- Construction	: 15,0 mois (depuis le contrat à l'achèvement de construction)

Le coût total à encourir pour la mise en exécution du Projet s'élève à environ \*\*\* millions de Yen (partie japonaise \*\*\* millions de Yen et la partie rwandaise 58 millions de Yen).

## **3. Evaluation du Projet**

### **1) Pertinence**

Même si le secteur agricole occupe une position-clé dans l'industrie du Rwanda, il fait face à une basse productivité et une agriculture négligée sur de petits lopins de terres. Ceci a été étroitement lié aux problèmes nationaux de pauvreté des personnes, à l'insuffisance alimentaire, etc. Dans de telles circonstances, le projet est chargé de la promotion de l'aménagement d'irrigation de 10.000 ha par la construction des réservoirs sur environ 100 sites en se basant sur la politique du Projet de LWH. L'urgence de mettre en exécution ce Projet est plus importante dans le cadre de cette politique.

Selon le rapport d'étude de faisabilité formulé en 2012, la moyenne des dépenses mensuelles par ménage dans le site du Projet est estimée à 13.775 Frw équivalent à seulement la moitié du niveau de vie de la moyenne nationale de 27.500 Frw/ménage/mois. En plus de ceci, le salaire de la main d'œuvre occasionnelle dans cette région est d'environ 800Frw/capita/jour - 1,000Frw/capita/jour seulement. C'est un niveau inférieur à 2 \$/capita/jour considéré comme seuil de pauvreté.

Les dimensions de champs par ménage qui a un terrain agricole au versant de colline et les parcelles rizicoles existantes dans la zone du Projet sont respectivement 34 ares/ménage et 11,7 ares/ménage, ce qui est beaucoup inférieur à la moyenne de la dimension du terrain agricole au niveau national de 0,76 ha/ménage. En plus, les infrastructures d'irrigation qui contribuent à l'amélioration de la productivité agricole ont été sous-développées jusqu'ici de sorte qu'aucune organisation des utilisateurs d'eau n'a été établie dans le site du Projet.

Comme déjà décrit, il n'y a pas de place supplémentaire pour l'extension du terrain agricole. Dans le site du Projet, leur agriculture couvre de petits lopins de terre et la promotion de la croissance de la production des cultures à travers l'amélioration du rendement par superficie unitaire. Cependant, la culture est extensive et les infrastructures d'irrigation ne sont pas aménagées. En plus de cela, le niveau de vie des bénéficiaires ciblés dans la région du Projet est inférieur à celui du niveau national. Pour améliorer les conditions de vie des bénéficiaires et pour stabiliser les consommateurs, l'urgence de la mise en exécution du Projet est pressante.

En se basant sur la politique de LWH, ce Projet a pour but d'améliorer les conditions de vie des agriculteurs à travers la croissance de la production des cultures en aménageant le réservoir et les infrastructures d'irrigation dans le site de Ngoma22 dans le District de Ngoma pour pouvoir enfin dire que la consistance est grande en tant que Projet qui contribuera à l'objectif du plan national de développement.

## 2) Efficacité

Les effets attendus de l'exécution des composantes techniques et de la construction des infrastructures d'irrigation dans le Projet sont les suivants.

### (1) Effet quantitatif

- Pour ce qui est de l'efficacité résultant de l'extension de la zone irriguée, la zone irriguée des terres agricoles de versants de colline est étendue à 265ha par rapport à 26 ha qui le sont actuellement,
- Pour l'efficacité résultant de l'augmentation de la superficie culturale, la superficie culturale totale des terres agricoles de versants de colline est étendue à 610ha par rapport à 99 ha actuellement,
- Pour l'efficacité résultant de l'augmentation du rendement des cultures, le rendement par superficie unitaire des cultures prévues est augmenté comme le montre le tableau suivant,
- Pour l'efficacité résultant de la récupération du temps d'irrigation, le temps d'irrigation pour la culture rizicole est épargné à 50 personnes-jour par rapport à 100 personnes-jour actuellement, et
- Pour l'efficacité résultant de l'augmentation du taux de transport, le taux de planification du transport des cultures prévues a augmenté comme le montre le tableau ci-dessous.

#### **Effet quantitatif du Projet (croissance de la production des cultures par unité)**

Indice	Valeur de référence (2013)		Valeur cible (2019) (3 ans après l'achèvement de construction)	
Effet de croissance de production par unité de culture (kg/ha)	Paddy :	4,000	Paddy :	6,000
	Maïs :	2,000	Maïs :	5,000
	Haricots :	1,000	Haricots :	2,000
	Choux :	8,000	Choux :	12,000
	Carotte :	10,000	Carotte :	25,000

Indice	Valeur de référence (2013)		Valeur cible (2019) (3 ans après l'achèvement de construction)	
		Tomate :	10,000	Tomate :
	aubergine :	3,500	Aubergine:	7,400
	Tamarillo :	2,500	Tamarillo	3,500
	Café :	3,500	Café :	5,500

## (2) Effet qualitatif

- Par l'introduction de la méthode d'irrigation terminale qui intègre l'arrosage à tuyaux et le développement des infrastructures d'irrigation de base dont le réservoir, la transformation agricole peut s'effectuer au niveau d'un agriculteur individuel en cultivant plus des cultures rentables que les cultures traditionnelles telles que le maïs, les haricots etc,
- Par l'organisation d'une Organisation des Utilisateurs d'Eau (OUE) composée de différents membres de la communauté et la gestion des infrastructures d'irrigation en tant que propriété commune des membres de l'OUE, le projet contribue à la stabilisation des conditions de vie des habitants et à la stabilisation du consommateur. En plus, l'esprit de collaboration parmi les producteurs rizicoles et les agriculteurs du versant de la colline est renforcée, et
- Par la réalisation des activités de la composante 'soft', l'esprit d'appropriation qui considère les infrastructures d'irrigation comme une propriété collective est renforcé, ce qui conduit à une grande transparence de la gestion financière de l'OUE pour les agriculteurs. En outre, le sens de la gestion agricole des agriculteurs est renforcé par la gestion judicieuse de l'eau, quantité d'eau à distribuer, distribution à temps et partage équitable d'eau, ce qui permet aux agriculteurs de renforcer le sens de la gestion agricole.

# TABLE DES MATIERES

PREFACE

RÉSUMÉ

TABLE DES MATIERES

CARTE DE LOCALISATION / SCHÉMA DE PRÉVISION

LISTE DES TABLEAUX & FIGURES

ABRÉVIATIONS

## **CHAPITRE 1 CONTEXTE DU PROJET ..... 1-1**

1-1	Contexte et description du projet .....	1-1
1-2	Les conditions naturelles.....	1-2
1-2-1	Les conditions hydrologiques et météorologiques .....	1-2
1-2-2	La condition physiographique .....	1-4
1-3	Considérations environnementales et sociales.....	1-5
1-3-1	Evaluation de l'impact environnemental.....	1-5
1-3-1-1	Composantes du projet susceptibles d'impacts environnementaux .....	1-5
1-3-1-2	Conditions générales de la zone du projet.....	1-6
1-3-1-3	Cadre institutionnel et législatif du secteur environnemental au Rwanda.....	1-9
1-3-1-4	Examen des alternatives .....	1-13
1-3-1-5	Portée et termes de référence relatifs à l'examen environnemental .....	1-14
1-3-1-6	Résultats de l'examen environnemental.....	1-16
1-3-1-7	Résultats de l'évaluation .....	1-19
1-3-1-8	Mesures atténuantes .....	1-20
1-3-1-9	Plan de contrôle.....	1-21
1-3-2	Réinstallation et expropriation des terres .....	1-24
1-3-2-1	Nécessité d'expropriation des terres.....	1-24
1-3-2-2	Lois rwandaises relatives au titre de propriété foncière, à l'utilisation de la terre, la réinstallation, l'expropriation foncière et la valorisation des terres.....	1-24
1-3-2-3	Etendue de l'expropriation des terres.....	1-25
1-3-2-4	Mesures de compensation .....	1-29
1-3-2-5	Règlement des griefs .....	1-29
1-3-2-6	Structure de mise en œuvre .....	1-30
1-3-2-7	Calendrier de mise en œuvre.....	1-32
1-3-2-8	Coût et financement .....	1-32
1-3-2-9	Structure de monitoring et fiche de Monitoring.....	1-34
1-3-2-10	Réunion consultative.....	1-35

## **CHAPITRE 2 SOMMAIRE DU PROJET..... 2-1**

2-1	Concept de base du projet.....	2-1
2-1-1	Objectif global et but du projet.....	2-1
2-1-2	Résumé du projet.....	2-2
2-2	Conception générale de l'assistance japonaise .....	2-4
2-2-1	Plan de base (Plan de construction / Plan d'équipement).....	2-4
2-2-1-1	Conception des systèmes d'irrigation.....	2-4

2-2-1-1-1 Etude sur les quantités d'eau disponible.....	2-4
2-2-1-1-2 Besoins en eau pour les rizières.....	2-7
2-2-1-1-3 Besoins en eau d'irrigation des versants de colline .....	2-9
2-2-1-1-4 Estimation d'un débit écologique d'une rivière.....	2-17
2-2-1-1-5 Examiner la méthode d'irrigation.....	2-17
2-2-1-2 Plan d'exploitation agricole du terrain .....	2-19
2-2-1-2-1 Analyse du terrain.....	2-19
2-2-1-2-2 Test des sols.....	2-20
2-2-1-2-3 Politique de l'étude sur les travaux de terrassement.....	2-23
2-2-1-3 Installation de réservoirs .....	2-24
2-2-1-3-1 Barrage .....	2-24
2-2-1-3-2 Conception du déversoir.....	2-37
2-2-1-3-3 Conception des travaux de prise et de vidange.....	2-43
2-2-1-4 Station de pompage .....	2-49
2-2-1-4-1 Type d'installations de pompage .....	2-49
2-2-1-4-2 Détermination des caractéristiques de la pompe.....	2-49
2-2-1-4-3 Bâtiment de la station de pompage et installations supplémentaires.....	2-53
2-2-1-5 Plan du canal d'irrigation .....	2-54
2-2-1-5-1 Types de canal .....	2-54
2-2-1-5-2 Structure du canal à ciel ouvert .....	2-55
2-2-1-5-3 Sélection de l'alignement du canal.....	2-55
2-2-1-5-4 Plan longitudinal.....	2-56
2-2-1-5-5 Réservoir du débit.....	2-57
2-2-1-5-6 Plan du réservoir de réglage .....	2-57
2-2-1-6 Plan d'aménagement de la parcelle pour la rizière existante.....	2-59
2-2-2 Plan de la conception générale .....	2-63
2-2-3 Plan d'exécution.....	2-89
2-2-3-1 Politique de mise en exécution.....	2-89
2-2-3-2 Conditions de mise en exécution.....	2-89
2-2-3-3 Etendue des travaux .....	2-90
2-2-3-4 Supervision des consultants .....	2-90
2-2-3-5 Plan de contrôle de qualité .....	2-92
2-2-3-6 Plan d'approvisionnement.....	2-93
2-2-3-7 Plan de formation sur l'initiation aux opérations et à la maintenance.....	2-95
2-2-3-7-1 Infrastructures de pompage .....	2-95
2-2-3-7-2 Autres infrastructures d'irrigation.....	2-95
2-2-3-8 Plan de composante 'soft' .....	2-96
2-2-3-9 Calendrier d'exécution .....	2-99
2-3 Obligations qui incombent au pays bénéficiaire .....	2-100
2-3-1 Les engagements principaux que le Gouvernement rwandais doit prendre .....	2-100
2-3-2 Obligations du Gouvernement Rwandais relatives à la composante 'soft' du projet .....	2-103
2-3-3 Mise en place de l'OUE et le coût.....	2-105
2-4 Plan opérationnel du projet.....	2-106
2-4-1 Plan structurel du fonctionnement-maintenance .....	2-106
2-4-2 Méthode de fonctionnement-maintenance .....	2-107
2-4-3 Plan de renforcement des capacités du personnel en fonctionnement-maintenance .....	2-108

2-5 Prévission des coûts du projet .....	2-108
2-5-1 Prévission des coûts initiaux.....	2-108
2-5-2 Coût du fonctionnement et maintenance.....	2-110
<b>CHAPITRE 3 EVALUATION DU PROJET .....</b>	<b>3-1</b>
3-1 Conditions préalables pour l'exécution du projet .....	3-1
3-2 Les engagements du Gouvernement rwandais.....	3-1
3-3 Hypothèse importante .....	3-2
3-4 Evaluation du projet.....	3-3
3-4-1 Pertinence.....	3-3
3-4-2 Efficacité .....	3-4
 <b>ANNEXE</b>	
Annexe- 1    Liste des membres de l'Equipe d'étude .....	A 1-1
Annexe -2    Calendrier de l'étude .....	A 2-1
Annexe -3    Liste des parties concernées dans le pays bénéficiaire .....	A 3-1
Annexe -4    Procès-verbal des discussions .....	A 4-1
Annexe - 4.1    Procès-verbal de la discussion du 5 septembre 2013.....	A 4-1
Annexe - 4.2    Procès-verbal de la discussion du 15 mai 2014 .....	A 4-12
Annexe - 5    Plan de la composante "soft" (Assistance technique) .....	A 5-1
Annexe - 6    Autres données pertinentes .....	A 6-1
Annexe au Chapitre 1.....	A6-1-1
Annexe au Chapitre 2.....	A6-2-1



Schéma de Prévision  
Land-husbandry, Water-harvesting and Hillside-irrigation Project in Ngoma22



Red : borne by Japan side Blue : borne by Rwanda side

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1.1.1.1	Composantes du projet sollicitées initialement (août 2009) .....	1-1
Tableau 1.1.1.2	Liste de vérification confirmée dans l'Enquête antérieure (avril 2010) .....	1-1
Tableau 1.1.1.3	Composantes du Projet confirmées dans le Procès-Verbal de la discussion (sept. 2013).....	1-2
Tableau 1.1.1.4	Composantes du projet confirmées dans le procès-verbal de la discussion (mai 2014) .	1-2
Tableau 1.3.1.1	Population des cellules concernées.....	1-8
Tableau 1.3.1.2	Seuils de tolérance de la qualité de l'air ambiant.....	1-11
Tableau 1.3.1.3	Seuils de tolérance des eaux domestiques usées déversées .....	1-12
Tableau 1.3.1.4	Directives pour les interprétations de la qualité d' eau d' irrigation (FAO) .....	1-12
Tableau 1.3.1.5	Faune et Plantes protégées.....	1-13
Tableau 1.3.1.6	Examen des structures alternatives .....	1-14
Tableau 1.3.1.7	Etendue .....	1-14
Tableau 1.3.1.8	Termes de Référence.....	1-15
Tableau 1.3.1.9	Taux de flux à la rivière Murugando et au site du barrage.....	1-17
Tableau 1.3.1.10	Evaluation environnementale .....	1-19
Tableau 1.3.1.11	Mesures atténuantes.....	1-20
Tableau 1.3.1.12	Plan de contrôle recommandé (Phase de Construction).....	1-22
Tableau 1.3.1.13	Plan de contrôle recommandé (Phase d'opérations).....	1-22
Tableau 1.3.1.14	Formulaire préliminaire de contrôle (Période de Construction) .....	1-23
Tableau 1.3.1.15	Formulaire préliminaire de contrôle (Période d'opération) .....	1-23
Tableau 1.3.2.1	La différence entre la Législation rwandaise et les Directives de JICA .....	1-25
Tableau 1.3.2.2	Type de perte et personnes affectées.....	1-26
Tableau 1.3.2.3	Revenu monétaire annuel des PAPs suite a la construction du barrage (Unité: Frw/an/HH).....	1-27
Tableau 1.3.2.4	Proportion des exploitations dans le marais pour toutes les terres agricoles et leur .....	1-27
Tableau 1.3.2.5	Terres et biens à exproprier.....	1-27
Tableau 1.3.2.6	Matrice des droits de compensation.....	1-29
Tableau 1.3.2.7	Résumé des responsabilités institutionnelles pour la mise en œuvre du PAR .....	1-30
Tableau 1.3.2.8	Calendrier de mise en œuvre .....	1-32
Tableau 1.3.2.9	Estimation du coût pour la compensation par le côté rwandais .....	1-32
Tableau 1.3.2.10	Estimation du prix de compensation pour les arbres .....	1-33
Tableau 1.3.2.11	Coût estimatif du monitoring.....	1-33
Tableau 1.3.2.12	Coût total pour la compensation .....	1-34
Tableau 1.3.2.13	Comparaison du prix de marché et le prix officiel.....	1-34
Tableau 1.3.2.14	Eexample de format pour le monitoring .....	1-34
Tableau 1.3.2.15	Résultats de la première réunion consultative .....	1-35
Tableau 1.3.2.16	Résultats de la deuxième réunion consultative Meeting .....	1-37
Tableau 1.3.2.17	Résultats de la troisième réunion consultative.....	1-38
Tableau 2.1.1.1	Matrice de Conception du Projet (PDM).....	2-1
Tableau 2.1.2.1	Composantes du Projet .....	2-2
Tableau 2.2.1.1	Prévision des taux annuels de débits par citerne.....	2-5
Tableau 2.2.1.2	Bilan entre les afflux attendus et les besoins en eau dans les rizières situées en aval ....	2-7
Tableau 2.2.1.3	Besoins en eau d'irrigation par mois .....	2-8
Tableau 2.2.1.4	Besoins en eau dans les rizières en aval.....	2-9
Tableau 2.2.1.5	Zone de commande et répartition des cultures .....	2-10

Tableau 2.2.1.6	Conditions météorologiques pour le calcul des besoins en eau d'irrigation (1974) .....	2-11
Tableau 2.2.1.7	Ec: Efficacité d'infiltration .....	2-11
Tableau 2.2.1.8	Ea: Efficacité d'application sur terrain .....	2-12
Tableau 2.2.1.9	Equilibre entre les précipitations et l'évaporation au niveau du réservoir .....	2-14
Tableau 2.2.1.10	Capacité effective de stockage du réservoir .....	2-15
Tableau 2.2.1.11	Débit planifié en unités pour les cultures en zone terrestre et le paddy .....	2-15
Tableau 2.2.1.12	Volume de débits prévus .....	2-16
Tableau 2.2.1.13	Calcul du débit écologique d'une rivière par rapport à l'année de référence d'étude (1974).....	2-17
Tableau 2.2.1.14	Prévision des Horaires d'irrigation pour les grandes cultures pendant des périodes de pointe d'usage d'eau .....	2-19
Tableau 2.2.1.15	Résumé des résultats du test des sols.....	2-20
Tableau 2.2.1.16	Synthèse d'essais physiques du sol.....	2-24
Tableau 2.2.1.17	Synthèse d'essais mécaniques du sol.....	2-24
Tableau 2.2.1.18	Comparaison sur l'emplacement de l'axe du barrage .....	2-25
Tableau 2.2.1.19	Résultat du calcul de la hauteur du canal de transition .....	2-40
Tableau 2.2.1.20	Résultats du calcul de la Revanche et de la Hauteur de la chute .....	2-41
Tableau 2.2.1.21	Spécifications de l'entrée du bassin d'amortissement .....	2-42
Tableau 2.2.1.22	Conditions de base pour la conception du réservoir .....	2-44
Tableau 2.2.1.23	Évaluation du Temps de vidange .....	2-46
Tableau 2.2.1.24	La prise d'eau à travers l'ouvrage de prise d'eau sur les rives droite et gauche .....	2-47
Tableau 2.2.1.25	Résultat du calcul hydraulique d'ouvrage de prise .....	2-48
Tableau 2.2.1.26	Résultats de calcul des pertes de tuyaux .....	2-50
Tableau 2.2.1.27	Nombre de pompes requises (groupes).....	2-52
Tableau 2.2.1.28	Caractéristiques de la pompe recommandée.....	2-53
Tableau 2.2.1.29	Longueur et type de canal principal.....	2-55
Tableau 2.2.1.30	Comparaison économique pour le canal à ciel ouvert .....	2-55
Tableau 2.2.1.31	Résultats du calcul de débit uniforme pour le canal principal (Canal à ciel ouvert).....	2-56
Tableau 2.2.1.32	Tableau d'étude de la taille du réservoir du débit .....	2-57
Tableau 2.2.1.33	Fluctuation du débit de la pompe et du volume de réservoir .....	2-58
Tableau 2.2.1.34	Capacité du réservoir de réglage N°2 & N°3.....	2-59
Tableau 2.2.1.35	Synthèse de la zone irrigable potentielle .....	2-59
Tableau 2.2.3.1	Plan de construction, d'approvisionnement et d'infrastructures.....	2-90
Tableau 2.2.3.2	Occasions et éléments d'attribution pour le travail d'inspection/vérification.....	2-92
Tableau 2.2.3.3	Plan de contrôle de qualité (Construction).....	2-92
Tableau 2.2.3.4	Plan d'approvisionnement en matériels principaux .....	2-93
Tableau 2.2.3.5	Plan d'approvisionnement en équipements de construction .....	2-94
Tableau 2.2.3.6	Approvisionnement en équipements à fournir .....	2-94
Tableau 2.2.3.7	Ressources requises .....	2-98
Tableau 2.2.3.8	Calendrier d'exécution.....	2-99
Tableau 2.3.1.1	Résumé des principaux engagements à prendre par le Gouvernement rwandais .....	2-101
Tableau 2.3.2.1	Horaire de la composante 'soft' et des agents prévus en contrepartie .....	2-104
Tableau 2.3.2.2	Prévision des coûts à charge de la partie rwandaise pour les opérations de la composante 'soft' .....	2-104
Tableau 2.3.3.1	Coûts pour la mise en place de l'OUE.....	2-106
Tableau 2.5.1.1	Le coût du projet sous forme de subvention .....	2-108

Tableau 2.5.2.1	Heures de fonctionnement des pompes utilisant l'électricité de la ligne commerciale et le coût .....	2-110
Tableau 2.5.2.2	Prévision des coûts annuels de fonctionnement et de la maintenance .....	2-111
Tableau 3.4.1.1	Comparaison de la taille économique des exploitations .....	3-3
Tableau 3.4.2.1	Effet quantitatif du projet ( augmentation de la production des cultures par unité et taux du transport ) .....	3-4

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1.2.1.1	La température au Rwanda .....	1-3
Figure 1.2.1.2	Moyenne mensuelle des précipitations journalières dans les 10 dernières années (Gahororo) .....	1-3
Figure 1.2.1.3	Précipitations annuelles au cours des 40 dernières années .....	1-3
Figure 1.3.1.1	Structure du barrage proposée .....	1-5
Figure 1.3.1.2	Lieux proposés pour le barrage et les canaux d'irrigation .....	1-5
Figure 1.3.1.3	Localisation des zones de commande et des Cellules concernées .....	1-6
Figure 1.3.1.4	Précipitations annuelles dans le District de Ngoma.....	1-6
Figure 1.3.1.5	Distributions des zones de conservation au Rwanda .....	1-7
Figure 1.3.1.6	Diagramme de l'exécution d'EIA.....	1-10
Figure 1.3.1.7	Le confluent des rivières Murugando et Rwakanuma .....	1-17
Figure 1.3.2.1	Zones et personnes affectées par le Projet .....	1-26
Figure 1.3.2.2	Localisation de la zone submergée .....	1-28
Figure 1.3.2.3	Mécanismes d'introduction des plaintes proposés.....	1-30
Figure 1.3.2.4	Organigramme proposé de mise œuvre du PAR.....	1-31
Figure 2.2.1.1	Illustration d'une citerne-modèle.....	2-4
Figure 2.2.1.2	Résumé de l'estimation du taux annuel de débits .....	2-5
Figure 2.2.1.3	Prévision des taux de débits en 1974.....	2-6
Figure 2.2.1.4	Taux estimés de débits de rivières en 1974.....	2-8
Figure 2.2.1.5	Mécanisme du retour d'eau infiltrée .....	2-8
Figure 2.2.1.6	Rotation culturale planifiée.....	2-10
Figure 2.2.1.7	Relation entre la profondeur d'eau, le volume et la superficie du réservoir.....	2-13
Figure 2.2.1.8	Diagramme de l'équilibre hydrique .....	2-18
Figure 2.2.1.9	Structure de base des travaux de terrassement.....	2-23
Figure 2.2.1.10	Carte d'emplacement des axes du barrage.....	2-25
Figure 2.2.1.11	Ruissellement prévu des crues probables .....	2-26
Figure 2.2.1.12	Composant pour l'étude de la structure du tapis.....	2-29
Figure 2.2.1.13	Résultats d'essais de perméabilité en place .....	2-29
Figure 2.2.1.14	Longueur du Tapis et Quantité de fuite.....	2-30
Figure 2.2.1.15	Résultat d'analyse de percolation (Modèle d'analyse et Distribution de vecteur de vitesse).....	2-32
Figure 2.2.1.16	Balance de gradation entre le sable et le gravier et des matériaux de remplissage imperméables.....	2-36
Figure 2.2.1.17	Étude de cas d'alignement du déversoir .....	2-37
Figure 2.2.1.18	Section longitudinale .....	2-38
Figure 2.2.1.19	Profil en travers de l'ensemble du déversoir.....	2-38
Figure 2.2.1.20	Profil en travers du canal de transition .....	2-39
Figure 2.2.1.21	Profil en travers de la chute .....	2-41
Figure 2.2.1.22	Conditions de conception de la station de pompage.....	2-49
Figure 2.2.1.23	Moyenne quotidienne du débit de la pompe par la production d'énergie solaire .....	2-52
Figure 2.2.1.24	Débit de pompe et besoins en eau d'irrigation par décennie.....	2-53
Figure 2.2.1.25	Diagramme de sélection de l'alignement du canal .....	2-56
Figure 2.2.1.26	Diagramme de la structure du réservoir du débit.....	2-57

Figure 2.2.1.27	Simulation effectuée sur le changement du volume de réservoir .....	2-58
Figure 2.2.1.28	Alignement du canal modification du contour du versant de la colline.....	2-61
Figure 2.2.1.29	Alignement du canal suivant l'emplacement actuel (Proposé).....	2-61
Figure 2.2.1.30	Plan type d'aménagement de la rizière existante .....	2-62
Figure 2.2.1.31	Profil en travers type d'aménagement des parcelles et Partage des rôles entre le Rwanda et le Japon .....	2-62
Figure 2.2.3.1	Cycle positif de WUO.....	2-96
Figure 2.3.3.1	Diagramme du déroulement de la mise en place d'une OUE .....	2-105
Figure 2.4.1.1	Organigramme de base de l'OUE .....	2-107

## **ABRÉVIATIONS**

CARD	Coalition pour développement du riz africain
C/P	Équivalent
DISC	Irrigation de district qui dirige le comité
EAC	Comité africain est
EIA	Estimation de l'impact de l'environnement
EIACA	Certificat de l'estimation de l'impact de l'environnement d'autorisation
FAO	Nourriture et organisation de l'agriculture
GoJ	Gouvernement de Japon
GoR	Gouvernement de Rwanda
JICA	Agence Japonaise de coopération internationale
LWH	Aménagement des Terres, Collecte d'eau et Irrigation collinaire
M/D	Minutes de discussions
MINICOM	Ministère de commerce et industrie
MINAGRI	Ministère d'agriculture et ressources de l'animal
MINIRENA	Ministère de ressources naturelles
NAEB	Rwanda panneau du développement agricole national
OD	Dessin du contour
OP	Politique de l'opération
OJT	Former au travail
O&M	Opération et entretien
PAP	Le projet a affecté des personnes
PDM	Matrice du dessin du projet
RAB	Comité d'agriculture Rwanda
RAP	Plan de l'action du transfert de population
RDB	Comité de développement Rwanda
REMA	Autorité de la gestion de l'environnement de Rwanda
RNRA	Rwanda autorité des ressources naturelle
RPF	Structure de la politique du transfert de population
RSSP	Projet du secteur du support rural
Rwf	Franc de Rwanda
SPAT	Le plan stratégique pour la transformation d'agriculture
SPIU	Unité de la mise en oeuvre du projet seule
TOR	Termes de référence
WB	Banque Mondiale
W/S	Atelier
WUO	Arrosez l'organisation des utilisateurs

### **CONVERSION DE L'UNITÉ**

1 mètre (m)	=	3.28 pieds
1 kilomètre (km)	=	0.62 milles
1 hectare (ha)	=	2.47 acres
1 acre	=	0.405 ha
1 pouce (in.)	=	2.54 cm
1 pied (ft.)	=	12 pouces (30.48 cm)
1 ac-ft	=	1,233.4 cum
1 a	=	100 m <sup>2</sup>

### **ÉQUIVALENTS DE LA MONNAIE (COMME DE NOVEMBRE 2013)**

US\$ 1.00	=	99.27 Yen japonais
RWF 1.00	=	0.148 Yen japonais

### **RWANDA ANNÉE FISCALE**

Du 1er janvier au 31 décembre

## CHAPITRE 1 CONTEXTE DU PROJET

### 1-1 Contexte et description du projet

En Août 2009, MINAGRI a demandé au Gouvernement du Japon de mettre en place des systèmes d'irrigation impliquant la construction d'installations en tant que Subvention du Japon, qui a été prévue dans le cadre du Projet LWH (Projet d'aménagement des terres, collecte d'eau et irrigation collinaire) sous la promotion du MINAGRI. La demande à l'époque se résume comme suit.

**Tableau 1.1.1.1 Composantes du projet sollicitées initialement (août 2009)**

Nom du Site	Bugesera2	Bugesera3	Bugesera4	Ngoma21	Ngoma22
Coût sollicité (en millions de \$)	3,5	2,9	5,1	4,4	5,1
Volume du barrage	111.000m <sup>3</sup>	114.612m <sup>3</sup>	224.905m <sup>3</sup>	140.000m <sup>3</sup>	65.000m <sup>3</sup>
Déversoir et canal de déversement	160m	210m	180m	250m	160m
Installations de prise	1 kit	1 kit	1 kit	1 kit	1 kit
Canal d'irrigation (Pipeline)	2.700m	1.930m	4.108m	3.500m	8.000m

En réponse à la demande, JICA a mené une série d'enquêtes, à savoir, 1) «L'Enquête Préparatoire sur le Projet LWH en République du Rwanda (No.1)» réalisée en avril 2010 et 2) «L'Enquête de Collecte des Données sur la Promotion de l'Irrigation dans le District de Ngoma de la Province de l'Est au Rwanda» effectuée en juillet 2012.

La première enquête a examiné 5 sites candidats dans les districts de Ngoma et Bugesera et l'enquête a révélé que, parmi eux, 4 sites n'étaient pas appropriés à une nouvelle promotion dans le cadre du Projet d'aide du Japon sous forme de subvention parce que la taille des bassins versants de ces sites était tellement petite pour la collecte de l'eau d'irrigation nécessaire. L'autre enquête a ciblé le site restant, où se trouvait le site Ngoma22. La faisabilité a finalement été trouvée suite à la taille de la zone de commande et du bassin hydrographique. En raison des résultats sur ces processus mentionnés jusqu'ici, la JICA a décidé de formuler une conception générale du projet d'irrigation sur le site Ngoma22 par l'exécution de cette enquête préparatoire qui a été menée de septembre 2013 à juin 2014.

Au cours de la période de l'enquête 1) indiquée ci-dessus, les deux parties à savoir la JICA et le côté rwandais ont confirmé la liste de vérification ci-dessous.

**Tableau 1.1.1.2 Liste de vérification confirmée dans l'Enquête antérieure (avril 2010)**

Liste de vérification confirmée	Description
Objectif du projet	Le projet vise à réaliser une augmentation de la production agricole à travers l'agriculture d'irrigation durable.
Site cible	A travers la mise en œuvre d'une série d'enquêtes, il a été constaté que seul Ngoma22 est le site approprié pour le développement de l'irrigation dans le cadre de l'aide du Japon sous forme de subvention.
Erosion du sol	Quant au site Ngoma22, il a été constaté que la possibilité de l'érosion du sol est faible du point de vue de la conservation du sol. Le terrassement sera examiné dans l'étape suivante en détail.

Avant le début de cette enquête, les composantes du projet pour atteindre l'objectif du projet et l'objectif global ont été examinées et convenues entre le MINAGRI et la mission de JICA à travers une série de discussions. En date du 5 septembre 2013, les deux parties ont signé le procès-verbal des discussions (PV) sur base de la discussion ci-dessus. Les composantes du projet sont indiquées

ci-dessous. En ce qui concerne les éléments du Projet 1, 2 et 3 figurant dans le tableau ci-dessous, il a été confirmé qu'ils seraient tous intégrés dans la composante 'soft' prévue.

**Tableau 1.1.1.3 Composantes du Projet confirmées dans le Procès-Verbal de la discussion (sept. 2013)**

Description	Contenu
1. Barrage et réservoir d'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Barrage</li> <li>· Réservoir d'eau supplémentaire</li> </ul>
2. Installations d'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Canaux principaux et secondaires pour l'irrigation collinaire</li> <li>· Vanne de prise d'eau et canaux pour la rizière</li> </ul>
3. Equipements	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Panneau solaire</li> <li>· Pompe</li> <li>· Tuyau</li> </ul>
4. Assistance technique (Composantes "soft")	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Assistance technique aux organisations d'utilisateurs d'eau (OUE)</li> <li>· Gestion de l'eau</li> </ul>

A la fin de l'enquête sur terrain menée d'août au novembre 2013, l'équipe d'enquête a analysé les données et les informations pour établir la conception générale du projet. La conception du projet fut ensuite discutée par MINAGRI et l'équipe de mission de JICA en date du 15 mai 2014 et les deux parties en ont été d'accord.

**Tableau 1.1.1.4 Composantes du projet confirmées dans le procès-verbal de la discussion (mai 2014)**

Description	Contenu
1. Réservoir du barrage et réservoir régulateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Structure du barrage (digue)</li> <li>· Réservoir régulateur</li> </ul>
2. Installations d'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Canal principal et canaux secondaires pour l'irrigation collinaire</li> <li>· Boîtes de déviation et canaux/drainages pour les parcelles rizicoles existantes</li> </ul>
3. Matériels	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Panneau solaires</li> <li>· Installations de pompage</li> <li>· Tuyaux flexibles</li> </ul>
4. Composantes 'soft'	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mise en place de l'organisation des utilisateurs d'eau (OUE) et renforcement organisationnel de l'OUE (y compris la formation en aquaculture terrestre)</li> <li>· Appui technique en fonctionnement et maintenance des structures d'irrigation, gestion d'eau et agriculture</li> <li>· Essai de remplissage du réservoir</li> </ul>
5. Construction des parcelles du champ rizicole existant	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Construction des parcelles du champ rizicole en aval</li> </ul>

## 1-2 Les conditions naturelles

### 1-2-1 Les conditions hydrologiques et météorologiques

#### 1) La température

Bien que le Rwanda soit un pays situé juste sous l'Equateur à 2 degrés de latitude sud, il est dit que c'est «un pays du printemps éternel» en raison de son altitude d'environ 1500m en moyenne. La température moyenne quotidienne dans le capital, Kigali, est d'environ 21°C et connaît une petite fluctuation annuelle d'environ 2°C. La fluctuation quotidienne est également constante avec 16°C au plus bas et 28°C au niveau maximal. Comme la température dépend de l'altitude, la différence de température moyenne journalière entre Gahororo situé à une altitude de 1700m et Kigali situé à 1450m d'altitude est de 2-4°C. Du point de vue changement à long terme, la température tend à augmenter.

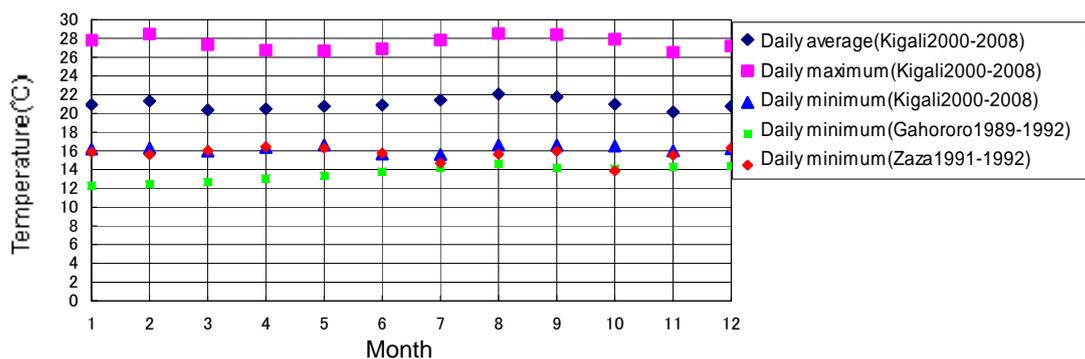


Figure 1.2.1.1 La température au Rwanda

2) Les précipitations

Les précipitations annuelles au Rwanda sont d'environ 1500 mm dans la région montagneuse à l'ouest et au nord et d'environ 700 mm dans la zone orientale de basses collines. Les précipitations annuelles d'environ 1000 mm sont prévues au site du projet dans la zone de Ngoma. D'habitude, il pleut pendant quelques heures de manière intense comme une bourrasque.

La figure suivante montre les précipitations moyennes quotidiennes au cours de dix ans de 1983 à 1993 à la station de l'observatoire de Gahororo dans les environs du District de Ngoma. La quantité des précipitations est élevée pendant la saison des pluies, de mars à mai, et il pleut environ 100mm sur une base mensuelle d'octobre à février. Au contraire, il y a peu de pluies de juin à août, pendant la saison sèche. Du point de vue changement à long terme, les précipitations ont tendance à diminuer.

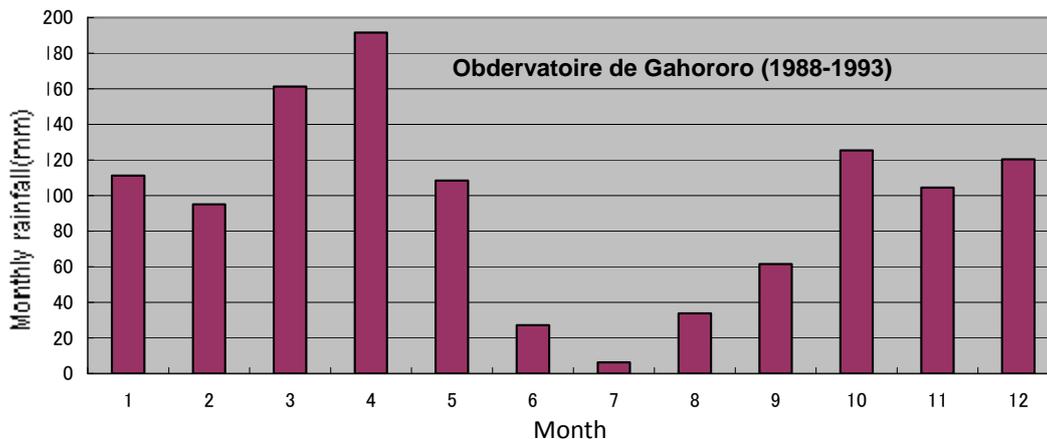


Figure 1.2.1.2 Moyenne mensuelle des précipitations journalières dans les 10 dernières années (Gahororo)

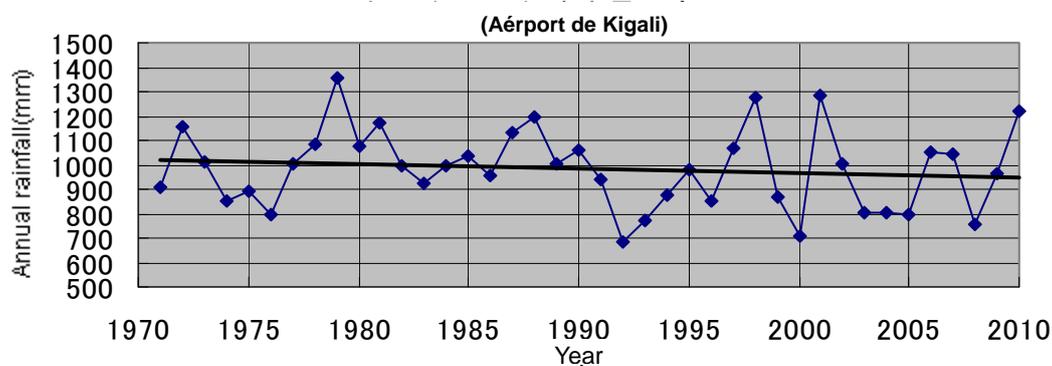


Figure 1.2.1.3 Précipitations annuelles au cours des 40 dernières années

### 1-2-2 La condition physiographique

Le Rwanda est un petit pays enclavé d'Afrique central qui a des paysages grandioses partout, ce qui lui donnent le nom de «Pays aux Mille Collines».

Le relief du pays est généralement divisé en deux zones par la ligne de partage des eaux du lac Kivu et du bassin versant du Nil. Le bassin du Nil est composé du plateau central (altitude de 2000 m à 1500 m) et les basses plaines de l'Est avec l'altitude inférieure à 1500 m; elles couvrent la majeure partie de la superficie du pays et leur élévation moyenne descend vers l'est dans les marais et les lacs à la frontière orientale avec la Tanzanie. Sur le parcours de cette décroissance d'élévation, la terre forme de nombreuses ondulations des vagues en direction N-S. Chaque colline dans le plateau et dans les plaines a des caractéristiques remarquables; un sommet très prolongé et plat et des pentes latérales assez douces.

La topographie autour du site du barrage est plus ou moins classée en deux catégories; à l'est, de hautes collines ondulées assez grandes avec un sommet plat et prolongées en direction N-S, et à l'ouest, de basses collines très douces également avec le sommet plat. Les linéaments des hautes collines sont assez fortes, et leurs sommets de collines assez plats gardent leur élévation autour de 1700 m. Entre les collines ondulées, plusieurs bassins coupent les pentes de colline formant des vallées marquées en parallèle avec les collines. La partie ouest du site constitue le bassin hydrographique du lac Mugesera. Un système de drainage de forme irrégulière, dendritique forme un fond de vallée un peu large et plat, couvrant la grande partie de la région des basses collines de l'ouest. Ces collines basses ont également des sommets assez plats et les linéaments ne sont pas clairs, car elles sont larges et ont des crêtes auxiliaires à différentes directions.

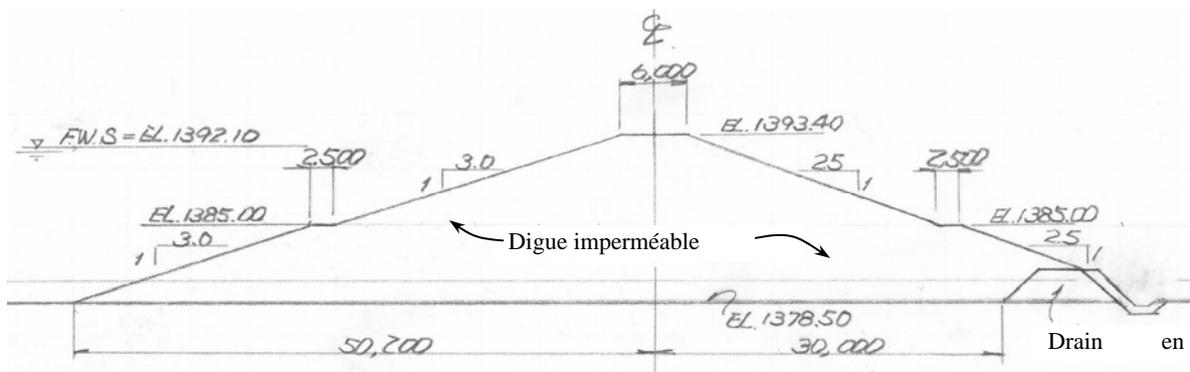
Le site du barrage Ngoma 22 est situé à une petite rivière dans la vallée de Rwabishanyi, à son amont. A l'axe du barrage, la rivière a un petit lit mais plat d'une largeur de quelques dizaines de mètres. La petite rivière se déverse dans le lac Mugesera à son aval après sa convergence avec de nombreux petits affluents. La rive droite du barrage est une pente douce d'une basse colline secondaire qui s'étend en direction NE-SO, qui est une branche d'une très grande basse colline primaire étendue orientée NO à partir de Remera. La rive gauche est également une pente douce d'une autre basse colline primaire orientée EO-NO, qui s'étend de l'extrémité de la branche secondaire de la colline principale de Kigarama.

### 1-3 Considérations environnementales et sociales

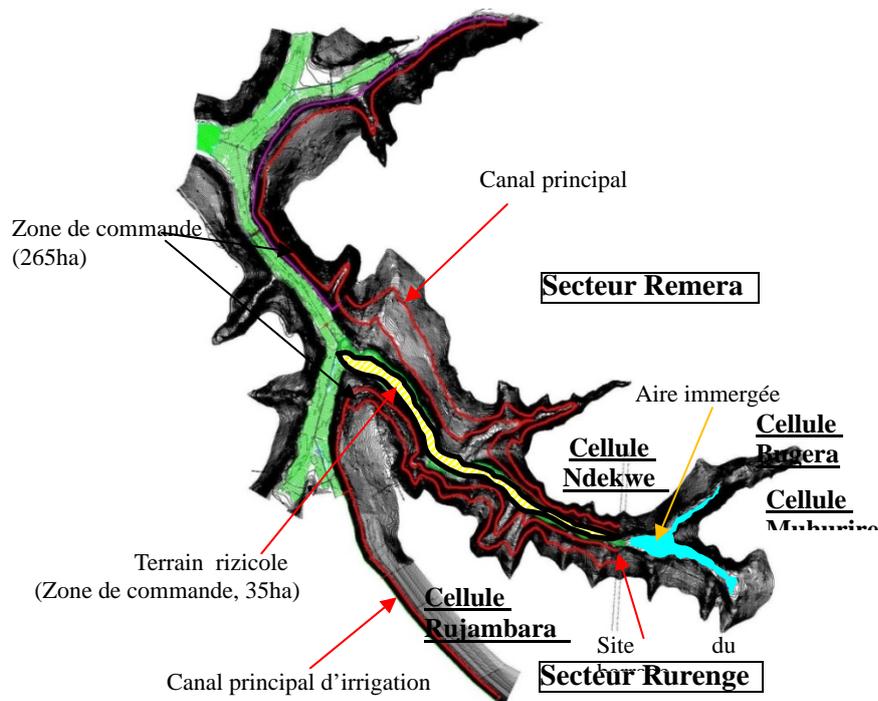
#### 1-3-1 Evaluation de l'impact environnemental

##### 1-3-1-1 Composantes du Projet susceptibles d'impacts environnementaux

Les principales structures/infrastructures que le Projet va construire sont le barrage (la capacité du barrage: 960.000m<sup>3</sup>) supporté par une digue de barrage (H=14,9m), les canaux principaux d'irrigation (L=28km) avec des infrastructures d'appui, notamment le déversoir, la station de pompage, les installations de l'énergie solaire, le canal de fond, les infrastructures de déversement, etc. Voici la proposition de la structure du barrage comme la figure suivante le montre. Deux lignes du canal principal d'irrigation se trouvent à chaque rive: la longueur totale des canaux principaux à ciel ouvert et des canaux en pipeline sont respectivement environ 20km et 8km. Le site du Projet est localisé dans les Secteurs de Remera et Rurenge dans le District de Ngoma. Le Projet a prévu d'immerger 21,73ha. Ceci va entraîner l'expropriation du terrain. Cependant, aucun cas de repeuplement involontaire n'est prévu. En plus, la superficie du terrain rizicole en aval sera réduite suite à la construction de la parcelle. Les lieux de ces structures sont indiqués dans les figures suivantes :



**Figure 1.3.1.1 Structure du barrage proposée**

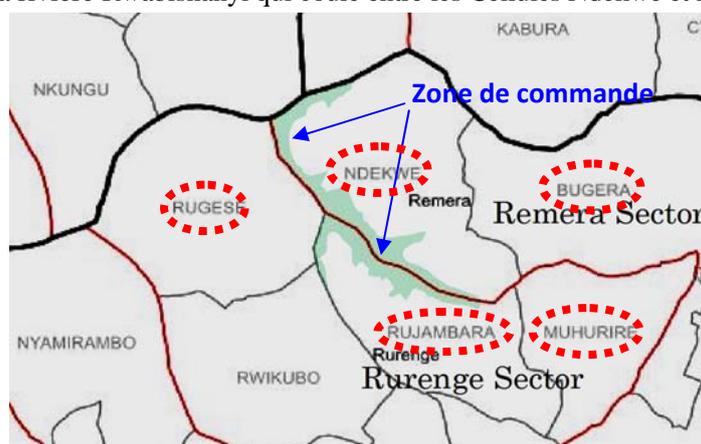


**Figure 1.3.1.2 Lieux proposés pour le barrage et les canaux d'irrigation**

### 1-3-1-2 Conditions générales de la zone du Projet

#### 1) Localisation de la zone de commande

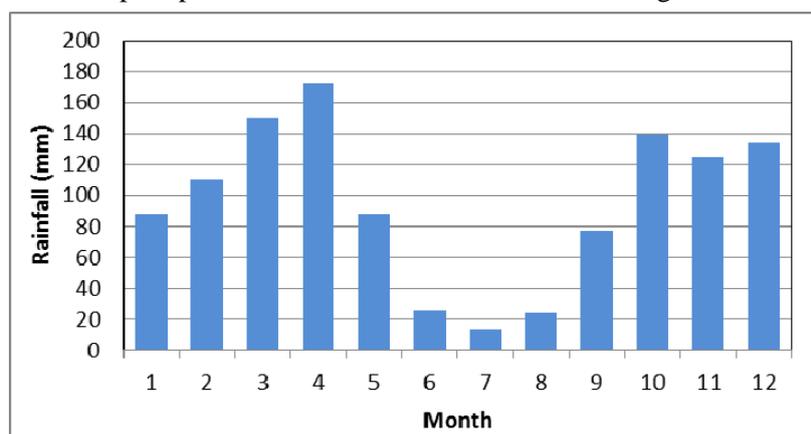
La zone d'enquête est située dans le District de Ngoma dans la Province de l'Est. La zone de commande d'irrigation proposée se situe dans les Cellules de Ndekwe et Rujambara comme le montre la figure suivante. Non seulement les personnes de ces deux cellules, mais aussi les résidents des Cellules de Rugese, Bugera et Muhurire cultivent dans cette zone de commande. Les aires bénéficiaires couvrent 265ha du terrain de cultures sur le versant de la colline et 35ha des champs rizicoles le long de la rivière Rwabishanyi qui coule entre les Cellules Ndekwe et Rujambara.



**Figure 1.3.1.3 Localisation des zones de commande et des Cellules concernées**

#### 2) Précipitations

Les précipitations annuelles moyennes dans le District de Ngoma sont 1.148 mm, qui ont été mesurées de 1984 à 2012 dans le Secteur de Zaza, et elles sont relativement comparables avec celles des autres régions du Rwanda. Il ya deux saisons pluvieuses et les précipitations atteignent leur niveau maximal en avril. La structure des précipitations annuelles est illustrée dans la figure suivante.



**Figure 1.3.1.4 Précipitations annuelles dans le District de Ngoma**

#### 3) Utilisation de la terre

Dans la vallée où sera construit le barrage proposé, la rivière Rwabishanyi coule dans la vallée et le ruisseau sera orienté dans les autres rivières en amont et se jettera dans le Lac Mugesera. Le champ rizicole appartient au Gouvernement. Dans et autour des sites du Projet proposés il y a des champs où sont cultivés paddy, chou, patate



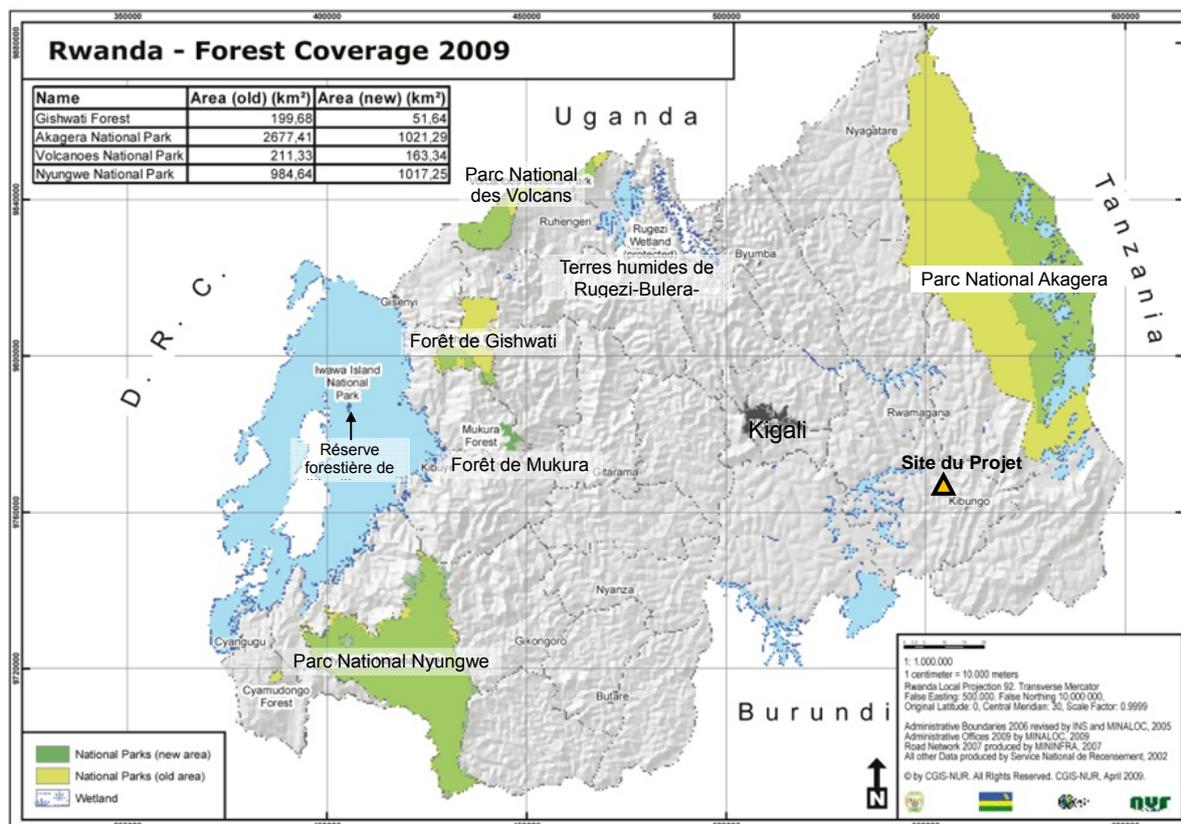
douce, tomate, manioc, haricot, maïs, carotte, etc. La terre de la région cible est essentiellement utilisée à des fins agricoles. D'autre part, il y a quelques parcelles où sont plantés les arbres d'Eucalyptus.

#### 4) Faune et Flore

Le site du barrage proposé est situé en aval du marais où la rivière Rwabishanyi coule. Le marais et la zone du versant de colline environnante ont été exploités pour des fins agricoles et sa principale flore est dominée par les cultures agricoles comme la patate douce, les arbres, les buissons comme *Lantana Camara*. On estime que la flore naturelle dans le marais a été déjà perdue suite aux activités culturelles.

- a) Certains petits animaux sont identifiés dans le marais. Ils sont notamment les crapauds africains communs (*Amietophrynus Gutturalis*), crapaud nain africain (*Hymenochirus Boettgeri*), boomslang (*Dispholidus Typus*), la grenouille (*Heterocephalus Glaber*), rat pygmée africain (*Mus Minutoides*), Héron Goliath (*Ardea Goliath*), poisson à poumon africain (*Protopterus Annectens*), etc. Ce sont les espèces communes et se trouvent dans la catégorie des moins concernées en termes d'extinction selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et des Ressources naturelles, elles ne sont pas enregistrées comme animaux protégés dans la législation rwandaise.

Il y a quelques zones de conservation au Rwanda, notamment les terres humides et les réserves forestières, comme le Parc National de l'Akagera, il n'y a pas d'une telle aire protégée dans et autour du site proposé du Projet comme la figure suivante le montre<sup>1</sup>.



**Figure 1.3.1.5 Distributions des zones de conservation au Rwanda**

<sup>1</sup>Source: Rwanda State of Environment and Outlook, 2009, REMA

### 5) Population et nombre de ménages des cellules concernées

Tous ces villages sont situés sur la zone vallonnée et la hauteur de la zone résidentielle est supérieure à 1.400m. Ces villages ne sont pas localisés dans la partie de la vallée où la le barrage sera construit. Par conséquent, aucune maison ne sera immergée par l'eau à cause du barrage prévu. Le tableau suivant montre la population des Cellules concernées. Le nombre moyen des membres de la famille est de 4,1 par ménage.

**Tableau 1.3.1.1 Population des cellules concernées**

Secteur	Cellule	Village	N° de ménage	Nbr de population
Rurenge	MUHURIRE	NYAMATA	304	1.369
		GITOBÉ	168	784
		GISUNZU	169	696
		GASHINYA	77	353
		AGATONERIO	88	422
	Sous-total		806	3.624
Rurenge	Rugese	KAJEVUBA	188	547
		KAMWIRU	310	1.225
		KUMUNINI	92	412
		NYAMIGENDE	198	585
		RUGARIKA	185	813
		RWAKANUMA	176	714
		KIYANJA	443	1.726
	Sous-total		1.592	6,022
Rurenge	RUJAMBARA	AKARAMBARAYE	142	620
		MASHYOZA	196	803
		KABEZA	119	497
		MBONWA	139	610
		NYABANGA	119	517
		URUSAGARA	315	1.326
	Sous-total		1.030	4.373
Remera	NDEKWE	RUKORE	322	1.216
		GIKOMERO	163	661
		RUGANDO	285	1.154
		RWAMUTABAZI	335	1.425
		RUHUHA	237	979
		ICYAKABIRI	296	1.194
	Sous-total		1.638	6.629
Remera	BUGERA	GASEBEYA	130	580
		KABEZA	134	672
		MUNINI I	134	502
		NKENKE	87	377
		RWESERO	114	540
		KUMUKIZA	156	657
		RUBUMBA	187	748
		GATARE	178	770
		GISUNZU	157	743
		MUNINII	126	540

Secteur	Cellule	Village	N° de ménage	Nbr de population
		KIYOVU	195	863
	Sous-total		1.598	6.992
	Total		6.664	27.640

Source: Bureau du Secteur de Remera, 2012

### 1-3-1-3 Cadre institutionnel et législatif du secteur environnemental au Rwanda

#### 1) Institutions concernées par la protection de l'environnement

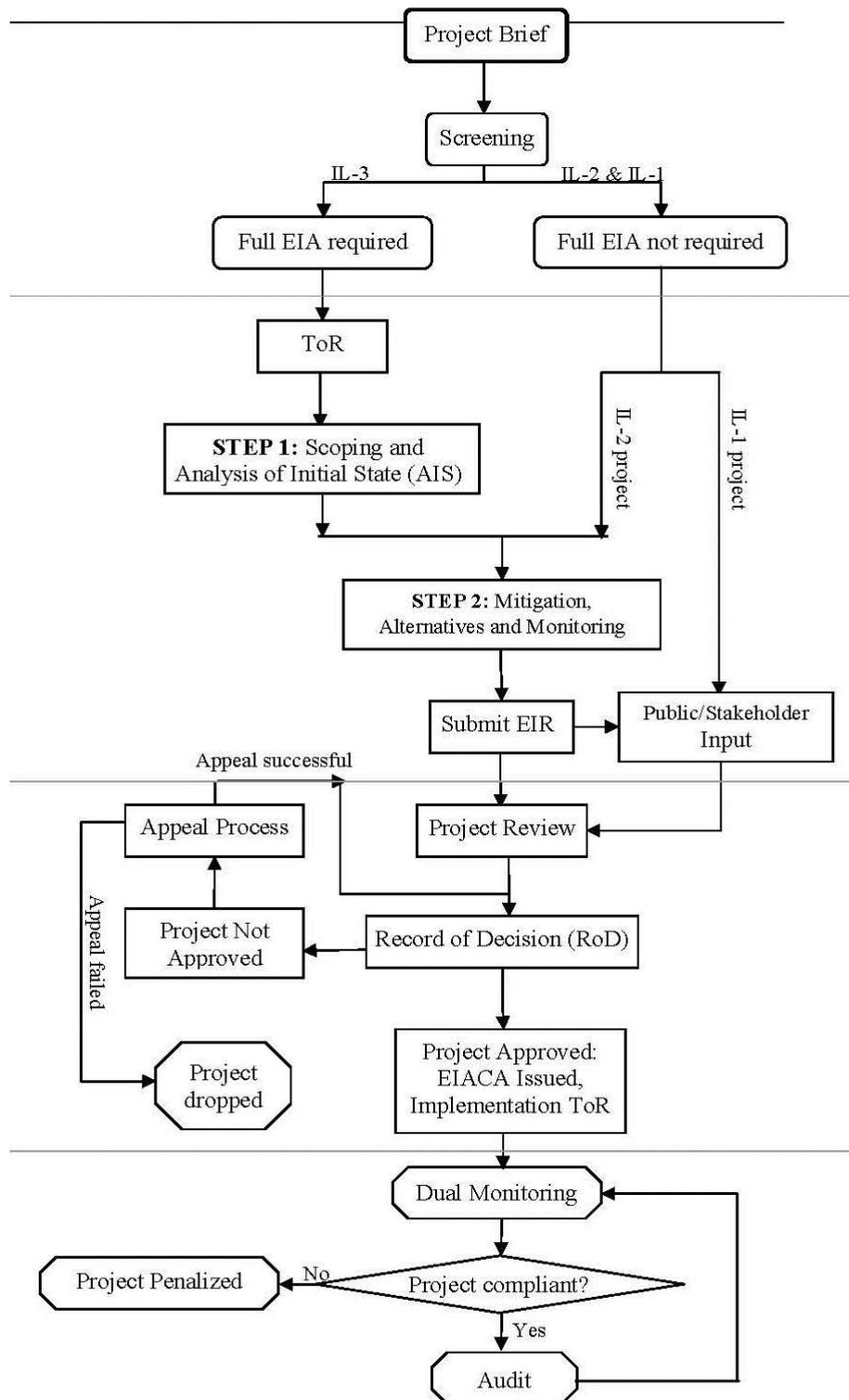
Le Ministère des Ressources Naturelles (MINIRENA) couvre tout ce qui a trait à l'administration de l'environnement au Rwanda et le Ministère chargé de la promotion des lois régissant la protection de l'environnement au niveau national. Il consiste en trois unités principales: Unité Terres et Mines, Unité Environnement et Foresterie, Unité Planification&Suivi-Evaluation. L'Office Rwandais de protection de l'Environnement (REMA) et l'Office National des Ressources Naturelles au Rwanda (RNRA) sont des offices sous la tutelle de MINIRENA. L'Office Rwandais de Développement (RDB) est chargé du processus d'Evaluation de l'Impact Environnemental (EIA) au Rwanda. Le Département de Conformité Environnementale qui est l'un des départements du RDB est directement chargé de certaines procédures telles que l'approbation des rapports d'EIA.

#### 2) Cadre législatif

##### (1) Procédure d'EIA au Rwanda

La Loi organique N° 04/2005 du 08/04/2005 portant Modalités Protéger, Sauvegarder et Promouvoir l'Environnement au Rwanda donne les principes fondamentaux de conservation de l'environnement au Rwanda. Ensuite, le document relatif aux 'Directives et procédures générales d'évaluation de l'Impact Environnemental (2006) qui réconcilie les obligations légales avec le code de conduite pratique d'EIA et qui satisfait au besoin de poursuivre le développement durable du Rwanda a été préparé. Il a fallu suivre les directives dans la préparation du rapport d'EIA. L'Arrêté Ministériel N° 004/2008 du 15/08/2008 établissant la liste des travaux; activités et projets à soumettre à l'évaluation de l'Impact environnemental parle des travaux publics qui doivent être entrepris dans le cadre de l'EIA.

Le processus d'EIA au Rwanda consiste en quatre phases comme illustré dans la Figure 1.3.1.6. Le Projet exige la préparation du rapport d'EIA selon les directives déjà mentionnées. Le MINAGRI a préparé le rapport d'EIA en se basant sur les Termes de Référence (TOR) établi par RDB en novembre 2013. En février 2014, le RDB a établi un certificat d'EIA pour le Projet.



**Figure 1.3.1.6 Diagramme de l'exécution d'EIA**

**(2) Normes environnementales au Rwanda**

Le seuil de tolérance de qualité de l'air ambiant est indiqué dans l'Arrêté Ministériel N°003/16.01 du 15/07/2010 relatif à la Prévention des Activités Polluant l'Atmosphère. Les valeurs normatives ne dévient pas beaucoup des normes internationales telles que la Corporation Financière Internationale (IFC) comme le montre le tableau suivant:

**Tableau 1.3.1.2 Seuils de tolérance de la qualité de l'air ambiant**

	Polluant	Temps moyen pondéré	Zone industrielle	Zone résidentielle, rurale & autres	Zones sous contrôle	Directives internationales *
1	Oxyde de soufre (SOx);	Moyen. annuelle	80 µg/m <sup>3</sup>	60µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	
		24 heures	125 µg/ m <sup>3</sup>	80 µg/m <sup>3</sup>	30 µg/m <sup>3</sup>	20µg/m <sup>3</sup> (SO <sub>2</sub> )
		Moyen. annuelle		0.019 ppm 50µg/ m <sup>3</sup>		
		24 heures		0.048ppm 125µg/ m <sup>3</sup>		
		Sommet instantané		500µg/m <sup>3</sup>		
		Sommet instantané (10min)			0.191 ppm	
2	Oxydes d'azote (NOx)	Moyen. annuelle	80µg/ m <sup>3</sup>	60µg/m <sup>3</sup>	15µg/ m <sup>3</sup>	40µg/m <sup>3</sup>
		24 heures	150µg/ m <sup>3</sup>	80µg/m <sup>3</sup>	30µg/ m <sup>3</sup>	
		8 heures				
		Moyen. annuelle		0.2 ppm		
		Moyen.mensuelle		0.3 ppm		
		24 Hheures		0.4 ppm		
		1- heure		0.8 ppm		200µg/m <sup>3</sup>
		Sommet instantané		1.4 ppm		
3.	Dioxyde d'azote	Moyen. annuelle	150µg/m <sup>3</sup>	0.05 ppm		
		Moyen. annuelle		0.08 ppm		
		24 heures	100µg/m <sup>3</sup>	0.1 ppm		
		1- heure		0.2 ppm		
		Sommet instantané		0.5ppm		
4.	Particules en suspension (SPM)	Moyen. annuelle	360µg/m <sup>3</sup>	140µg/ m <sup>3</sup>	70µg/ m <sup>3</sup>	
		24 heures	500µg/m <sup>3</sup>	200µg/ m <sup>3</sup>	100µg/ m <sup>3</sup>	
		Moyen. annuelle		100µg/ m <sup>3</sup>		
		24 heures		180µg/ m <sup>3</sup>		
5.	Particules respirables (<10m) (RPM)	Moyen. annuelle*	70µg/ m <sup>3</sup>	50µg/ m <sup>3</sup>	50µg/ m <sup>3</sup>	
		24 heures	150µg /N m <sup>3</sup>	100µg/N m <sup>3</sup>	75µg/N m <sup>3</sup>	
6.	PM2.5	Moyen. annuelle	35µg / m <sup>3</sup>			10µg/m <sup>3</sup>
		24 heures	75µg m <sup>3</sup>			25µg/m <sup>3</sup>
7.	Plomb (Pb)	Moyen. annuelle	1.0µg/N m <sup>3</sup>	0.75µg/N m <sup>3</sup>	0.50µg/ m <sup>3</sup>	
		24 heures	1.5µg/ m <sup>3</sup>	1.00µg / m <sup>3</sup>	0.75µg/ m <sup>3</sup>	
		Moyen. mensuelle		2.55µg/Nm <sup>3</sup>		
8.	Monoxyde de carbone (CO)/ dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	8 heures	5.0 mg/ m <sup>3</sup>	2.0 mg/ m <sup>3</sup>	1.0 mg/ m <sup>3</sup>	
		1 heure	10.0 mg/ m <sup>3</sup>	4.0 mg/ m <sup>3</sup>		
		24 heures				
9.	Hydrocarbures sans méthane					
		Sommet instantané	700ppb			
10.	VOC total	6 mg/m <sup>3</sup>				
11.	Ozone	1- heure	200µg/ m <sup>3</sup>	0.12ppm		
		8 heures (Sommet instantané)	120µg/ m <sup>3</sup>	1.25 ppm		100µg/m <sup>3</sup>

Source: Annex to the Ministerial Order N°003/16.01 of 15/07/2010 Preventing Activities that Pollute the Atmosphere

\*EHS (Environmental, Health and Safety) General Guideline (April 2007, IFC)/ World Health Organization (WHO) Guideline

La norme qualitative des eaux usées des ménages et des bureaux au Rwanda est établie sur base des directives de l'OMS relatives à la réutilisation des eaux usées (WHO Guidelines for Wastewater Reuse) (2006) et il n'y a pas de grande différence entre les valeurs normatives et celles de l'IFC sauf le BOD et COD. La norme est fournie ci-dessous:

**Tableau 1.3.1.3 Seuils de tolérance des eaux domestiques usées déversées**

Paramètre	Seuils au Rwanda	Directive internationale*
TDS	≤1500mg/l	-
TSS	≤50mg/l	≤50mg/l
pH	5.0-9.0	6.0-9.0
Azote totale	≤30mg/l	≤10mg/l
Nitrite	≤2mg/l	-
Ammonium	≤5mg/l	-
Phosphore total	≤5mg/l	≤2mg/l
Variation de température d'eau traitée par rapport à la température ambiante de l'eau °C	≤3	
BOD	≤50mg/l	≤30mg/l
COD	≤400mg/l	≤125mg/l
Nombre de formes en coli /100ml	≤400	≤400
Huile et graisse	≤10mg/l	≤10mg/l
Chlore	≤2mg/l	-
Sulfate	≤500mg/l	-
TCU Couleur	≤50	-
Turbidité en NTU	≤30	-

Source: Directives on Minimum Requirements for Liquid Wastes Disposal and Treatment, Rwanda Utilities Regulatory Agency, 2009

\*EHS General Guideline (April 2007, IFC)/ WHO Guideline

Le Rwanda n'a pas encore établi une norme de qualité spécifique pour l'eau d'irrigation. Par conséquent, la directive de FAO sur la qualité d'eau sera appliquée. Cette norme est la suivante:

**Tableau 1.3.1.4 Directives pour les interprétations de la qualité d'eau d'irrigation (FAO)**

Problème potentiel d'irrigation	Unités	Niveau de restriction sur l'usage		
		Aucun	Niveau léger au niveau modéré	Grave
Salinité (affecte la disponibilité de l'eau des cultures) <sup>2</sup>				
EC <sub>w</sub>	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
(or)				
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltration (affecte le degré d'infiltration d'eau dans le sol. affecté Evaluer en utilisant EC <sub>w</sub> et SAR combinées) <sup>3</sup>				
SAR = 0 – 3	et EC <sub>w</sub> =	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
= 3 – 6	=	> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
= 6 – 12	=	> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
= 12 – 20	=	> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
= 20 – 40	=	> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Toxicité spécifique des ions (affectes des cultures sensibles)				
Sodium (Na) <sup>4</sup>				
Irrigation superficielle	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Irrigation par aspersion	me/l	< 3	> 3	
Chlorure (Cl) <sup>4</sup>				

	Irrigation superficielle	me/l	< 4	4 – 10	> 10
	Irrigation par aspersion	me/l	< 3	> 3	
	Bore (B) <sup>5</sup>	mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
	Oligo-éléments (Voir Tableau 21)				
	Effets divers ( <i>susceptibles d'affecter les cultures</i> )				
	Azote (NO <sub>3</sub> - N) <sup>6</sup>	mg/l	< 5	5 – 30	> 30
	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )				
	( <i>aspersion superficielle seulement</i> )	me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
	pH		Valeur normale 6,5 – 8,4		

La faune et flore et les plantes à protéger au Rwanda se trouvent sur la liste dans l'Arrêté Ministériel N°007/2008 du 15/08/2008. La liste est la suivante:

**Tableau1.3.1.5 Faune et Plantes protégées**

Catégorie	Espèces
Mammifères	Gorille ( <i>Gorilla gorilla beringei</i> ), Chimpanzé ( <i>Pan troglodydes</i> ), Rhinoceros noir ( <i>Diceros bicornis</i> ), Eléphant ( <i>Loxodonta Africana</i> ), Antilope ( <i>Hippotagus equinus</i> ), Sitatunga ( <i>Tragelaphus spekei</i> ), Lions ( <i>Panthera Leo</i> ), Léopard ( <i>Panthera pardus</i> ), oréotrague sauteur ( <i>Oreotragus oreotragus</i> ), Buffle ( <i>Syncerus caffer</i> ), Guépard ( <i>Acinonyx jubatus</i> ), mangouste zoologique ( <i>Felis aurata (Temminck)</i> ), Cephalophus ( <i>Cephalophus nigrifrons</i> ), Serval zoologique ( <i>Felis aurata (Temminck)</i> ), chien sauvage ( <i>Lycan pictus</i> ), Antilope zébrée ( <i>Tragelaphus (Pallas)</i> ), Hippopotame ( <i>Hippopotamus</i> ), Zèbre de Burchell ( <i>Equus burcheli (Gray)</i> )
Oiseaux	Héron à tête noire ( <i>Ardea melanocephala</i> ), Aigrette de troupeau ( <i>Bubulcus ibis</i> ), Fauvette du marais de Grauer ( <i>Bradypterus graueri</i> ), Hiboux ( <i>Strigidae</i> ), Tous les Lémoroidés ( <i>Lemuroide</i> ), Grue à crête grise ( <i>Balearica regulorum</i> ), Hirondelle ( <i>Hirundinidae</i> ), Cratérope fléché ( <i>Turdoides jardineii</i> ), Rouge-gorge bavard du Cap ( <i>Cossypha caffra</i> ), Tous les pangolins ( <i>Manis SP</i> ), Vautour ( <i>Aegyptidae</i> ), Guepier d'Europe ( <i>Meropidae</i> ), Irrisor namaquois ( <i>Phoniculudae</i> ), Ombrette africaine ( <i>Scopus umbretta</i> ) et Sunbirds( <i>Nectarinidae</i> )
Reptiles	Tortues (toutes les espèces), Python, Crocodile, Vipère
Plantes	<i>Ficusthonningii</i> , <i>Prunus Africana</i> , <i>Pentadesma reindersii</i> , <i>Myrianthus holstii</i> , <i>Thonningia sanguine</i> , <i>Hypoestes trifolia</i> , <i>Aloe sp.</i> , <i>Syzygium guineense</i> , <i>Erythrina abyssinica</i> , <i>Fagara chalybea</i> , <i>Kagelia africana</i> , <i>Orchidaceae</i> , <i>Eulophia streptopetala</i> , <i>Eulophia horsafalli</i> , <i>Diaphananthe bilosa</i> , <i>Disa emili</i> , <i>Disperis kilimanjarica</i> , <i>Euggelingia ligulifolia</i> , <i>Polystachya hastate</i> , <i>Tridactyle anthomaniaca</i> , <i>Entandrophragma sp</i> , <i>Podocarpus usambarensis</i> , <i>Albizziasasa</i> , <i>Piptadenia africana</i> , <i>Podocarp usambarensis</i> , <i>Albizzia sasa</i> , <i>Piptadenia Africana</i> , <i>Podocarpus milinjanus</i> , <i>Carapa grandiflora</i> , <i>Strombosia scheffleri</i>

#### 1-3-1-4 Examen des alternatives

Le plan de construction d'un ouvrage de déviation de construction est examiné en tant que l'un des alternatives du plan de construction du barrage. La structure principale est l'ouvrage de réglage et il est fabriqué en maçonnerie mouillée. La construction de l'ouvrage de déviation n'est pas difficile en termes techniques et son coût de construction est moins cher que celui de la construction du barrage.

Cependant, cette infrastructure ne possède pas de fonction de stockage d'eau; elle dévie seulement l'écoulement de la rivière pour l'utiliser dans l'irrigation de sorte que l'eau de la crue ne peut pas être utilisée, ainsi, la superficie ciblée serait très restreinte. En d'autres mots, la rentabilité de cette alternative est relativement faible. Ainsi, le plan de construction de l'ouvrage de déviation ne peut pas être proposé comme système d'irrigation dans la région comme le tableau suivant l'indique:

**Tableau 1.3.1.6 Examen des structures alternatives**

Objets environnementaux	Option 0 (Pas de projet)	Option 1 Construction d'un ouvrage de déviation	Option 2 Construction du barrage
Zone de commande d'irrigation	-	145ha	300ha
Volume d'eau disponible	Aucun	500.000m <sup>3</sup>	1.100.000m <sup>3</sup>
Possibilité de pisciculture aquatique	Aucun	Aucun	Possible
Impact environnemental	Aucun	L'aire immergée proposée est un champ, ce qui ne causera pas beaucoup de problèmes environnementaux	Idem
Aire immergée	-	0,3ha	21,73ha
Réinstallation et expropriation des terres	-	Pas de réinstallation et une expropriation des terres très limitée	Pas de réinstallation alors que la compensation et les appuis aux personnes affectées sont requis
Coût du Projet	Zéro	8 millions US\$	13 millions US\$
Sélection	-	-	Recommandée

#

**1-3-1-5 Portée et Termes de Référence relatifs à l'examen environnemental**

L'examen du niveau d'impacts environnementaux de ces infrastructures, ici appelé " portée ", est effectué. Ensuite, certains paramètres environnementaux pour lesquels des impacts négatifs sont fort probables doivent être identifiés. Pour ces paramètres, les termes de référence (TOR) pour identifier la méthodologie d'étude des impacts environnementaux sont élaborés. La 'portée' des impacts environnementaux et les TOR sont représentés comme suit:

**Tableau 1.3.1.7 Etendue**

Paramètres environnementaux	Evaluation	
	Phase de Construction	Phase opérationnelle
1. Pollution d'air	B <sup>-</sup>	D
2. Pollution d'eau	B <sup>-</sup>	B <sup>-</sup>
3. Déchets	B <sup>-</sup>	D
4. Contamination du sol	B <sup>-</sup>	D
5. Bruit et Vibration	B <sup>-</sup>	D
6. Affaissement du terrain	D	D
7. Odeur offensive	D	D
8. Sédiment de fond	D	D
9. Aire protégée /Ecosystème	D	B <sup>+</sup>
10. Eau souterraine	D	D
11. Situation hydrologique	B <sup>-</sup>	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>
12. Caractéristiques topographiques et géographiques/Erosion du sol	B <sup>-</sup>	D
13. Réinstallation involontaire	D	D

	Evaluation	
14. Expropriation des terres	B <sup>-</sup>	D
15. Héritage culturel	D	D
16. Paysage	D	D
17. Peuple indigène et ethnique	D	D
18. Moyen de subsistance/ Economie locale	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>	B <sup>+</sup>
19. Infrastructures et services sociaux existants	B <sup>-</sup>	D
20. Mauvaise répartition de profits et dommages	D	D
21. Institutions sociales	D	B <sup>+</sup>
22. Usage de l'eau ou droits à l'eau ou Droits communs	D	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>
23. Genre	D	D
24. Droits de l'Enfant	D	D
25. Maladies infectieuses comme VIH/SIDA et maladies causées par l'eau	D	B <sup>-</sup>
26. Accidents	B <sup>-</sup>	D
27. Réchauffement de la planète	D	D

A+/-: Impact positif/négatif important est attendu.

B+/-: Impact positif/négatif important est attendu jusqu'à un certain point.

C: L'ampleur de l'impact positif/négatif n'est pas connue. (Un examen supplémentaire est requis et l'impact pourrait être clarifié selon que l'étude progresse)

D: Aucun impact n'est attendu.

Pour ces paramètres qui sont évalués comme négatifs ou inconnus, notamment A<sup>-</sup>, B<sup>-</sup> et C cis-mentionnés, les méthodes d'étude sont proposées comme le tableau suivant le montre:

**Tableau 1.3.1.8 Termes de Référence**

Paramètres environnementaux	Contenu de l'étude	Méthode d'étude
Pollution d'air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collecte d'informations d'autres cas similaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collecte de données dans d'autres projets similaires</li> <li>Examen du nombre d'engins de construction utilisés par le Projet</li> </ul>
Pollution d'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collecte d'informations d'autres cas similaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Examen de drainage aux chantiers de construction</li> </ul>
Déchets	<ul style="list-style-type: none"> <li>Méthode d'élimination des déchets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collecte des informations d'autres projets similaires</li> </ul>
Bruit et Vibration	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situation actuelle des sites du Projet</li> <li>Confirmation des composants du Projet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situations actuelles dans et autour des sites du Projet</li> <li>Période, localisation des composants des travaux de construction</li> </ul>
Erosion du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situation actuelle des sites du Projet</li> <li>Confirmation des composantes du Projet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmations des situations actuelles dans d'autres projets similaires</li> <li>S'informer auprès des organisations concernées</li> </ul>
Contamination du sol / salinisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuite d'huile des engins de construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmations des situations actuelles dans d'autres projets similaires</li> </ul>
Usage de l'eau ou droits à l'eau ou Droits communs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Politique du Gouvernement</li> <li>Source actuelle d'eau d'usage humain, irrigation, etc. dans la région</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation de la politique du Gouvernement</li> <li>Confirmation des conditions actuelles d'usage d'eau</li> </ul>
Situation hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impacts sur le terrain en aval des sites du Projet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation du déversement en aval</li> </ul>

Paramètres environnementaux	Contenu de l'étude	Méthode d'étude
Maladies causées par l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Examen des épidémies causées par l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collecte d'informations dans d'autres sites du Projet</li> </ul>
Expropriation des terres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situation actuelle dans la zone à exproprier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation de la zone de compensation de terres</li> <li>Exécution d'enquête de recensement et d'enquête socio-économique des PAPs</li> <li>Prévision de coûts de compensation pour exproprier des terres</li> </ul>
Infrastructures et services sociaux existants	<ul style="list-style-type: none"> <li>Embouteillage à cause du Projet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation du nombre d'engins et de routes du Projet</li> </ul>
Accidents	<ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilité d'accidents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation des situations dans d'autres projets similaires</li> </ul>
Réunion avec des partenaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organiser une réunion avec des partenaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organisation d'une réunion avec des partenaires</li> </ul>

En suivant les TOR déjà mentionnés, l'examen environnemental basé sur les données existantes et sur l'enquête de recensement a été effectué.

### 1-3-1-6 Résultats de l'examen environnemental

Les résultats de l'examen environnemental basé sur les TOR sont les suivants:

#### **Pollution de l'air:**

La probabilité est qu'une grande quantité du sol doit être déplacée par les engins lourds pour le déblaiement, la fouille et le nivellement du site. Comme résultat, les travaux produiront de la poussière; cependant ce ne sera pas un grand problème puisqu'il n'y a pas de quartier résidentiel dans et autour du chantier de construction du barrage et que la période se limite à la seule phase de construction.

#### **Bruit/Vibration:**

Probablement la fouille de fondation, le nivellement du site et l'accroissement de la circulation causeront du bruit et de la vibration. Cependant, la zone de construction se situe dans des champs et la période se limitera seulement à la phase de construction.

#### **Pollution de l'eau:**

Pendant la période de construction, les travaux de fouilles sont inévitables : les surfaces de remblai et de tertre du cavalier peuvent causer de l'eau turbide. La prévision montre bien que cet impact sera moins important car l'étang de traitement est installé. La durée de l'impact devrait correspondre à la phase de construction. D'autre part, la pollution de l'eau due à l'augmentation de la consommation des produits chimiques et engrais est anticipée dans la phase opérationnelle.

#### **Contamination du sol:**

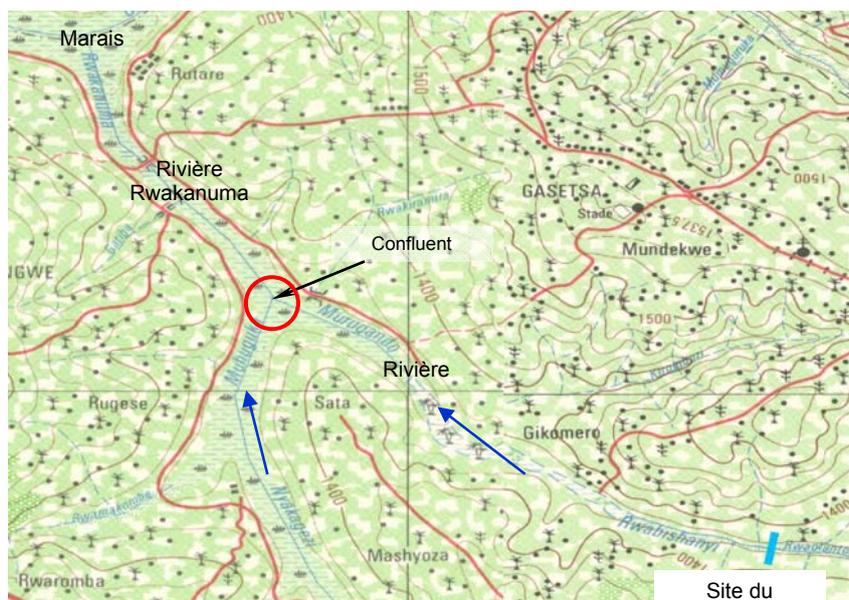
La fuite d'huile des engins de construction sera en tout cas négligeable. Cet impact peut être minimisé par la gestion convenable et régulière des engins de construction.

#### **Déchets:**

Les déchets provenant des maisons de logement des équipes de construction et des travaux de construction seront générés mais il y aura lieu d'éviter cet impact puisque les déchets seront convenablement traités. Le sol déterré peut être réutilisé pour d'autres travaux de construction. Quoi qu'il en soit, on ne s'attend pas à un impact grave.

### Situation hydraulique:

Pendant la phase de stockage initial, une grande partie du flux de la rivière sera prise et stockée dans le barrage pour le remplir; ce qui réduira le flux de la rivière en aval. Pour cela, les usagers d'eau en aval peuvent subir des déficits temporaires (jusqu'à ce que le réservoir soit rempli) d'eau d'irrigation. Le Projet pourrait influencer les conditions hydrauliques dans les aires marécageuses en aval s'étendant sur Rwabishanyi, Murugando et Rwakanuma (Voir la carte topographique suivante). Ainsi, même pendant la période de remplissage du réservoir, une certaine quantité d'eau sera déversée du site du barrage à l'aval pour éviter d'endommager la culture du riz.



**Figure 1.3.1.7 Le confluent des rivières Murugando et Rwakanuma**

Pendant la saison sèche, les conditions hydrauliques du site de barrage dans la vallée en aval s'étendant sur Rwabishanyi et Murugando dépendent respectivement d'eau des fontaines et d'eau souterraine. Selon les mesures de quantité de flux de rivière de 2012 (JICA) illustrées dans le tableau suivant, la quantité d'eau juste avant le confluent est d'environ trois fois plus grande que celle du site du barrage pendant la saison sèche et à peu près deux fois pendant la saison pluvieuse. En considérant que le bassin versant du site de barrage est de 8,8 km<sup>2</sup> et que celui d'entre le site du barrage et du confluent est 9,2 km<sup>2</sup>, la vallée en aval peut récupérer plus d'eau des fontaines que celle du site du barrage ; il peut aussi recevoir l'eau superficielle pendant la saison pluvieuse. Par conséquent, il y a lieu de penser que l'impact résultant du stockage d'eau dans les réservoirs n'est pas très capital.

**Tableau 1.3.1.9 Taux de flux à la rivière Murugando et au site du barrage**

Date	Taux du flux (litre/sec)		
	(1) Au site du barrage	(2) Juste avant le confluent	(2)/(1)
2/3/2012	23	69.8	3.0
1/4/2012	23	71.3	3.1
8/4/2012	45	73.5	1.6
19/4/2012	26	68.3	2.6
25/4/2012	103	236	2.3
1/5/2012	104	218	2.1
20/5/2012	88	223	2.5

Source: JICA, 2012

En termes d'écoulement de Murugando à Rwakanuma, l'influence de stockage d'eau de rivière au site du barrage semble être rare parce que le bassin versant de 8,8 km<sup>2</sup> au site du barrage est très petit

lorsque comparé au bassin versant d'environ 61,4 km<sup>2</sup> au confluent. En plus, ce marais possède son propre bassin versant d'environ 6 km<sup>2</sup> et trois vallées à branches avec des fontaines.

La quantité d'eau d'irrigation approvisionnée pendant l'année de sécheresse avec le taux de probabilité de 1/5 atteindra 203.000 m<sup>3</sup> selon le plan d'irrigation des champs rizicoles couvrant l'aval du barrage. Cela correspond à 18 % du flux total annuel prévu qui est 1.111.000 m<sup>3</sup> et sera déversé une fois dans la rivière avant d'être acheminé vers les champs rizicoles. De plus, la plupart de l'eau utilisée dans l'irrigation pourra encore couler vers la rivière comme flux inversé des champs rizicoles. En plus, l'eau du maintien de la rivière qui équivaut à 48.000m<sup>3</sup> sera déversée à partir du réservoir pour conserver les conditions de la rivière. Ici, il y a lieu de dire que les conditions hydrauliques pourraient ne pas changer beaucoup; les conditions des rivières pourraient être maintenues et l'irrigation des champs rizicoles en aval pourrait être assurée.

#### **Usage de l'eau ou droit à l'eau:**

A ce moment, les agriculteurs dans la zone de commande peuvent utiliser l'eau gratuitement pour l'irrigation. Cependant, après l'achèvement du Projet, les bénéficiaires seront obligés de payer les frais d'eau. Le montant de ces frais est encore sujet de discussion entre le MINAGRI et le MINIRENA ; il est requis pour faire une meilleure analyse des situations.

#### **Erosion du sol:**

Les zones d'emprunt sont prévues sur les pentes douces à droite et à gauche de la digue du réservoir et elles seront immergées dans le réservoir. Alors, les impacts négatifs provenant des zones d'emprunts sont anticipés dans la phase de construction seulement.

#### **Expropriation des terres:**

Suite à la construction du barrage et des canaux d'irrigation, une partie des terres cultivables sera immergée sous l'eau ou remplacée avec les canaux d'irrigation, ce qui influencera les activités agricoles/de production dans la région. Les aires qui seront immergées ou remplacées par des canaux et d'autres structures mesurent respectivement 21,73ha et 13,98ha. Cela veut dire que 35,71ha au total seront affectées par le Projet. Concernant les terres cultivables immergées, ils sont de deux types : l'un consiste en terres titrées sur les versants de colline (6,56ha) et l'autre est un marais du Gouvernement (15,17ha). Le premier cas sera compensé selon la loi. Le dernier n'est pas éligible à la compensation selon la loi en vigueur au Rwanda. Suite à la construction des parcelles dans le champ rizicole en aval, environ 1,6 ha d'aire rizicole sera affecté mais il peut même être utile pour la distribution de l'eau.

#### **Impact sur les moyens de subsistance /l'économie locale:**

A cause du Projet, les bénéficiaires peuvent jouir d'eau d'irrigation stable pour leur culture. Par conséquent, la productivité agricole connaîtra une croissance et les cultures plus rentables et commercialisables seront cultivées dans la région. En plus, certaines activités génératrices de revenus comme la pisciculture aquatique sont proposées en tant que composantes «Assistance Technique» du projet. Durant la phase de construction, il y aura plus d'opportunités de trouver du travail. D'autre part, les agriculteurs qui cultivent les champs qui seront immergés perdront une partie de leurs champs.

#### **Impact sur les infrastructures existantes:**

Pendant les travaux de construction, il peut y avoir un embouteillage à cause de l'augmentation du volume de circulation. Cependant, le nombre d'engins de construction tourne autour de 10 par jour et la route à emprunter n'est ni importante ni fréquentée. Ainsi donc, il y a lieu de dire que l'impact négatif sur les infrastructures n'est pas très important. Cependant, il faut examiner le calendrier efficace des opérations des véhicules affectés à la construction.

**Maladies infectieuses:**

La possibilité d'infection au VIH sera restreinte en tenant en considération que la population locale sera principalement engagée comme main d'œuvre dans les travaux de construction. D'autre part, il pourrait y avoir une croissance d'incidents de malaria parce que les réservoirs d'eau serviront de lieux de reproduction des moustiques.

**Accident:**

La construction de la clôture autour du site sera difficile puisque la population viendra souvent chercher de l'eau des fontaines situées près du réservoir proposé. Il faudra désigner une personne qui empêchera aux résidents de pénétrer dans le site de construction. En plus il y a une possibilité d'accidents de circulation dus à l'augmentation des volumes de circulation.

**1-3-1-7 Résultats de l'évaluation**

Sur base des résultats cis-mentionnés, l'évaluation des impacts environnementaux se présente ainsi.

**Tableau 1.3.1.10 Evaluation environnementale**

Paramètres environnementaux	Evaluation ou Scoping		Evaluation basée sur l'IEE	
	Phase de construction	Phase d'opération	Phase de construction	Phase d'opération
1. Pollution d'air	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D
2. Pollution d'eau	B <sup>-</sup>	B <sup>-</sup>	B <sup>-</sup>	B <sup>-</sup>
3. Déchets	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D
4. Contamination du sol/ salinisation	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D
5. Bruit et Vibration	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D
6. Affaissement du terrain	D	D	N/A	N/A
7. Odeur offensive	D	D	N/A	N/A
8. Sédiment de fond	D	D	N/A	N/A
9. Aire protégée	D	B <sup>+</sup>	N/A	N/A
10. Eau souterraine	D	D	N/A	N/A
11. Situation hydrologique	B <sup>-</sup>	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>	B <sup>-</sup>	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>
12. Caractéristiques topographiques et géographiques/Erosion du Sol	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D
13. Réinstallation involontaire	D	D	N/A	N/A
14. Expropriation des terres	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D
15. Héritage culturel	D	D	N/A	N/A
16. Paysage	D	D	N/A	N/A
17. Groupes ethniques et peuples autochtones	D	D	N/A	N/A
18. Moyen de subsistance/Economie locale	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>	B <sup>+</sup>
19. Infrastructures et services sociaux existants	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D
20. Mauvaise répartition profits/dommages	D	D	N/A	N/A
21. Institutions sociales	D	B <sup>+</sup>	N/A	N/A

Paramètres environnementaux	Evaluation ou Scoping		Evaluation basée sur l'IEE	
	Phase de construction	Phase d'opération	Phase de construction	Phase d'opération
22. Usage de l'eau ou Droit à l'eau ou Droits communs	D	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>	D	B <sup>+</sup> /B <sup>-</sup>
23. Genre	D	D	N/A	N/A
24. Droits de l'Enfant	D	D	N/A	N/A
25. Catastrophes (Risques), Maladies infectieuses comme VIH/SIDA	D	D	N/A	N/A
26. Accidents	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D
27. Réchauffement de la planète	D	D	N/A	N/A

### 1-3-1-8 Mesures atténuantes

Certains effets adverses du Projet ont été anticipés. Cependant, ils sont temporaires et le niveau d'impacts n'est pas important. C'est important de mettre en exécution des mesures atténuantes autant que possible. Il faut appliquer les mesures atténuantes pour minimiser les impacts anticipés autant que possible. Le MINAGRI est chargé de l'application de ces mesures atténuantes et doit collaborer avec les autres organisations telles que le District de Ngoma, le MINIRENA et le Ministère de la Santé dans les phases de construction et d'opérations comme suit:

**Tableau 1.3.1.11 Mesures atténuantes**

Paramètres environnementaux	Mesures atténuantes proposées		Organisation exécutante	Contrôle/ organisation responsable
	Phase de construction	Phase d'opération		
Pollution de l'air	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Vérification régulière et entretien complet des engins de construction</li> <li>•Pulvérisation d'eau dans et autour des entrées des sites de construction</li> </ul>	Aucune	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Pollution de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Traitement des eaux usées avant leur déversement dans les rivières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Bon usage de produits chimiques et engrais</li> </ul>	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Déchets	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Décharge de déchets selon leur classification, recyclage et réduction des déchets</li> <li>•Confier à un operateur de démantèlement l'enlèvement convenable des déchets qui ne peuvent pas être réutilisés</li> </ul>	Aucune	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Caractéristiques topographiques & géographiques/érosion du Sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Immersion des fosses d'emprunt en dessous du barrage</li> </ul>	Aucune	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Situation hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Donner la priorité au champ rizicole en aval</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Garder le minimum de déversement, 20% du flux de base pendant la saison sèche</li> </ul>	Entrepreneur de Construction, OUE, MINAGRI	MINAGRI
Contamination/ salinisation du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Gestion convenable des engins de construction</li> </ul>	Aucune	Entrepreneur de Construction	MINAGRI

Paramètres environnementaux	Mesures atténuantes proposées		Organisation exécutante	Contrôle/ organisation responsable
	Phase de construction	Phase d'opération		
Bruit et Vibration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne pas travailler pendant la nuit et utiliser les détours dans les quartiers résidentiels</li> </ul>	Aucune	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Expropriation des terres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction du canal en pipeline pour minimiser les dommages des maisons et forêts environnants</li> <li>• Compensation pour les aires immergées des privés</li> <li>• Grande priorité d'emploi aux personnes affectées comme MO</li> </ul>	Formation agricole technique pour les bénéficiaires et les personnes affectées	District et Réinstallation/ Comité de Compensation	MINAGRI
Erosion du sol	Immersion des fosses d'emprunt après la construction	Aucune	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Infrastructures sociales	Bonne gestion des opérations des engins de construction pour minimiser la centralisation	Aucune	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Usage de l'eau ou Droit à l'eau ou Droit usufruitier pour l'eau commune	Aucune	Suivi de la décision de la quantité des frais d'eau	MINIRENA	MINAGRI /MINIRENA
Maladies infectieuses	Aucune	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribution des moustiquaires</li> <li>• Prise de conscience sur la prévention du paludisme et l'hygiène</li> </ul>	Ministère de la Santé	Ministère de la Santé et MINAGRI
Accidents	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne gestion des opérations d'engins de construction pour minimiser la centralisation</li> <li>• Instructions aux chauffeurs des engins de construction pour se conformer aux routes et vitesses prescrites</li> <li>• Guide aux gens relative aux endroits interdits à cause des travaux de construction</li> <li>• Instructions aux résidents sur les sites de construction interdits</li> <li>• Environnement du travail</li> </ul>	Aucune	Entrepreneur de Construction	MINAGRI

Source: Equipe d'enquête de JICA

### 1-3-1-9 Plan de contrôle

Il est efficace de préparer un plan de contrôle et un formulaire de contrôle par phase pour une gestion environnementale durable et une mise en exécution du Projet. L'organisation chargée du contrôle est le MINAGRI. Les plans de contrôle proposés pour la phase de construction et la phase d'opérations sont les suivants:

**Tableau 1.3.1.12 Plan de contrôle recommandé (Phase de Construction)**

Paramètre environnemental	Objet de contrôle	Point d'enquête	Fréquence	Exécuteur	Organisation responsable
Pollution de l'air	Niveau de poussière par observation	Site de construction	Une fois la semaine	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Pollution de l'eau	Contrôle de turbidité de l'eau par équipement de mesurage	Egout de drainage	Une fois la semaine	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Contamination du sol	Gestion des véhicules pour prévenir la fuite d'huile	Site de construction	Une fois la semaine	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Bruit et vibration	Nombre de plaintes des résidents voisins	Site de construction	Une fois la semaine	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Déchets	Condition de gestion des déchets	Site de construction	Une fois la semaine	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Erosion du sol	Erosion du sol	Autour du Site de construction	Une fois la semaine	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Infrastructures sociales	Conditions routières	Autour du Site de construction	Une fois la semaine	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Accident	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Environnement de travail</li> <li>• Accident</li> </ul>	-	Une fois la semaine	Entrepreneur de Construction	MINAGRI
Expropriation des terres	Conditions de compensation des personnes affectées par le Projet	-	Mensuelle ment	District (Comité de repeuplement et de compensation)	MINAGRI

**Tableau 1.3.1.13 Plan de contrôle recommandé (Phase d'opérations)**

Paramètre environnemental	Objet de contrôle	Point d'enquête	Fréquence	Exécuteur	Organisation responsable
Pollution de l'eau	Observation de la turbidité de l'eau par observation Usage des engrais et produits chimiques	Egout de drainage Champ agricole	Une fois la semaine	Bureaux de Secteur	MINAGRI
Maladies infectieuses	Nombre de malades de la malaria	Centre de santé dans la région du Projet	Semestriellement	Bureaux des Secteurs/Cellules et agents de santé	Ministère de la Santé et le MINAGRI
Expropriation des terres	Conditions des PAPs par le Projet, le nombre de plaintes, etc.	-	Semestriellement	District (Comité de réinstallation et de compensation)	MINAGRI

Les canevas de contrôle pour la période de construction et la période d'opération doivent être préparés. Les commentaires recueillis auprès des gens à travers le contrôle et la réaction du Gouvernement doivent être aussi enregistrés. Les formulaires de contrôle préliminaires du Projet sont exposés dans le tableau suivant et le plan et le canevas de contrôle proposés pour l'expropriation des terres seront traités dans le sous-chapitre suivant.

**Tableau 1.3.1.14 Formulaire préliminaire de contrôle (Période de Construction)**

## (1) Réactions et actions par le Gouvernement

Commentaires et réaction	Résultats de contrôle
Nombre et contenu des commentaires auprès des gens	
Nombre et contenu des commentaires auprès du Gouvernement	

## (2) Pollution (a) Pollution de l'air, bruit, contamination du sol

Paramètre environnemental	Objet de contrôle	Point d'enquête	Fréquence
Pollution de l'air	Poussière	Site de construction	Une fois la semaine
Bruit et vibration	Plaintes des gens	Site de construction	Une fois la semaine
Contamination du sol	Fuite d'huile	Site de construction	Une fois la semaine

## (2) Pollution (b) Pollution de l'eau

Paramètre environnemental	Objet de contrôle	Valeur mesurée (max)	Point d'enquête	Fréquence
Pollution de l'eau	Affluent	30NTU	Egout de drainage	Une fois la semaine

## (3) Environnement naturel

Paramètre environnemental	Objet de contrôle	Résultats de contrôle	Mesure préconisée
Déchets	Enlèvement des déchets de construction		
Erosion du sol	Phénomène d'érosion du sol		

## (4) Environnement social

Paramètre environnemental	Objet de contrôle	Résultats de contrôle	Mesure préconisée
Expropriation*	Progrès de compensation, plaintes des personnes affectées		
Service social	Condition de circulation		
Accident	Nombre d'accidents	Fréquence par 1000 résidents	

**Tableau 1.3.1.15 Formulaire préliminaire de contrôle (Période d'opération)**

## (1) Réactions et actions par le Gouvernement

Commentaires et réaction	Résultats de contrôle	Mesures préconisées	Fréquence
Nombre et contenu des commentaires auprès des gens			
Nombre et contenu des commentaires auprès du Gouvernement			

## (2) Environnement naturel

Paramètre environnemental	Résultats de contrôle	Mesures préconisées	Fréquence
Pollution de l'eau			

## (3) Environnement social

Paramètre environnemental	Résultats de contrôle	Mesures préconisées	Fréquence
Maladies infectieuses			

## **1-3-2 Réinstallation et expropriation des terres**

### **1-3-2-1 Nécessité d'expropriation des terres**

Il y a peu de structures dans et autour des sites de constructions proposés et la réinstallation involontaire n'aura pas lieu. Cependant, il y aura l'expropriation des terres suite aux travaux de construction du barrage et du canal d'irrigation. L'aire affectée par la construction du barrage est 21,73ha qui consiste en 15,17ha des terres appartenant à l'Etat et 6,56ha qui sont des terres privées. Cependant, l'aire à exproprier pour la construction du canal et d'autres infrastructures au versant de colline sera 13.98ha. En plus, la construction du canal/drainage, de la route pour le fonctionnement et la maintenance des parcelles sera mise en exécution dans les champs rizicoles en aval, ce qui aboutira à la réduction d'environ 1,6ha des terres arables.

### **1-3-2-2 Lois rwandaises relatives au titre de propriété foncière, à l'utilisation de la terre, la réinstallation, l'expropriation foncière et la valorisation des terres**

La Politique foncière au Rwanda assure pour tous les Rwandais le droit égal à l'utilisation des terres. La liste suivante comprend les lois relatives aux problèmes foncières et d'implantation au Rwanda:

- La Constitution du Rwanda, promulguée en 2003;
- Loi organique N° 08/2005 du 14/07/2005 portant régime foncier au Rwanda;
- Loi organique portant sur la législation autour de la gestion et de la protection de l'environnement
- Loi portant la valorisation des terres promulguée en 2007;
- Loi N° 18/2007 du 19/04/2007 portant expropriation pour cause d'utilité publique (par suite dénommée "Loi d'Expropriation");
- Arrêté Présidentiel N° 54/01 du 12/10/2006 portant organisation, attributions, fonctionnement et composition des Commissions Foncières
- Arrêté Ministériel N° 001/2006 du 26/09/2006 portant nature des documents foncières, attributions et fonctionnement des Bureaux Foncières dans les Districts

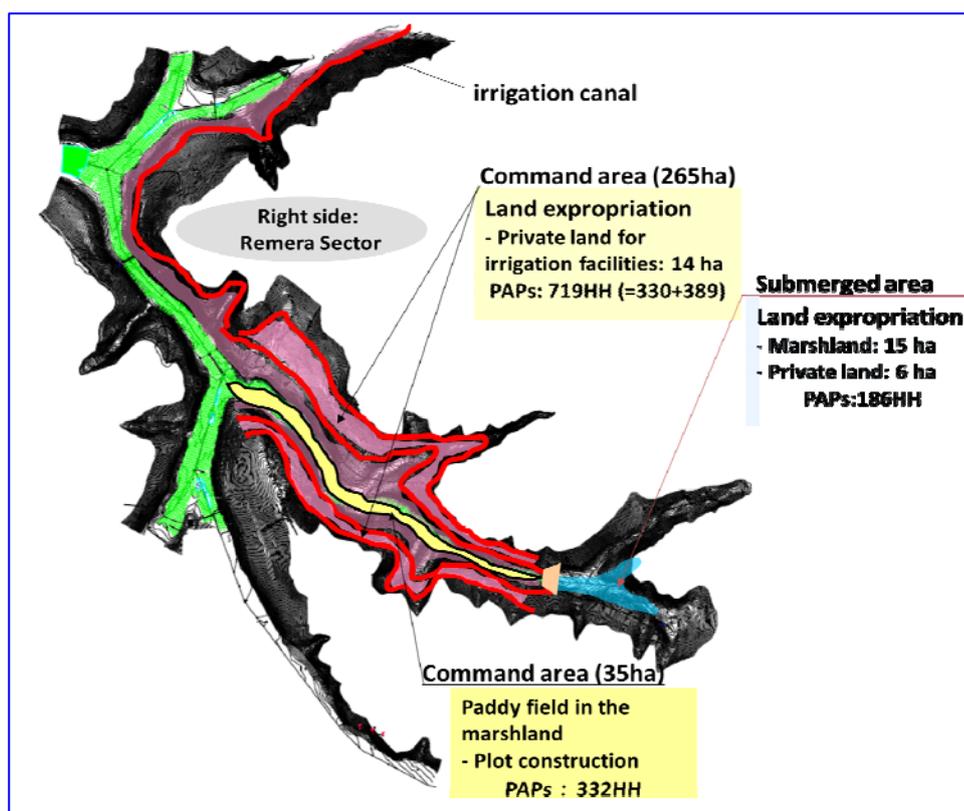
Selon la 'Loi d'Expropriation', les personnes affectées doivent être suffisamment informées des problèmes d'expropriation. Globalement, l'on peut dire que le système judiciaire rwandais en ce qui concerne l'expropriation des terres a été déjà établi à un certain niveau. Cependant, ceux qui cultivent des terres nationales ne peuvent pas être ciblés pour compensation et il y a quelques différences entre la Guide de JICA sur les considérations sociales et environnementales (Avril 2004)" (par après le « Guide de JICA) et les lois foncières au Rwanda. Le tableau suivant montre les différences entre ces deux législations.

**Tableau 1.3.2.1 La différence entre la Législation rwandaise et les Directives de JICA**

Directives de JICA (2004)	Législation rwandaise	Observations
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La réinstallation involontaire et la perte des moyens de subsistance sont à éviter quand c'est faisable en explorant d'autres alternatives viables. (JICA GL)</li> <li>▪ Quand le déplacement des gens est inévitable, il faut prendre des mesures efficaces pour minimiser l'impact et pour compenser les pertes. (Directives de JICA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La réinstallation est acceptable pour l'intérêt public. Les personnes affectées sont suffisamment informées des problèmes d'expropriation. La loi interdit toute opposition à l'expropriation (Loi sur l'Expropriation, Article 3).</li> <li>▪ Les personnes affectées reçoivent une compensation équitable et juste (Loi sur l'Expropriation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aucune réinstallation n'est prévue par le Projet. Cependant, l'expropriation des terres est inévitable. Il est prévu la compensation pour les pertes de terres privées en conformité avec la loi et l'appui à ceux qui cultivaient dans les terres nationales pour minimiser les pertes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les gens à réinstaller involontairement ou les gens dont les moyens de subsistance seront entravés ou perdus doivent être suffisamment compensés et appuyés par les responsables du Projet, etc. à temps. Les responsables du Projet doivent s'efforcer à permettre aux personnes affectées par leurs projets d'améliorer leurs conditions de vie, les opportunités de revenus et les niveaux de production, ou au moins de les rétablir dans les niveaux d'avant le projet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il n'y a aucune mention dans la loi de rétablir ou d'améliorer les conditions de vie des personnes affectées. La compensation peut être juste de l'argent ou une terre alternative et un bâtiment équivalent à juste la détermination de la compensation monétaire (Article 23 de la Loi sur l'Expropriation). Les personnes qui cultivent dans les terres nationales ne sont pas éligibles pour la compensation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La compensation monétaire sera octroyée aux personnes qui doivent être expropriées pour leurs terres privées. Les personnes qui cultivent dans les terres nationales ne sont pas compensées. Il est proposé de fournir des appuis techniques et de les employer en priorité comme travailleurs dans les travaux de construction en visant la minimisation de l'impact sur leurs conditions de vie.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il faut promouvoir la participation convenable des personnes affectées et de leurs communautés dans les activités de planification, d'exécution et de suivi des RAPs et prendre des mesures de prévention de la perte de leurs moyens de subsistance (Directives de JICA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il faut organiser une consultation publique et inclure le résultat dans le processus d'évaluation de l'impact environnemental (Directives et Procédures générales pour l'évaluation des impacts environnementaux, 2006).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une série de réunions de consultation visant à expliquer les impacts négatifs et des mesures atténuantes en faveur des personnes affectées a été déjà organisée et les participants ont accepté le plan proposé. Les représentants des PAPs participeront dans les activités de contrôle.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Il faudra réserver une attention particulière aux besoins des groupes vulnérables parmi les déplacés, surtout ceux qui sont sous le seuil de pauvreté, les sans terres, les personnes âgées, les femmes et les enfants, les minorités ethniques, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Généralement, prendre en considération les groupes vulnérables selon le contexte rwandais, même si cela n'est mentionné nulle part dans la Loi sur l'Expropriation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les vulnérable et les personnes affectées par le Projet ont une grande priorité d'être employés dans les travaux de construction.</li> </ul>

### 1-3-2-3 Etendue de l'expropriation des terres

Les terres à être expropriées sont les champs où le barrage et les infrastructures d'irrigation proposés seront construits. En plus, aucune structure existante ne sera affectée par le Projet et toutes les personnes affectées sont des cultivateurs qui ont cultivé dans les sites de construction proposés. Le nombre de PAPs est 1.220 ménages au total comme la figure et le tableau suivants le montrent:



**Figure 1.3.2.1 Zones et personnes affectées par le Projet**

**Tableau 1.3.2.2 Type de perte et personnes affectées**

Type de perte	Nombre de ménages affectés *
1. Perte de champs dans le site du barrage (terre privée)	53
2. Perte de droit de cultiver dans les marais	160 ménages (HHs) (27HHs sont imbriqués par 1.)
1.+2. Perte du champ et du droit de cultiver suite aux travaux de construction du barrage	186 (=53+160-27)
3. Perte des champs à cause de la construction du canal principal (versant de colline dans la zone bénéficiaire)	389HHs (1HH est imbriqué par 1. + 2.)
4. Réduction de la superficie des champs rizicoles en aval due à la construction des parcelles (la terre du Gouvernement)	332HHs
5. Perte de champs à cause des canaux secondaires (versant de colline dans la zone bénéficiaire)	330HH <sup>2</sup>
Total	1.220HHs (le nbr de ménages imbriqués est exclus)

### 1) Population

Les 186 ménages affectés sont composés de 489 hommes et 500 femmes (au total 989 personnes) et le nombre moyen de membres par ménage est de 5,3 par ménage. Il y a lieu d'estimer que la population totale de toutes les personnes affectées (1.220 ménages) est 6.466 si la valeur moyenne du nombre de membres de famille ci-dessus est appliquée. Ce chiffre comprend le nombre de personnes affectées par la construction des parcelles dans les champs rizicoles.

<sup>2</sup> C'est compté sur la carte et il y a une possibilité qu'un ménage possède plusieurs parcelles. Cependant, le nombre de parcelles est considéré comme nombre de ménages à être affectés par mesure de sécurité.

## 2) Revenus des ménages et conditions de vie

Le revenu monétaire annuel du ménage dans les familles enquêtées est en moyenne environ 400.000 Frw. Les montants varient largement d'environ 10.000 Frw à plus de 1.000.000 Frw. La principale source de leur revenu est l'agriculture alors que certains ménages gagnent leurs revenus de l'élevage, de la maçonnerie, des travaux manuels, etc. Le revenu monétaire annuel moyen des personnes affectées est telle que présenté:

**Tableau 1.3.2.3 Revenu monétaire annuel des PAPs suite a la construction du barrage (Unité: Frw/an/HH)**

Libellé	PAPs qui cultivent dans le marais (160HH)	PAPs qui cultivent sur le versant de colline (53 HH)**	Moyenne (186HH)
Revenu agricole	345.963	442.516	366.173
Autres revenus	38.325	49.471	37.484
Total	384.288	491.587	403.657
Superficie moyenne de champ (ha/HH)	0,79	1,27	0,90

\* Il y a un agriculteur de haut rang qui possède 7,9ha de terre et le ménage qui est exclus du calcul moyen.

\*\* Ce chiffre comprend des ménages imbriqués qui cultivent dans le marais et sur le versant de colline à immerger.

Source: Equipe d'enquête de JICA, 2013

Dans le marais à être immergé, 11,3ha des 15,17ha sont actuellement cultivés et la superficie moyenne du champ est de 0,07ha. Les niveaux de dépendance sur l'agriculture du marais variant selon les familles, et les aires agricoles dans le marais représentent moins de 10% du total des champs pour la plupart des PAPs (Voir Tableau 1.3.2.4). L'aire dans les marais représente 12% de tous leurs champs en moyenne. Cependant, certaines familles seront largement affectées par le Projet. Ainsi, il faut fournir certains appuis à de tels ménages.

**Tableau 1.3.2.4 Proportion des exploitations dans le marais pour toutes les terres agricoles et leur répartition**

Proportion des exploitations dans le marais pour toutes les terres	Nr. de ménage
0 - 10%	106
10 - 20%	26
20 - 30%	11
30 - 40%	10
40 - 50%	1
50 - 60%	4
60 - 70%	1
70 - 80%	0
80 - 90%	1
Total	160

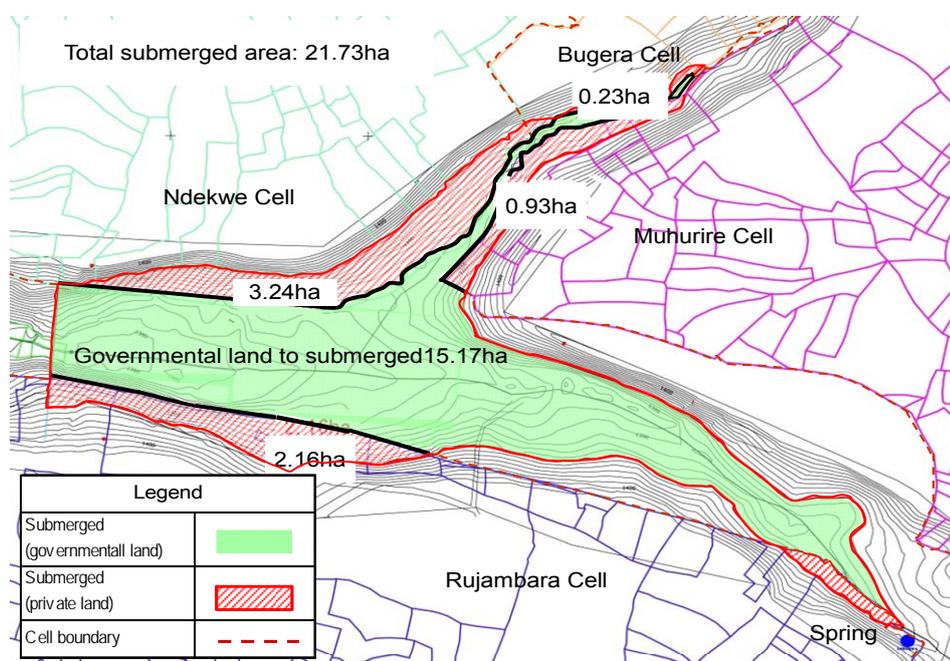
## 3) Résultats de l'enquête sur les biens

Les biens qui seront affectés par le Projet se résument dans le tableau suivant:

**Tableau 1.3.2.5 Terres et biens à exproprier**

Biens à exproprier	Total
Arbres	Un kit
Terrain privé pour la construction du barrage Cellule de Muhurire :0,93ha Cellule de Bugera :0,23ha Cellule de Ndekwe :3.24ha Cellule de Rujambara :2.16ha	6,56ha

Biens à exproprier	Total
Private land for canal and other facilities Cellule de Ndekwe : 7.65ha Cellule de Rujambara : 6.33ha	13,98ha
Terrain du gouvernement pour la construction du barrage	15,17ha
Champ rizicole pour le terrain de construction (terrain de l'Etat)	1,6ha



**Figure 1.3.2.2 Localisation de la zone submergée**

Comme il a été déjà mentionné, la date limite doit être fixée, puisque les résultats du recensement sont en vigueur endéans 120 jours pour la compensation. Après l'approbation officielle à la fois du Gouvernement rwandais et du Gouvernement japonais, il sera déterminé la date à laquelle l'enquête définitive de recensement dont l'enquête sur les biens et l'enquête des ménages commenceront.

Avant l'exécution du projet, il est nécessaire de demander d'arrêter les travaux agricoles pour les personnes affectées au moins une saison culturale avant. Dans ce cas, la compensation des cultures sur pied ne sera pas nécessaire, tandis qu'il sera requis de compenser les cultures pérennes qui seront endommagées. Au Rwanda, la compensation des terres, qui appartiennent à l'Etat, n'est pas acceptée, cependant, il est nécessaire de compenser les cultures sur pied qui seront perdues ainsi que les terres privées. Cela veut dire que les cibles pour la compensation dans le cadre du projet comprennent les cultures pérennes et les exploitations agricoles qui seront.

#### 4) Les personnes vulnérables

Selon les résultats de l'enquête, 22 ménages ont une ou plusieurs personnes handicapées dans leurs familles. Au moment de l'enquête de recensement finale, il sera nécessaire de demander les agents des cellules et les chefs des villages concernés de spécifier les personnes vulnérables parmi les personnes affectées par le projet (PAPs). Au Rwanda, il n'existe pas de règlements écrits pour les personnes vulnérables dans le cadre de l'expropriation et la réinstallation. Cependant, il faut généralement tenir en considération ces personnes selon le contexte rwandais et il est possible d'obtenir la coopération des autorités locales pour inclure les personnes vulnérables parmi les personnes affectées.

### 1-3-2-4 Mesures de compensation

Une matrice des droits dans le cadre du projet est préparée comme l'indique le Tableau 1.3.2.6 ci-après, qui montre les mesures de compensation pour réduire l'impact de la perte des terres et des cultures et leur redonner les moyens de subsistance.

**Tableau 1.3.2.6 Matrice des droits de compensation**

Type of Loss	Nr de PAPs	Qté	Critère d'éligibilité	Droits de compensation
Perte des terres privées au site du barrage	53	6,56ha	Propriétaires des terres où le barrage sera construit	Compensation d'argent pour la perte des terres
Perte des terres privées tout au long des canaux	719 (=389+330)	13,98 ha	Propriétaire des terres où le barrage sera construit	Compensation d'argent pour la perte des terres
Perte des terres de l'Etat dans les marais	160	15,17ha	Usagers actuels des marais affectés	Appui ex formation en agriculture, emploi comme ouvriers pendant la construction, redistribution des parcelles rizicoles en aval.
Perte des terres de l'Etat dans le champ rizicole	332	1,6ha	Usagers actuels du champ rizicole affecté	Emploi comme ouvriers pendant la construction et organisation de la formation technique
Perte des cultures pérennes	Pas identifiée	Un kit	Ceux qui cultivent les cultures pérennes qui seront perdues	Compensation d'argent pour la perte des cultures pérennes
Personnes affectées	Pas identifiée	-	Personnes âgées, handicapées, marginalisées et autres	Emploi comme ouvriers pendant la construction et organisation de la formation technique

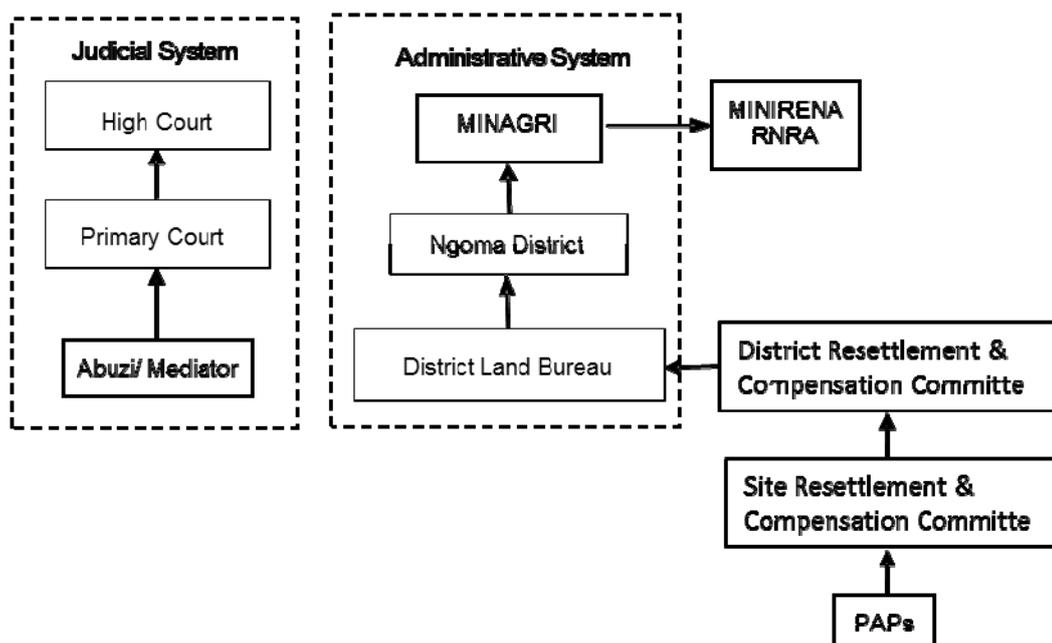
Source: Equipe d'enquête de JICA

### 1-3-2-5 Règlement des griefs

La personne mécontente doit porter toute plainte en rapport avec toute question concernant le processus de réinstallation ou compensation, par écrit au Comité de Réinstallation et de Compensation, dont la mise en place est prévu dans le cadre du projet. L'agent nommé par le MINAGRI et le Comité de Réinstallation et de Compensation se concerteront pour déterminer la validité des plaintes. S'elles sont valides, le Comité informera la personne plaignant et elle sera assistée. MINAGRI et le Comité de Réinstallations et de Compensation va répondre endéans 14 jours temps pendant lequel le comité va tenir toutes les réunions et discussions avec la personne plaignante.

Si la personne plaignante ne reçoit pas une réponse ou n'est pas satisfaite des résultats pendant le temps convenu, elle va porter sa plainte aux autorités administratives concernées telles que le bureau foncier du district. Si on le lui demande ou le juge nécessaire, l'agent de coordination du projet du district assistera la personne plaignante dans cette affaire. Les autorités administratives compétentes vont essayer de résoudre le problème (par voie de dialogue et négociation) dans les 30 jours qui suivent la réception de ladite plainte.

Si aucun accord n'est conclu à ce stade (par voie administrative) la plainte sera introduite dans le système judiciaire, en premier lieu, elle sera introduite devant le tribunal local (Abunzi) là où c'est possible. Si l'affaire n'est pas tranchée au niveau du système de médiation locale, la plainte sera transférée aux hautes instances, au tribunal de base ou à la haute cour. Le système proposé de recours pour l'introduction de la plainte est illustrée comme suit :



**Figure 1.3.2.3 Mécanismes d'introduction des plaintes proposés**

### 1-3-2-6 Structure de mise en œuvre

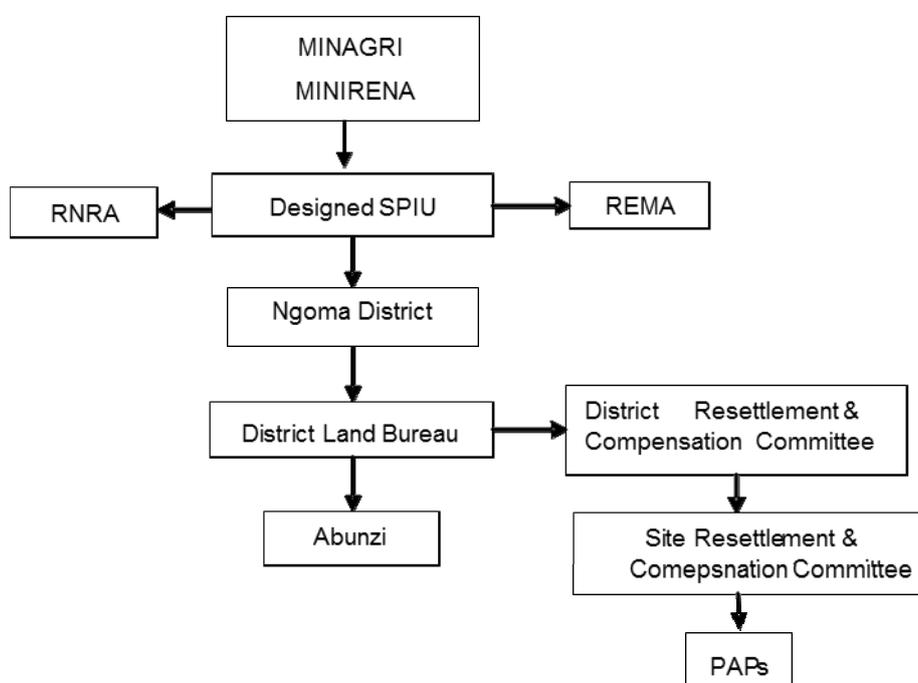
Des institutions et intervenants variés sont impliqués dans la mise en œuvre du PAR. Leurs responsabilités se résument dans le tableau suivant:

**Tableau 1.3.2.7 Résumé des responsabilités institutionnelles pour la mise en œuvre du PAR**

Institutions	Responsabilités
MINAGRI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collecte d'information sur les projets, y compris la documentation du PAR.</li> <li>Examen et approbation de la documentation correspondante (des rapports du PAR etc) pour garantir l'uniformité et le respect du cadre de la politique de réinstallation;</li> <li>Suivi et évaluation généraux de l'expropriation ( c.-à-d., audits annuels et examen du niveau de monitoring effectués par les autorités du district), s'assurer que les PARs sont mis en œuvre conformément à la législation rwandaise et OP 4.12.</li> </ul>
SPIU nommé	<ul style="list-style-type: none"> <li>Initier le processus d'expropriation et les exigences de compensation</li> <li>Préparation et signature de l'Accord pour la rémunération de compensation avec le district</li> <li>Etablir le Comité de Compensation et Réinstallation en consultation avec le Bureau foncier du district</li> <li>Avoir une représentation dans le Comité de Compensation et Réinstallation du Projet.</li> <li>Appui au renforcement des capacités et assistance technique en rapport avec les activités d'expropriation et de compensation ;</li> <li>Affectation d'un montant approprié pour la compensation suivant le PAR</li> </ul>
MINIRENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>S'assurer que les sites d'expropriation ont des programmes durables y compris les mesures de protection de l'environnement, le plan national d'aménagement des terres, les directives internationales telles OP4.12</li> <li>Déterminer les limites de la zone de réinstallation ;</li> <li>Evaluation des impacts environnementaux de l'expropriation proposée, les mesures atténuantes et le plan de gestion de l'environnement.</li> </ul>
RNRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseiller sur les questions en rapport avec la propriété foncière et les activités d'expropriation;</li> <li>Assister à la vérification de la propriété foncière et les titres fonciers.</li> </ul>
REMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assister au monitoring et donner quelques conseils au MINAGRI</li> </ul>
District de Ngoma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérifier les propriétaires fonciers sur base des dossiers d'inscription au registre foncier.</li> <li>Délivrer l'autorisation de bâtir et faire le monitoring du respect des plans de</li> </ul>

Institutions	Responsabilités
	construction <ul style="list-style-type: none"> <li>Superviser l'évaluation des terres et d'autres biens immeubles</li> <li>Approuver les résultats de l'enquête sur les biens</li> <li>Travailler en collaboration avec le Comité de Compensation et Réinstallation pour s'assurer qu'une compensation juste et équitable est effectué conformément aux lois et règlements de ce PAR</li> <li>Faciliter les PAPs qui perdront leurs exploitations agricoles pour acheter de nouvelles terres qui ne sont pas bien exploitées dans le district</li> </ul>
Comité de réinstallation et de Compensation du district	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérification des PAPs</li> <li>Valider les inventaires des PAPs et les biens affectés</li> <li>Faciliter les PAPs qui perdront leurs exploitations agricoles pour acheter de nouvelles terres qui ne sont pas bien exploitées dans le district</li> <li>Faciliter la résolution des conflits et apporter la solution à leurs plaintes</li> </ul>
Comité de réinstallation et de Compensation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assister à la sensibilisation sur les processus d'expropriation</li> <li>Monitoring de l'expropriation;</li> <li>Résolution des conflits et des plaintes</li> <li>Aider à l'identification des terres,</li> <li>Servir de témoin lors de la compensation</li> </ul>
Médiateurs / Abunzi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Règlement de différends</li> <li>Fournir les mécanismes de recours pour les plaintes survenues suite à l'acquisition de terrains.</li> <li>Aider à élaborer le PAR au niveau de la communauté.</li> </ul>
Les personnes affectées par le projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etre présent lors de la mise en œuvre de l'enquête et l'inventaire foncier</li> <li>Fourniture de toute l'information requise en rapport avec expropriation</li> <li>Participer dans les activités d'expropriation</li> </ul>

L'organigramme de la mise en œuvre du Plan d'Action de Réinstallation (PAR) proposé est indiqué ci-après:



**Figure 1.3.2.4 Organigramme proposé de mise œuvre du PAR**

### 1-3-2-7 Calendrier de mise en œuvre

Le calendrier De mise en œuvre n'est pas encore fixé pour le moment, cependant, après l'approbation officielle de l'accord entre le Gouvernement rwandais et le Gouvernement japonais, le projet va commencer bientôt. Il y aura plusieurs étapes à suivre pendant la préparation et la construction. Le calendrier de mise en œuvre proposé du PAR après l'approbation du projet est indiqué dans le tableau ci-après:

**Tableau 1.3.2.8 Calendrier de mise en œuvre**

Année	2014					2015									
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Approbation officielle du projet	x	x													
D/D, appel d'offre			x	x	x	X	X	X	x						
Mise en place du Comité de Réinstallation et de Compensation				x											
Date limite				x											
Recensement définitif					x	X									
Communication des résultats définitifs du recensement						X									
Accord de compensation						X	X								
Compensation							X	X							
Expropriation des terres								X	x						
Mise en œuvre du projet										x	x	x	x	x	x
Monitoring et résolution des plaintes (bi-annuel pour 2 ans dans la phase d'opération)							X	X	x	x	x	x	x	x	x

### 1-3-2-8 Coût et financement

Le budget estimé pour la compensation de la perte des terres et des arbres est résumé dans le tableau suivant tandis que celui du monitoring de l'exécution de PAR est présenté au tableau 1.3.2.11. Le coût de la compensation sera supportée par le Gouvernement rwandais, tandis que le coût de la composante 'soft' telle que la formation technique en agriculture pour les PAPs, spécialement, ceux qui cultivent dans le marais, sera couvert par le Gouvernement japonais.

**Tableau 1.3.2.9 Estimation du coût pour la compensation par le côté rwandais**

Description de l'impact	Qte	Coût unitaire (Frw )	Coût total (Frw )
Perte des terres (Cellule de Bugera )	0,23ha	122/m <sup>2</sup>	280.600
Perte des terres (autres cellules)	20,31ha	107/m <sup>2</sup>	21.731.700
Perte des arbres	1 kit	(voir Tableau 1.3.2.10)	11.102.208
Sous total pour la compensation			33.114.508

Source: 1) Prix unitaire des terres : Arrêté Ministériel No 002/16.01 du 2010 déterminant le prix de référence des terres en dehors de la Ville de Kigali

2) Zone qui sera affectée: l'équipe d'enquête de JICA, 2013

**Tableau 1.3.2.10 Estimation du prix de compensation pour les arbres**

Espèces d'arbres	Age des arbres	Quantité	Prix unitaire (Frw )	Coût total (Frw )
Avocat	0-1 an	32	4.005	128.160
	1-3 ans	63	13.020	820.260
	Plus de 3 ans	39	24.060	938.340
Grevillea	5-10 ans	237	1.716	406.692
	En dessous de 5 ans	266	715	190.190
Eucalyptus/Inturusu		726	5.005	3.633.630
Acacia/Umunyinya		52	2.145	111.540
Erythrina Abyssinica/Umuko		93	715	66.495
Umusave (espèces de bois d'œuvre)		587	5.005	2.937.935
Acassia / Imisebeya		78	2.145	167.310
Dracaenas / Imihati		851	575	489.325
Euphorbe		98	920	90.160
Cyprès		7	858	6.006
Pinus		16	4.290	68.640
Arbres médicinales		1	2.800	36.400
Mangue		41	9.000	369.000
Ficus/Umuwumu		32	3.575	114.400
Autres arbres		27	450	12.150
Ricin/Ikibonobono		143	715	102.245
Sisal		26	250	6.500
Arbre ornemental / Jakaranda		22	5.720	110.110
Euphorbes/Imiyenzi		166	920	152.720
Goyave		16	9.000	144.000
<b>Total</b>				<b>11.102.208</b>

Source: 1) Prix unitaire des arbres: Loi d'expropriation précédente (Les prix unitaires des arbres sont appliquées dans le district de Ngoma pour compensation)

2) Quantité des arbres : Equipe d'enquête de JICA, 2013

**Tableau 1.3.2.11 Coût estimatif du monitoring**

Activité	Indicateur	Qté	Coût unitaire (Frw)*	Coût total (Frw)
Réunion pour la mise en place du comité de réinstallation	Comité mis en place	1	120.000	120.000
Réunion pour afficher les biens des PAPs	Réunion	2	120.000	240.000
Suivi du processus de compensation	Réunion	2	120.000	240.000
Réunion pour le règlement des griefs/ plaintes	Réunions/plaintes résolues	16	120.000	1.920.000
<b>Total</b>				<b>2.520.000</b>

\* Coût unitaire de Frw 120.000 consiste en Frw 80.000 pour véhicule et Frw 5.000 de frais de mission fois 8 membres du personnel (Directives des frais de mission pour les agents du Gouvernement)

**Tableau 1.3.2.12 Coût total pour la compensation**

Activité	coût total (Frw )
1. Compensation pour les cultures et les terres	33.114.508
2. Enquête de recensement définitive (5% du sous-total de la compensation pour perte)*	1.655.725
3. Formation des agents locaux pour le règlement des griefs	856.000
4. Monitoring	2.520.000
5. Sous-total (1.+2.+3.+4.)	38.146.233
6. Imprévus (10% du sous total)*	3.814.623
<b>Grand total (5.+6.)</b>	<b>41.960.856</b>

\* Le Pourcentage des autres projets du LWH est appliqué.

Selon l'interview auprès de quelques agriculteurs des cellules concernées, les prix du marché et le prix officiel des terres ont été comparés comme le montre le tableau suivant. Il existe en quelque sorte quelques différences entre eux, cependant, ces différences ne sont pas très grandes.

**Tableau 1.3.2.13 Comparaison du prix de marché et le prix officiel**

Utilisation des terres	Cellule	Prix unitaire officiel (Frw/m <sup>2</sup> )*1	Prix du marché (Frw/m <sup>2</sup> )*2	Résultats
Pas de culture et près de la route macadamisée	Ndekwe	161	166	Presque le même
Culture de banane	Ndekwe	107 : terrain seulement 220 : pour banane *3 Total : 327	256	Taux officiel est supérieur à celui du privé par 27%
Pas de culture	Rwikubo	107	100	Presque le même

Source \*1 : N°002/16.01 de 26/04/2010 Arrêté Ministérielle déterminant le prix de référence des terres en dehors de la Ville de Kigali

\*2 : JICA Survey Team, 2013

\*3 : Previous Expropriation Law

### 1-3-2-9 Structure de monitoring et fiche de Monitoring

Il est nécessaire de vérifier si le Plan d'Action de Réinstallation (PAR) est mis en œuvre comme prévu par le monitoring. Lors de l'étape de compensation et de construction, le monitoring va s'effectuer mensuellement et sera effectué semestriellement lors de l'étape opérationnelle y compris la période de remplissage du réservoir.

**Tableau 1.3.2.14 Eexample de format pour le monitoring**

Responsible organization: MINAGRI

Travail	Prévu en total	Progrès en termes quantitatifs	Progrès en pourcentage
Annonce aux personnes affectées			
Identification définitive des PAPs			
Estimation des coûts pour expropriation			
Réunion de consultation			
Révision du PAR et signature sur base des commentaires émis lors de la réunion de la consultation			
Compensation en monnaie			
Assistance sociale telle que la formation sur l'emploi			

Travail	Prévu en total	Progrès en termes quantitatifs	Progrès en pourcentage
Nombre de griefs non réglés.			
Annonce aux personnes affectées			
Date:	Secteur:	Cellule	
Date:	Secteur:	Cellule	
Date:	Secteur:	Cellule	
Réunion de consultation avec les personnes affectées			
Date:	Secteur:	Cellule	

### 1-3-2-10 Réunion consultative

#### 1) Première réunion consultative

La première réunion consultative pour communiquer les grandes lignes du projet a été organisée le 2 septembre 2013 et les intervenants du projet étaient invités dans cette réunion. Les participants dans cette réunion étaient les membres du MINAGRI, les agents de JICA au siège, le personnel de JICA Rwanda, le conseiller en irrigation MINAGRI, les membres de l'équipe de JICA, les agents des secteurs et cellules, les chefs des villages dans la zone bénéficiaire et la zone affectée etc. Après la présentation par le personnel de JICA, les participants ont eu l'opportunité de demander les questions et les clarifications comme le montre le tableau ci-après :

**Tableau 1.3.2.15 Résultats de la première réunion consultative**

Orateur	Points/ commentaires par les participants	Explication par MINAGRI et JICA
Mr. Safari, Agronome du district t	Il a apprécié le projet qui va irriguer à la fois le marais et le versant de la colline. Il a dit que dans le District de Ngoma, c'était la première fois d'avoir ce type de projet. Il a également dit que normalement la zone maraichère est une propriété de l'Etat et a demandé si le terrain qui serait utilisé pour les canaux ou d'autres activités du projet serait compensé ou non.	À propos des terres qui seraient touchées par le projet, Mr. Jean Claude a dit que la loi foncière est claire. Il a expliqué que pour des activités publiques, l'expropriation pour les terres se fait et que la compensation dépend des conditions telles que les récoltes sur pied
Mr. Erick, agriculteur de la cellule Muhurire	Il se dit satisfait du projet qui leur permettrait de cultiver en deux saisons, mais a dit que la mise en œuvre du projet prend beaucoup de temps à démarrer	Mr. Suzuki a dit que généralement l'on a besoin de tant d'activités préparatoires avant l'exécution du projet .
Mr. Justin, agriculteur mais aussi mobilisateur des agriculteurs de la cellule de Ndekwe I	Il a exprimé la nécessité de leur donner un préavis avant la construction afin qu'ils puissent éviter tout dommage de leurs cultures. Il a souhaité être notifié 1 ou 2 saisons avant le début des travaux de construction.	Un préavis sera donnée aux usagers de la zone du projet une fois la date limite est fixée.
Mr. Habimana Anastase, agriculteur de Bugera,	Il se dit satisfait du projet qui leur permettrait de cultiver tout au long de l'année et il a demandé si l'eau stockée servirait seulement pour l'irrigation ou s'elle pourrait servir d'usage	Mr. Suzuki a répondu que l'objectif du barrage était de stocker de l'eau pour l'irrigation pas pour usage domestique. La norme de qualité de l'eau d'irrigation et celle de l'eau domestique sont

Orateur	Points/ commentaires par les participants	Explication par MINAGRI et JICA
	domestique. .	différentes et l'eau stockée ne sera pas appropriée pour usage domestique. Il a ajouté que le projet n'affecterait pas les sources d'eau.
Mr. Jean Marie Vianey, agriculteur de Bugera,	Il a demandé si les exploitations agricoles dans la zone de commande seront déplacées en d'autres endroits du même lieu	Mr. Jean Claude répondit qu'il était trop tôt pour se prononcer sur la question concernant les exploitations dans la zone de commande, mais a ajouté que si l'endroit était pour le bétail, cela pourrait être pris en considération. Il a dit qu'il existe une politique sur l'utilisation des terres et le PAR va clarifier la situation réelle du terrain.

#



Allocation du Vice Maire de Ngoma



Les participants l'écoute de la présentation du projet

## 2) Deuxième réunion consultative publique

La deuxième réunion consultative publique pour présenter les impacts environnementaux prévus par le projet a été tenue le 14 novembre 2013, au district de Ngoma. Le personnel du district de Ngoma, les agriculteurs concernés, les consultants privés sur l'environnement, et les membres de l'équipe d'enquête de JICA ont participé dans cette réunion.



Présentation par le personnel du MINAGRI



Les participants à l'écoute de la présentation

**Tableau 1.3.2.16 Résultats de la deuxième réunion consultative Meeting**

Orateur	Opinions /commentaires/ par les participants	Explication par MINAGRI et les représentants du CGS Ltd
Le Maire du district de Ngoma	Il a demandé aux autorités locales d'assister tous les partenaires de développement qui les rejoignent dans beaucoup de programmes de développement. Plus spécifiquement, pour ce projet de construction du barrage, les autorités locales doivent bien comprendre le projet et sensibiliser encore les agriculteurs à s'approprier du projet.	Les chefs des villages et les représentants des Personnes Affectées par le Projet (PAPs) sont disposés à appuyer le Projet
Mr. Gaspard NZAHABWANAYO, L'agent de la cellule de RUJAMBARA chargé des affaires sociales, économiques et du développement	Il a demandé si les terres privées que le canal d'irrigation proposé traversera seront compensée en tenant compte de toutes les dimensions de la parcelle ou de la superficie affectée	La compensation ne couvrira que la zone touchée pas toute la superficie de la parcelle. La partie restante fera également partie du système d'irrigation des bénéficiaires
Mr. Jean Claude SINGIRANKABO, Le Secrétaire Exécutif de la cellule de NDEKWE	Il se dit satisfait du projet, car après l'installation de canaux d'irrigation, les agriculteurs cultiveront 3 fois par an. Il a également demandé plus d'explications sur la pisciculture afin de comprendre comment la combiner avec l'irrigation dans la rizière	Il n'y aura pas de conflit d'intérêt entre les processus de l'irrigation et de la pisciculture, car il n'est pas prévu de vider toute l'eau du barrage. La pisciculture se fera à l'aide de la cage dans le barrage. L'organisation des utilisateurs d'eau sera créée pour gérer et régler les questions liées à la bonne utilisation des ressources en eau.
Mr. RURANGIRWA SHABANI. Secrétaire Exécutif ad intérim du Secteur de Remera	Comment se présente le budget de ce projet? Nous aimerions aussi savoir si dans la trousse du projet est prévu le budget pour le suivi des activités pendant la période du projet et aussi après la fin du projet.	Le facilitateur du projet a expliqué que le but de la réunion d'aujourd'hui est d'obtenir des commentaires et des contributions supplémentaires focalisées sur les impacts environnementaux et sociaux. Toutes les préoccupations seront intégrées dans l'étude définitive et budget du projet.
Mr. UWIMANA JMV, Secrétaire Exécutif ad intérim du Secteur de RURENGE	Pensez –vous aux personnes affectées qui seront dédommagées? Si oui il faut faire attention au moment opportun de la période de compensation parce que ce doit se faire avant toutes les activités de construction.	La compensation se fera conformément aux lois avant le démarrage des activités de construction.
Emmanuel, Consultant du <i>Green and clean Solution ltd</i>	Il veut savoir si les autorités locales sont prêtes à assister le MINAGRI dans ce projet et quels seraient leurs rôles	Les autorités locales sont prêtes à participer dans l'activité d'évaluation des biens pour chaque personne affectée. Ils prendront aussi le devant pour sensibiliser les agriculteurs à s'approprier les activités du projet.

Orateur	Opinions /commentaires/ par les participants	Explication par MINAGRI et les représentants du CGS Ltd
Mlle. UFITIKIREZI Colletta, le Secrétaire Exécutif de la Cellule de BUGERA	Elle a souligné qu'il faut considérer les droits de tous les bénéficiaires selon la loi sur la compensation tout en effectuant le paiement par virement sur compte parce que parfois les hommes ne rendent pas compte à leurs épouses.	Tous les bénéficiaires doivent approuver le coût de leurs biens et le compte d'affectation par consentement mutuel. Lors de la compensation, tous les membres de la famille seront présents pour éviter les conflits de famille
Mr. NZABIRINDA Damien, Agronome du secteur de Rurenge	Les points de collecte d'eau existants seront endommagés lors de la construction. Il est possible que les gens aillent puiser l'eau du barrage pour usage domestique et ce serait dangereux pour eux. Si possible, il serait bon d'installer une pompe à main pour eux afin de prévenir un accident	Les gens peuvent utiliser d'autres sources d'eau comme l'eau du canal. MINAGRI est d'accord avec son idée et il sera considéré pour la conception
Ditto	Il est nécessaire de protéger le barrage contre l'érosion du sol.	Il est recommandé de planter les arbres pour protéger le barrage contre l'érosion dans la zone dans 50 m de la limite de la retenue d'eau du barrage

En général, les participants ont apprécié le projet proposé, car il est prévu que le projet stimulera l'économie locale par l'augmentation de la productivité. D'autre part, ils ont émis leurs inquiétudes quant à la méthode et le calendrier de compensation. Certains des chefs des villages se sont engagés à collaborer avec le MINAGRI pour la bonne exécution du projet.

### 3) La troisième réunion consultative publique

La troisième réunion consultative publique pour présenter les grandes lignes du projet et les activités à faire par les bénéficiaires a été organisée le 21 mars 2014 au district de Ngoma. Les chefs des villages concernés, les agents des cellules et secteurs concernés, l'agronome du district de Ngoma, le personnel du district de Ngoma, le personnel du MINAGRI, le personnel du bureau de JICA Rwanda et les membres de l'équipe d'enquête de JICA ont participé à la réunion. Les autorités du district de Ngoma ont demandé aux participants de partager l'information avec les autres agriculteurs. Précisément les discussions de la réunion sont les suivantes:

**Tableau 1.3.2.17 Résultats de la troisième réunion consultative**

Orateur	Opinions /commentaires soulevés par les participants	Explication par MINAGRI et la partie japonaise
Secrétaire Exécutif de la Cellule de Ndekwe	N'y a-t-il pas de contraintes par rapport au projet de construction des terrasses, qui a été déjà commencé au versant de la colline ? Où est la coordination?	Il n'y a aucun impact négatif avec le projet prévu des terrasses. Il existe une coordination entre le travail de terrassement et ce projet.
Mr. Arcade MURAGIJEMUNGU, Secrétaire Exécutif du Secteur de Rurenge	Avant la mise en œuvre, les autorités locales ont besoin d'au moins trois mois de mobilisation de la population. Veuillez les informer du calendrier lorsque le plan du projet est approuvé.	Les autorités locales seront informées environ six mois avant les activités, lorsque le recensement définitif sera mis en œuvre.
Mr. Arcade MURAGIJEMUNGU, Secrétaire Exécutif du Secteur de Rurenge	L'équipe du projet et les autorités locales sont invités à aller sur le terrain ensemble et d'expliquer aux bénéficiaires (et non aa leurs représentants) sur les activités du projet, la compensation, le calendrier d'exécution, etc.	Les agriculteurs connaissent déjà là où les pions sont placés. Les autorités locales doivent commencer la mobilisation afin d'éviter des pertes, comme la construction en zone affectée ou la plantation des cultures pérennes.

Orateur	Opinions /commentaires soulevés par les participants	Explication par MINAGRI et la partie japonaise
Secrétaire Exécutif de la Cellule Ndekwe	Il est difficile de regrouper les agriculteurs pratiquant les différentes activités. Il est bon de former différentes coopératives et laisser la gestion de l'eau d'irrigation à l'OUE	Il est préférable d'avoir des conseils des experts du RCA. Normalement, lorsque les agriculteurs partagent les ressources, ils doivent former une coopérative. Selon l'expérience du MINAGRI, la coordination n'est pas un problème. Une coopérative intégrée est importante en termes d'organisation.
Secrétaire Exécutif de la Cellule Ndekwe	La gestion des coopératives agricoles ne se limite pas aux ressources d'eau, mais aussi les objectifs, activités, besoins, intrants, et enjeux. Il est bon de créer différentes coopératives. Les agriculteurs ayant les mêmes activités et problèmes doivent former une même coopérative.	L'OUE va régler les problèmes d'eau. Selon l'expérience, il est difficile de gérer beaucoup de coopératives. Il est recommandé de former une coopérative intégrée.
L'agent chargé des affaires sociales, économiques et développement dans la cellule de Rujambara	Le projet fournira des équipements d'irrigation comme des tuyaux à l'OUE et éventuellement aux coopératives. Qu'en est-il de leurs installations de stockage?	Ces installations ne sont pas fournies par le projet. Mais, le projet va construire un hangar pour stockage les bateaux pour l'OUE, où les agriculteurs pourront garder certains équipements.
L'agent chargé des affaires sociales, économiques et développement dans la cellule de Rujambara	Il est bon d'intégrer les voyages d'études dans les activités du projet pour améliorer la compréhension des agriculteurs.	D'accord, ce genre d'activités sera incluses dans la composante 'soft'.
Mr. Eric NSABIYUMVA, Chef de Village, et Secrétaire Exécutif de la cellule de Ndekwe	Les agriculteurs sont déjà informés que le marais est la propriété de l'Etat ce qui veut dire que les agriculteurs vont perdre leurs parcelles qu'ils exploitaient dans le marais. La population est prête à céder. Nous devons les informer avant et leur donner suffisamment de temps pour la récolte.	It is recommendable to take time to discuss within community on this point because some farmers who are not satisfied with compensation strategies may exist. Il est recommandé de prendre le temps de discuter ce point avec la population car certains agriculteurs qui ne sont pas satisfaits des stratégies de compensation peuvent exister

#### 4) La quatrième réunion consultative publique

La quatrième réunion consultative publique pour présenter les grandes lignes du projet et les activités dont les bénéficiaires sont les agriculteurs ordinaires, a été organisée le 14 mai 2014 au terrain du District de Ngoma. Environ 200 agriculteurs ont participé à la réunion. Deux secrétaires exécutifs des secteurs Rurenge et Remera, l'équipe de projet de JICA, les représentants du bureau de JICA Rwanda et le personnel du MINAGRI ont assisté à ladite réunion. En général, les agriculteurs se sont dits satisfaits du projet et ont promis une bonne collaboration.

## CHAPITRE 2 SOMMAIRE DU PROJET

### 2-1 Concept de base du projet

#### 2-1-1 Objectif global et but du projet

L'agriculture est l'une des industries les plus importantes au Rwanda. Elle rencontre, cependant, diverses contraintes à savoir la petitesse des exploitations agricoles, la prédominance des zones montagneuses, les techniques agricoles primitives, l'insuffisance d'infrastructures, etc. qui entravent la croissance de la productivité agricole. «La Vision 2020 du Rwanda», un plan de développement à moyen et à long terme, souligne la promotion de l'agriculture à valeur ajoutée et productivité élevées et de l'agriculture orientée vers le marché. D'autre part, le Plan stratégique pour la transformation de l'agriculture III (SPAT III) stipule l'importance de l'irrigation dans l'agriculture et la promotion de l'irrigation est l'un des sous-programmes du Plan.

Le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (MINAGRI), qui est chargé de l'agriculture et du développement de l'irrigation au Rwanda, a préparé des plans du projet d'appui au secteur rural (PASR) pour l'aménagement des marais et les plans du Projet d'aménagement des terres, Collecte d'eau et Irrigation collinaire (LWH) pour les terres agricoles des versants de collines. Le Ministère vise le développement agricole dans le pays à travers la promotion de l'irrigation et la conservation des sols.

Le projet est l'un des sous-projets de LWH, que l'on appelle «Sous-projet Ngoma22», est situé au District de Ngoma, Province de l'Est. Le projet portera sur la construction d'un réservoir et des installations d'irrigation, l'approvisionnement des matériaux nécessaires, la mise en œuvre de la composante 'soft' et la construction de la parcelle de la rizière existant. L'objectif global, l'objectif du projet et la Matrice de Conception du Projet (MCP) sont indiqués ci-dessous:

Objectif du projet: La productivité agricole dans la zone du projet est stabilisée et augmentée.

Objectif global: Les revenus du groupe cible sont augmentés.

**Tableau 2.1.1.1 Matrice de Conception du Projet (PDM )**

Nom du projet : Durée du projet: août 2013 – juillet 2016 Zone du projet: Site de Ngoma22 dans le District de Ngoma, Province de l'Est Groupe cible: Environ 1.100 ménages dans la zone du projet Zone bénéficiaire: Champ de hautes terres 265ha, rizière de 35ha <span style="float: right;">à partir de mai 2014</span>			
Résumé narratif	Indicateur	Moyens de vérification	Hypothèse importante
<b>Objectif global</b> Le revenu du groupe cible est augmenté.	Bénéfices de la production de la culture principale	1. Enregistrement des revenus des ménages 2. Données statistiques du District de Ngoma .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il n'y a pas de catastrophe naturelle grave.</li> <li>• La politique de développement agricole du Rwanda n'est pas modifiée considérablement.</li> </ul>
<b>But du projet</b> La productivité agricole dans la zone du projet est stabilisée et augmentée	La zone de production et le rendement des principales cultures	1. Plan de gestion de l'eau 2. Rapport d'extension agricole du district / secteur 3. Données statistique du District de Ngoma .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les prix unitaires des produits et des matériels agricoles ne sont pas modifiés.</li> </ul>
<b>Résultats</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les rôles et</li> </ul>

1. Les installations d'irrigation nécessaires pour l'irrigation collinaire sont établies	1. Débit volumique	1. Mesure de décharge	responsabilités du MINAGRI et de l'OUE pour O&M des installations d'irrigation ne sont pas modifiés.
2. L'agriculture d'irrigation peut être mise en œuvre dans la zone du Projet.	2. (1) La superficie ensemencée (2) Coût d'O&M	2. (1) Les données statistiques du District de Ngoma (2) Le rapport O&M (3) Rapport financier de l'OUE.	
Activités	Entrées		Condition préalable
1. La conception de base du barrage et d'autres installations connexes est faite.	(Côté japonais)	(côté rwandais)	
2. La conception détaillée du barrage et d'autres installations connexes est faite.	1. Enquête préparatoire	1. Fourniture d'informations et de données	<ul style="list-style-type: none"> <li>La politique rwandaise de l'agriculture et de l'irrigation n'est pas modifiée considérablement.</li> </ul>
3. Le barrage et d'autres installations connexes sont construits.	2. Enquête de conception détaillée	2. Mise en œuvre de l'obligation d'être épaulé par le côté rwandais	
4. L'OUE est établie et le transfert de technologie d'O&M des installations d'irrigation est effectué.	3. Construction des installations d'irrigation	3. Construction d'une parcelle de la rizière existant	
	4. Mise en œuvre de la composante souple		
	5. Mise en œuvre du projet type de construction d'une parcelle, d'un canal/ drainage et la construction de routes d'O&M dans la rizière existant.		

### 2-1-2 Résumé du projet

Après l'achèvement de l'enquête sur terrain qui a été effectuée à partir du mois d'août à novembre 2013, l'équipe d'enquête de la JICA a poursuivi son analyse comme une enquête interne. Finalement, l'équipe a rassemblé les composantes du Projet dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2.1.2.1 Composantes du Projet**

Installations	Dimension / Contenu
1. Réservoir du barrage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacité du réservoir : 960.000m<sup>3</sup></li> <li>Hauteur du barrage : 14,9m</li> <li>Type de barrage : type homogène</li> <li>Déversoir : type RC, canal rectangulaire ouvert</li> <li>Installation de décharge pour le niveau bas d'eau : 1 ensemble</li> <li>Installations de prise sur les deux rives : 1 ensemble</li> <li>Autres accessoires : 1 ensemble</li> </ul>
2. Station de pompage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bâtiment des pompes: type RC, fondation directe</li> <li>Equipement de pompage : pompe centrifuge horizontale 1kwx5pcs</li> <li>Panneau solaire 280W, 24V, 153pcs</li> </ul>
3. Canal principal irrigation (Canal ouvert, Pipeline)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Canal ouvert : revêtement en béton, Longueur 18,7km</li> <li>Pipeline : Longueur 8,1km</li> <li>Boîtier de dérivation, ouvrages de drainage. : 1 ensemble</li> </ul>
4. Réservoir de décharge	<ul style="list-style-type: none"> <li>No. 1 Réservoir de décharge : 3,75mx2,0m</li> <li>No. 2 Réservoir de décharge : 3,75mx2,0m</li> <li>No. 3 Réservoir de décharge : 2,0mx2,0m</li> </ul>
5. Réservoir régulateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>No.1 Réservoir régulateur : type RC, Capacité 1.500m<sup>3</sup></li> <li>No.2 Réservoir régulateur : type RC, Capacité 330m<sup>3</sup></li> <li>No.3 Réservoir régulateur : type RC, Capacité 120m<sup>3</sup></li> </ul>
6. Boîtier de drainage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boîte de collecte des eaux :185 pcs, canal de drainage</li> </ul>
7. Canal secondaire et installations au niveau des exploitations agricoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pipeline : Longueur 26,7km</li> <li>Prise d'eau : 1 kit</li> </ul>
8. Construction des parcelles pour le	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction des parcelles : 1 kit</li> </ul>

Installations	Dimension / Contenu
champ rizicole existant	<ul style="list-style-type: none"><li>• boîtier de déviation : 1 2endoits</li><li>• canal d'irrigation, canal/drainage et la route pour fonctionnement et maintenance : 3,85km</li></ul>

## 2-2 Conception générale de l'assistance japonaise

### 2-2-1 Plan de base (Plan de construction / plan d'équipement)

#### 2-2-1-1 Conception des systèmes d'irrigation

##### 2-2-1-1-1 Etude sur les quantités d'eau disponible

###### 1) Méthodologie

Le modèle de ruissellement qui peut permettre de calculer des taux journaliers de débits des rivières par l'imputation des précipitations journalières sera obtenu par l'analyse des relations entre l'enregistrement des précipitations et l'enregistrement des débits de rivières qui ont été observés depuis février 2012, précisément entre le 22 février 2012 et le 5 août 2013.

La méthode d'une citerne modèle sera appliquée comme méthode d'analyse qui se base sur les conditions suivantes :

- L'objectif est l'estimation du coefficient des débits des rivières à long terme dont le taux annuel cumulé des débits des rivières,
- Le taux de débits des rivières dans cette région est beaucoup affecté par le degré de saturation dans le sol occasionnée par les précipitations précédents; et
- La méthode d'une citerne modèle est appropriée pour ces conditions d'analyse.

###### 2) Constante de la citerne modèle

La décision sur les constantes de la citerne modèle exposées dans l'illustration ci-dessous s'est basée sur les calculs d'essai qui visaient à obtenir le coefficient de corrélation supérieure à 90% entre les valeurs observées et les valeurs calculées et à trouver presque les mêmes valeurs de rapport d'écoulement entre les valeurs observées et celles calculées. Le taux final de débits d'une rivière calculé selon le modèle adopté est illustré dans la Fig 2.2.2.2. Ici, le coefficient de corrélation obtenu est 0,924 et les rapports des écoulements selon le modèle est 12,5% qui est égal à la valeur observée.

###### 3) Prévision des quantités cumulatives des taux annuels de débits d'une rivière

La citerne modèle construite selon le processus indiqué dans la section précédente peut produire les taux de débits journaliers d'une rivière qui correspondent aux enregistrements journaliers des précipitations de 34 ans qui vont de 1960 à 1993. Le tableau et les figures suivantes montrent la quantité estimée de taux de débits annuels qui est l'accumulation de ces valeurs journaliers.

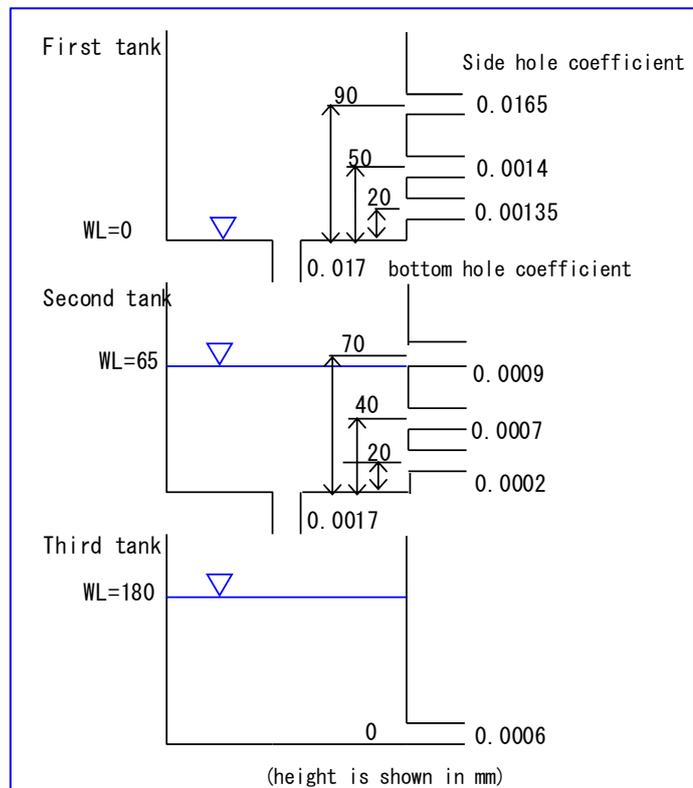


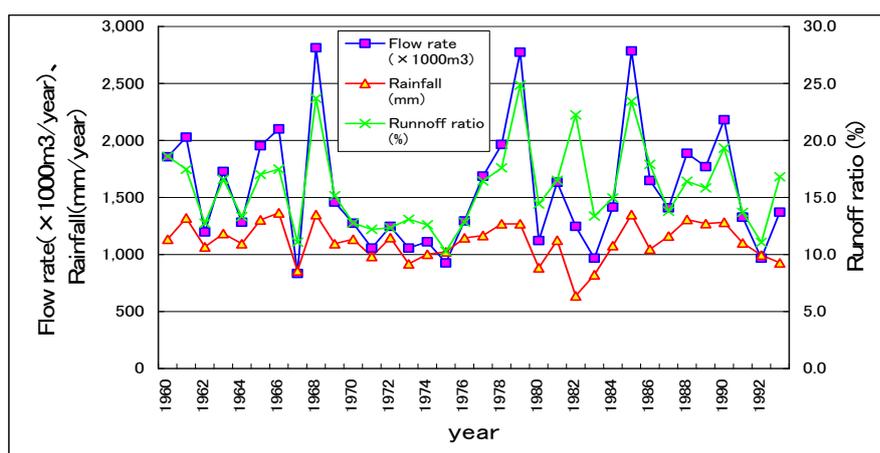
Figure 2.2.1.1 Illustration d'une citerne-modèle

**Tableau 2.2.1.1 Prédiction des taux annuels de débits par citerne**

Year	Flow rate (× 1000m <sup>3</sup> )	Rainfall (mm)	Runnoff ratio	Ranking in annual flow rate	
				Ranking from max.	Ranking from min.
1960	1.856	1.133	18.6	10	25
1961	2.030	1.320	17.5	6	29
1962	1.196	1.067	12.7	26	9
1963	1.728	1.183	16.6	12	23
1964	1.283	1.094	13.3	22	13
1965	1.953	1.304	17.0	8	27
1966	2.101	1.366	17.5	5	30
1967	835	856	11.1	34	1
1968	2.814	1.349	23.7	1	34
1969	1.459	1.095	15.1	16	19
1970	1.274	1.134	12.8	23	12
1971	1.056	984	12.2	30	5
1972	1.247	1.147	12.4	24	11
1973	1.057	918	13.1	29	6
1974	1.111	1.002	12.6	28	7
1975	926	1.022	10.3	33	2
1976	1.295	1.145	12.9	21	14
1977	1.687	1.166	16.4	13	22
1978	1.965	1.268	17.6	7	28
1979	2.774	1.269	24.8	3	32
1980	1.122	883	14.4	27	8
1981	1.633	1.124	16.5	15	20
1982	1.246	637	22.2	25	10
1983	968	822	13.4	31	4
1984	1.416	1.077	14.9	17	18
1985	2.784	1.349	23.4	2	33
1986	1.648	1.046	17.9	14	21
1987	1.410	1.161	13.8	18	17
1988	1.888	1.306	16.4	9	26
1989	1.770	1.270	15.8	11	24
1990	2.182	1.283	19.3	4	31
1991	1.327	1.100	13.7	20	15
1992	967	994	11.1	32	3
1993	1.371	927	16.8	19	16
Ave	1.547	1.105	15.7		
Min	835	637	10.3		
Ma	2.814	1.366	24.8		

including modified data

including missing data

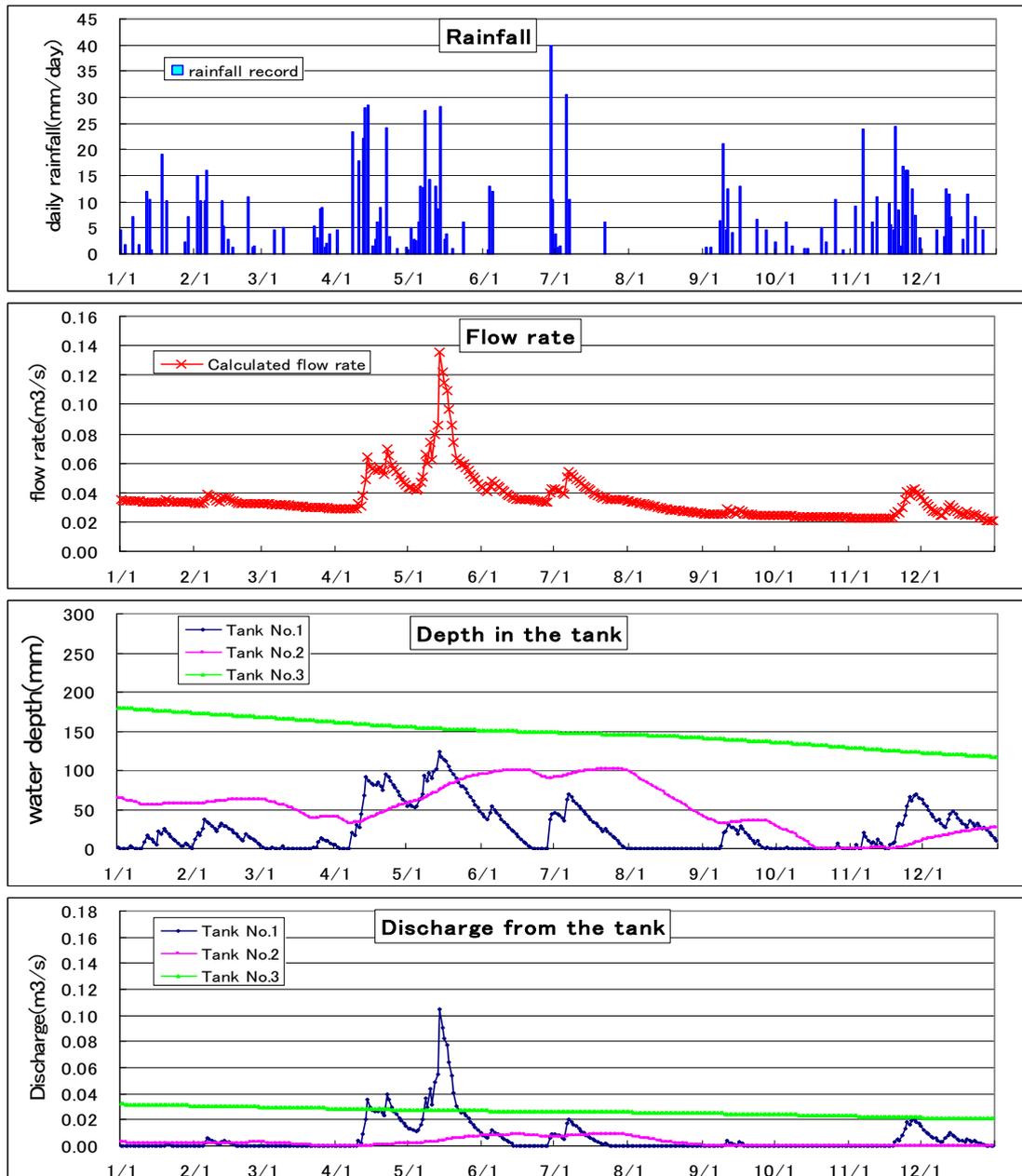
**Figure 2.2.1.2 Résumé de l'estimation du taux annuel de débits****4) Année de référence de l'étude et du taux annuel des débits d'une rivière disponible**

Le coefficient de probabilité est examiné à l'aide des taux annuels des débits de rivières obtenus grâce à l'analyse des citernes modèles et des données de l'année sèche avec le coefficient de probabilité d'environ 1/5 adopté comme année de référence de l'étude : Ce coefficient est le même dans Nyanza-23 que dans les autres régions du projet de LWH, et le taux annuel de débits d'une rivière pour

cette année référentielle est considéré comme quantité de débits d'eau disponible.

Alors que le taux de débits attendu avec le coefficient de probabilité de 1/5 (la période de flux inversé) est estimé à 1.142.000m<sup>3</sup>, le taux annuel de débits des rivières approche 1.111.000m<sup>3</sup> de l'année 1974. Pour cela, l'année 1974 est définie comme année de référence de l'étude et ce volume d'eau équivalent à 1.111.000m<sup>3</sup> est considéré comme un taux annuel de débits attendu. Ensuite, le taux annuel de débits disponible est estimé à 1.063.000m<sup>3</sup> qui résulte de la soustraction de 48.000m<sup>3</sup> -la valeur du débit écologique d'une rivière- du taux annuel attendu des débits s'élevant à 1.111.000 m<sup>3</sup>.

**5) Taux de débit estimé en 1974 pris comme année de référence de l'étude**



Summary of the estimation

period	1974, 1/1-12/31
Cumulative flow rate calculated	1,111,000 m <sup>3</sup>
Cumulative rainfall observed	1,002 mm
Annual runoff ratio	12.60%

**Figure 2.2.1.3 Prédiction des taux de débits en 1974**

## 2-2-1-1-2 Besoins en eau pour les rizières

### 1) Nécessité d'approvisionnement en eau et méthodologie d'estimation

35 ha des rizières en aval du marais se répandent sur 4km de longueur à partir du site d'un barrage jusqu'au confluent de la rivière principale. Dans le but de conserver l'eau d'irrigation, il est déjà courant de bloquer le débit d'une rivière par la construction d'un barrage et par des rizières en aval dépendant de ce barrage ou de ce réservoir. Cependant, pour ces rizières, le marais en aval possède normalement son aire de captage devant mesurer environ 9 km<sup>2</sup>. Il s'étend depuis le site du barrage jusqu'au point de confluent.

Par conséquent, après le ruissellement d'une rivière pour une distance convenable, l'eau d'irrigation doit être approvisionnée suffisamment comme l'eau superficielle et eau du sous-sol à partir des deux cotés de la colline. En réalité, plus de 10 fontaines peuvent être vues au pied des versants de la colline à partir du site du barrage jusqu'à la sortie de la vallée. Ces eaux de fontaines sont utilisées par les villageois comme eau domestique et conduite aux rizières comme eau d'irrigation.

Selon l'analyse de la citerne modèle, le rapport de ruissellement entre le taux annuel estimé des débits d'une rivière au niveau du site de barrage et les précipitations annuelles en 1974, année de référence de l'étude, est de 12,6 %. L'approvisionnement des eaux de ruissellement depuis des versants de la colline à un endroit donné en aval de la rivière se calcule en appliquant les précipitations de 1974 et du rapport de ruissellement à l'aire du barrage qui couvre la partie entre le site du barrage et un endroit donné.

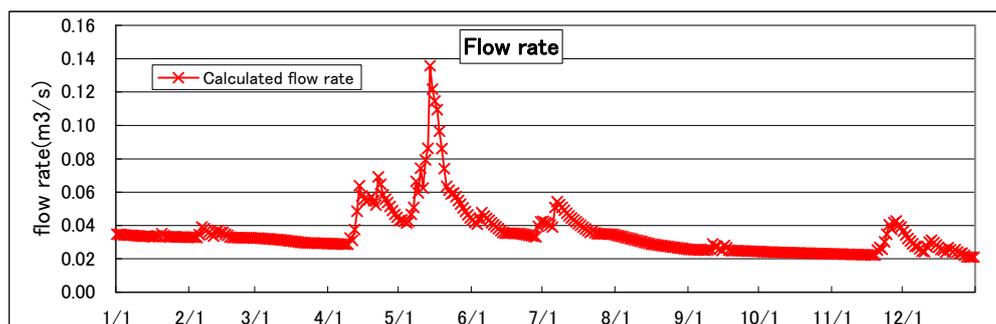
Les besoins en eau d'irrigation des rizières se calculent sur base de la taille de l'aire d'une rizière dès le site de barrage à un endroit donné. Les besoins mensuels en eau d'irrigation se calculent avec « CROPWAT-8 ».

Voici le bilan qui est obtenu. Quand le calcul concerne toutes les précipitations dont des inondations incluses dans le rapport de ruissellement de 12,6 % avec les débits de base, des rizières en aval sont satisfaites avec les afflux venant des versants seulement.

**Tableau 2.2.1.2 Bilan entre les afflux attendus et les besoins en eau dans les rizières situées en aval**

Item \ Location	1km from the dam site	2km from the dam site	3km from the dam site	Confluence Point
Catchment area (km <sup>2</sup> )	1.7	3.7	7.4	9.2
Annual precipitation (mm)	1,002	1,002	1,002	1,002
Runoff ratio (%)	12.6	12.6	12.6	12.6
Expected in-flow from hill side (m <sup>3</sup> )	214,628.4	467,132.4	934,264.8	1,161,518.4
Paddy field area (ha)	3.6	10.3	19.6	35
Unit water requirement (mm)	1,172	1,172	1,172	1,172
Water requirement (m <sup>3</sup> )	42,192.0	120,716.0	229,712.0	410,200.0

Bien que les rizières soient capables de stocker des eaux de précipitations à un certain degré, elles ne peuvent vraiment pas contenir toutes les eaux de pluie. Selon l'analyse de ruissellement par la citerne modèle, le taux de débits d'une rivière est d'environ 0,02m<sup>3</sup>/sec depuis octobre jusqu'en novembre. Il est alors nécessaire de confirmer les circonstances dans les rizières en aval pendant cette période. De plus, les rizières se trouvant juste dans l'aire de l'aval jusqu'au site du barrage n'ont pas assez d'écoulement d'eau superficielle et d'eau du sous-sol dans les aires de captage vers l'endroit rizicole de sorte qu'il faut approvisionner l'eau d'irrigation durant toute l'année



**Figure 2.2.1.4 Taux estimés de débits de rivières en 1974**

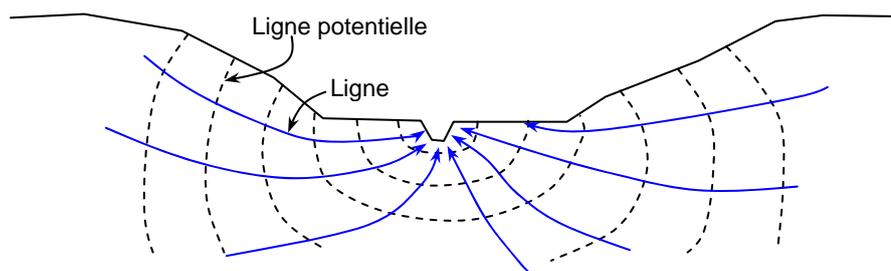
En se basant sur la connaissance ci-dessus, les calculs cumulatifs à tout intervalle de 50 m se rangeant depuis le site du barrage jusqu' à la sortie de la vallée sont effectués mensuellement pour confirmer les rapports entre les approvisionnements et les besoins en eau d'irrigation, c.-à-d. la relation entre les besoins en eau d'irrigation, les taux d'afflux depuis les aires de captage et l'approvisionnement en eau des rizières près de l'aval du réservoir. Les calculs s'effectuent sur base des hypothèses suivantes :

- Les embouchures de prise sont établies à un intervalle de 100 m tout près du point de départ jusqu'au point d'arrivée, et à un intervalle de 200 m pour les autres parties.
- L'intervalle de calcul est de 50 m composé de 2 parties de rizières entre lesquelles l'irrigation par la crête et par la fuite d'eau horizontale est tenue en considération. L'estimation du débit d'eau surface/sous-sol est estimé à cette section où le débit spécifique de l'analyse des ruissellements pour l'année de référence 1974 par modèle de citerne est appliqué.
- L'approvisionnement en eau requis pour les rizières est composé d'ETc ; la pénétration verticale des eaux est estimée à 13,6 mm et la fuite horizontale est de 5 mm. L'ETc (mm/jour)/besoins en eau d'irrigation est évaluée comme suit :

**Tableau 2.2.1.3 Besoins en eau d'irrigation par mois**

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Etc (mm)	156,1	183,1	170,4	12,7	22,0	44,4	69,9	261,4	196,6	151,7	12,6	37,8

- A part ETc, la pénétration verticale et la fuite horizontale sont circulairement utilisées à 100 %. (taux du flux inversé étant 100%, se référer aux commentaires ci-dessous.) Dans cette vallée de Ngoma22, plus de 10 fontaines suintent du pied droit et du pied gauche des collines depuis le site du barrage jusqu'à la sortie de la vallée. Ces fontaines sont conduites par l'eau du sol peu profond qui se verse dans la rivière, apparaissant sur le sol ici et là.
- La surface de l'eau dans la rizière constitue un potentiel d'infiltration plus que la surface terrestre des rizières et il peut y avoir une infiltration verticale; mais cette eau infiltrée rencontre et chevauche sur l'eau du sous-sol qui s'écoule dans la rivière. Ainsi, le taux de flux inversé de l'eau infiltrée est considéré comme étant 100 %. Néanmoins, autour de la sortie de la



**Figure 2.2.1.5 Mécanisme du retour d'eau infiltrée**

vallée, ce taux est estimé entre 90% et 80% puisque le flux inversé peut surgir dans le lit d'une rivière en aval.

- Concernant le rapport d'infiltration composée d'infiltration et de fuite, le rapport entre l'infiltration et la rivière est de 1/3 et le rapport d'infiltration et la rivière adjacente est 2/3.
- A l'embouchure de la prise, la quantité totale d'eau infiltrée à la rivière est prise et considérée comme le flux inversé. Lorsque cette quantité totale est inférieure aux besoins en eau d'irrigation au point de la prise, la quantité insuffisante d'eau est déversée du réservoir.

## 2) Résultats de l'étude

Les résultats des analyses de simulation se résument comme suit.

**Tableau 2.2.1.4 Besoins en eau dans les rizières en aval**

Mois	Sections réclamant l'approvisionnement en eau	Quantité requise	Quantité cumulative
1	0m - 400m, 3km - 4km	15.914,1m <sup>3</sup>	15.914,1m <sup>3</sup>
2	0m - 400m, 2,5km - 4km	26.225,0m <sup>3</sup>	42.139,1m <sup>3</sup>
3	0m - 400m, autour du côté aval	24.185,8m <sup>3</sup>	66.324,9m <sup>3</sup>
4	0m - 100m	1.061,5m <sup>3</sup>	67.386,4m <sup>3</sup>
5	0m - 100m	1.077,5m <sup>3</sup>	68.463,9m <sup>3</sup>
6	0m - 400m, autour du côté aval	1.410,4m <sup>3</sup>	69.874,3m <sup>3</sup>
7	0m - 400m	1.621,6m <sup>3</sup>	71.495,9m <sup>3</sup>
8	0m - 400m, 3km - 4km	52.487,0m <sup>3</sup>	123.982,9m <sup>3</sup>
9	0m - 400m, 1km - 4km	38.235,6m <sup>3</sup>	162.218,5m <sup>3</sup>
10	0m - 400m, 3km - 4km	29.951,1m <sup>3</sup>	192.169,6m <sup>3</sup>
11	0m - 400m, autour du côté aval	2.061,1m <sup>3</sup>	194.230,7m <sup>3</sup>
12	0m - 400m, autour du côté aval	8.419,6m <sup>3</sup>	202.650,3m <sup>3</sup>

La quantité d'eau approvisionnée à la rizière en aval est estimée au total à 203.000m<sup>3</sup>; et la quantité d'eau disponible pour l'irrigation aux versants des collines s'estime à 860.000m<sup>3</sup> (1.063.000m<sup>3</sup> – 203.000m<sup>3</sup>=860.000m<sup>3</sup>).

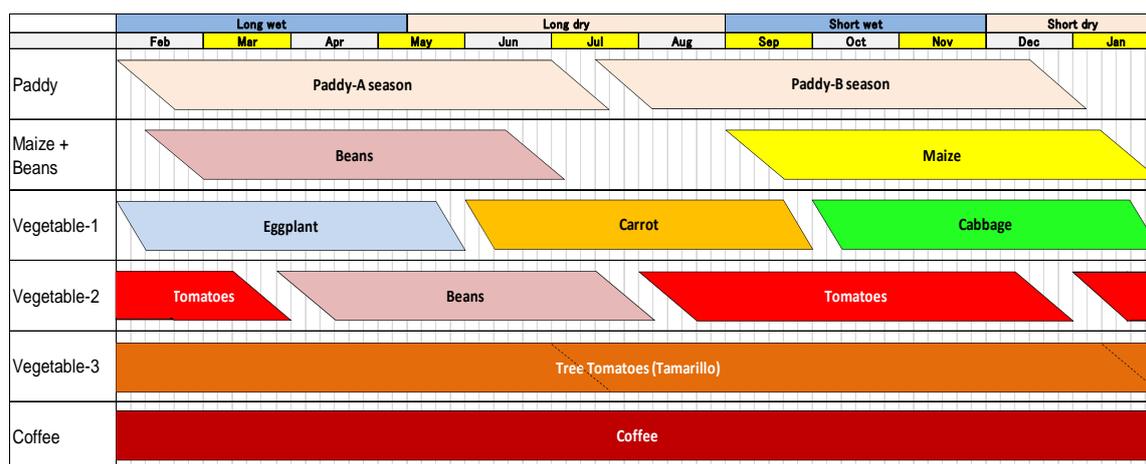
### 2-2-1-1-3 Besoins en eau d'irrigation des versants de colline

Les besoins en eau d'irrigation des versants de colline sont calculés à l'aide des données météorologiques telles que les précipitations ou la température basées sur la rotation culturale planifiée.

#### 1) Conditions d'étude

##### (1) Rotation culturale

La rotation culturale est étudiée en tenant en compte du caractère commercial, de la productivité, la sécurité alimentaire et le résultat des discussions avec les autorités locales. Les cultures dont l'introduction dans la zone de commande est recommandée sont le riz (double récolte), le maïs et les haricots, les légumineuses-1 (carottes, choux et aubergines), légumineuses-2 (tomates et haricots), légumineuses-3 (tamallio) et le café. Le rapport de superficie des légumineuses doit s'élargir selon le souhait de l'agriculteur puisqu'elles constituent des cultures rentables. Au contraire, le rapport du café doit être minimisé puisqu'il est cultivé dans les hautes terres de versants de colline.



**Figure 2.2.1.6 Rotation culturale planifiée**

## (2) Zone d'irrigation des terres agricoles

Comme les travaux de terrassement seront exécutés sur la zone de commande du versant de colline, après la construction les terres arables seront réduites par rapport à sa superficie actuelle. De plus, une partie des terres ne peut pas être comprise dans la zone d'irrigation, notamment le terrain réservé au boisement, le terrain rocheux, les routes et les canaux et la route de type « O&M » qui sera construite dans le cadre du Projet. Comme la pente moyenne de la zone de commande du versant de colline est de 10 à 15%, la superficie sera réduite jusqu'à 88% après les travaux de terrassement. Par conséquent, la superficie totale se réduira à 83% dont un terrain estimé à 5% de la superficie totale qui sera réservé à autre chose comme des routes. Le résultat de l'étude est que la zone terrestre sera utilisée tel que représenté dans le tableau suivant.

**Tableau 2.2.1.5 Zone de commande et répartition des cultures**

	Colline droite	Colline gauche	Total
Zone de commande brute	200,6ha	120,9ha	321,5ha
Zone de commande nette	166,5ha $\approx$ 165ha	100,3ha $\approx$ 100ha	266,8ha $\approx$ 265ha

Culture		Superficie de culture		Observations
Riz de type Paddy		35 ha	(12 %)	
Cultures sur la zone terrestre	Maïs + Haricots	120 ha	(40 %)	
	Légumineuse -1	60 ha	(20 %)	Carotte + Chou + Aubergine
	Légumineuse -2	40 ha	(13 %)	Tomate + Haricots
	Légumineuse -3	30 ha	(10 %)	Tamallio
	Café	15 ha	(5 %)	
Sous-total		265 ha	(88 %)	
Total		300 ha	(100 %)	

## (3) Données météorologiques

Dans cette étude, les précipitations et la température observées à la station de Gahororo, station météorologique la plus proche de la zone de commande, sont adoptées pour le calcul des besoins en eau d'irrigation. Les autres données météorologiques comme l'humidité relative, la vitesse du vent et les heures d'ensoleillement observées à la station située à l'Aéroport national de Kigali sont adoptées puisque ces données ne peuvent pas s'observer à Gahororo. Le tableau suivant présente les conditions météorologiques en 1974, année sèche, avec la fréquence de probabilité de 1/5.

**Tableau 2.2.1.6 Conditions météorologiques pour le calcul des besoins en eau d'irrigation (1974)**

Month	Rain mm	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m2/day	ETo mm/day
January	76.8	9.7	26.2	77	324	6.1	18.6	4.16
February	84.4	9.7	26.4	77	297	6.2	19.2	4.21
March	42.8	9.9	26.6	77	257	4.9	17.2	3.93
April	173.3	10	25.4	84	188	5.2	17.0	3.37
May	148.3	10.2	25.0	82	206	5.6	16.5	3.27
June	76.2	10.1	25.9	84	197	5.4	15.6	3.14
July	53.4	9.8	25.0	77	222	4.7	14.8	3.25
August	0.0	10.9	27.9	64	292	7.7	20.1	4.93
September	75.2	10.6	26.9	72	307	6.0	18.5	4.42
October	30.5	10.8	28.0	74	336	6.7	19.9	4.73
November	176.1	10.7	25.5	83	242	4.7	16.5	3.45
December	64.5	12.4	24.2	85	226	5.4	17.3	3.29
Average	1001.5	10.4	26.1	78	258	5.7	17.6	3.85

Notes:

- \*1) Précipitations: Station de Gahororo (Secteur Rurenge, District Ngoma), 1974.01-12
- \*2) Température minimale: Station de Gahororo, 1974.01-12
- \*3) Température maximale: Station de Gahororo, 1974.01-12
- \*4) Humidité, vent et ensoleillement: Station de Kigali, 1974.01-12
- \*5) Radiation et RET (Référence d'évapotranspiration) est calculée par CROPWAT8.0 sur base d'autres données.

## 2) Etude des besoins en eau d'irrigation

Les besoins en eau d'irrigation sont étudiés selon les procédures suivantes :

### (1) Unités de besoins en eau d'irrigation

Les unités de besoins en eau d'irrigation sont calculées par CROPWAT8.0, c.-à-d. un outil d'appui pour la prise de décision mis au point par la Division de l'aménagement des zones aquatiques de FAO (Organisation mondiale pour l'Alimentation et l'Agriculture).

### (2) Besoins en eau d'irrigation nets

Les besoins en eau d'irrigation nets pour chaque culture sont calculés en tenant compte de la superficie occupée par la culture et l'unité des besoins en eau d'irrigation.

### (3) Besoins en eau d'irrigation bruts

Les besoins en eau d'irrigation bruts sont calculés sur base des besoins en eau d'irrigation nets en tenant compte de l'efficacité d'irrigation et du coefficient de la superficie humide.

### (4) Efficacité de l'irrigation

L'efficacité de l'irrigation est subdivisée en efficacité d'infiltration (Ec) et l'efficacité d'application sur terrain (Ea).

L'efficacité d'infiltration et l'efficacité d'application sont représentées comme suit dans le "Irrigation Water Management Manual No.4: Irrigation Scheduling, FAO".

**Tableau 2.2.1.7 Ec: Efficacité d'infiltration**

Description	Efficacité d'infiltration (Ec)			
	Canaux en terres			Canaux blindés
Type de canal				
Type de sol	Sable	Terreau	Argile	-

Description		Efficacité d'infiltration (Ec)			
Longueur du canal	Long (> 2,000m)	60 %	70 %	80 %	95 %
	Moyen (200- 2.000m)	70 %	75 %	85 %	95 %
	Court (< 200m)	80 %	85 %	90 %	95 %

**Tableau 2.2.1.8 Ea: Efficacité d'application sur terrain**

Méthode d'irrigation	Efficacité d'application sur terrain (Ea)
Irrigation de la surface (Bord, sillon, Bassin)	60 %
Irrigation par aspersion	75 %
Irrigation goutte à goutte	90 %

Dans cette étude, 95% d'irrigation sont appliqués espérant une efficacité d'infiltration puisque le canal bétonné ou le pipeline est adopté pour le canal principal et le canal secondaire. En plus, 90% sont appliqués comme efficacité d'application sur terrain puisque la méthode d'irrigation qui épargne l'eau est adoptée comme système d'irrigation directe dans le champ.

Ainsi donc, l'efficacité de l'irrigation s'estime à 85% comme suit;

$$E = E_c \times E_a = 95\% \times 90\% = 85\%$$

### (5) Coefficient de la superficie humide

Le coefficient de la superficie humide (Kw) varie selon la méthode d'irrigation. Dans le cas d'irrigation sur la surface et d'irrigation par aspersion, leur coefficient est 100% puisque ces méthodes approvisionnent l'eau sur tout le terrain. Comme la méthode d'irrigation par épargne d'eau qui n'approvisionne que la superficie couverte de cultures sera appliquée dans ce Projet, le coefficient de la superficie humide appliqué varie en général entre 40 et 70%. Par conséquent, une étude comparative est effectuée dans quatre cas tels que Kw=40, 50, 60 et 70%.

### 3) Simulation de l'équilibre hydrique

La capacité efficace de stockage ou la capacité d'utilisation de l'eau du réservoir se calcule grâce à la simulation de l'équilibre hydrique en se basant sur les flux vers le réservoir et l'écoulement à partir du réservoir pour les dix jours.

Des conditions suivantes sont appliquées dans cette simulation telles que les précipitations, l'évaporation, la perte par infiltration à partir du réservoir, etc.

#### (1) Conditions de simulation

##### a) Influx vers le réservoir

L'influx d'eau vers le réservoir est le débit de la rivière (1.111.000m<sup>3</sup> par an) dans l'année 1974 considéré comme année de référence d'étude qui est estimée grâce à la méthode du modèle de citerne.

##### b) Ecoulement du réservoir

L'écoulement de l'eau du réservoir consiste en écoulement des besoins d'eau d'irrigation pour le riz paddy dont l'eau de l'entretien de la rivière, celle d'irrigation des cultures de hautes terres et celle perdue par infiltration. Les besoins en eau d'irrigation pour le paddy dont l'eau de l'entretien d'une rivière sont estimés à environ 250.000 m<sup>3</sup> par an en utilisant le calcul susmentionné.

Le résultat de l'étude comparative sur les différentes valeurs du coefficient de la superficie humide (Kw=40, 50, 60 et 70 %) est appliqué en tant que besoins en eau d'irrigation pour des cultures à hautes

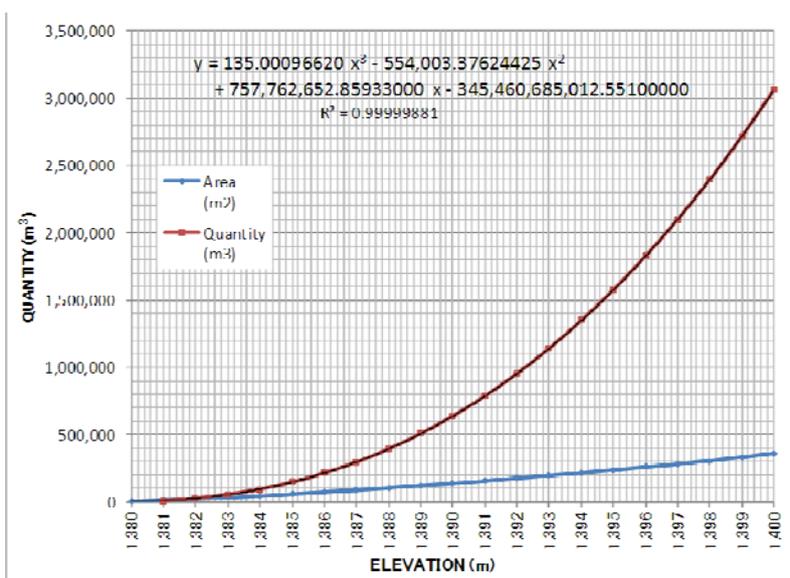
terres. 0,05% du volume de stockage du réservoir est appliqué en tant que perte par infiltration du réservoir.

### (a) Précipitations et évaporation

Les précipitations rentrant dans le réservoir et l'évaporation à partir du réservoir, l'influx et l'écoulement mentionnés au-dessus sont prises en compte dans la simulation de l'équilibre hydrique. La superficie de surface en eau qui sert dans le calcul d'évaporation est obtenue à partir de la courbe 'H-Q' à la surface pleine d'eau.

Les données sur les précipitations observées à la Station météorologique de Gahororo en 1974 sont considérées comme des précipitations dans le réservoir.

Bien que l'évaporation du réservoir n'ait pas été observée dans cette zone de commande, l'évaporation annuelle se rapporte entre environ 1.500 à 1.600mm dans le "Country Paper" de FAO. Donc, il y a considération de l'évapotranspiration référentielle (ET<sub>o</sub>) calculée avec la méthode CROPWAT-8.0 et sa valeur qui est proche de celle mentionnée précédemment.



**Figure 2.2.1.7 Relation entre la profondeur d'eau, le volume et la superficie du réservoir**

En se basant sur les conditions précitées, la différence entre les précipitations et l'évaporation est calculée et résumée dans le tableau suivant.

**Tableau 2.2.1.9 Equilibre entre les précipitations et l'évaporation au niveau du réservoir**

Month	Decade	days	Provable Rainfall		Reference	Evaporation	Evaporation from Water Surface		Remarks
			Rm	Rd	ETo	Eo	E = Eo - Rd	Ev = E * A	
			(mm/month)	(mm/decade)	(mm/day)	(mm/decade)	(mm/decade)	(m <sup>3</sup> /decade)	
Jan.	1st.	10	76.8	24.8	4.47	44.7	19.9	3,507	
	2nd.	10		24.8		44.7	19.9	3,507	
	3rd.	11		27.3		49.2	21.9	3,863	
Feb.	1st.	10	84.4	30.1	4.58	45.8	15.7	2,756	
	2nd.	10		30.1		45.8	15.7	2,756	
	3rd.	8		24.1		36.6	12.5	2,197	
Mar.	1st.	10	42.8	13.8	4.26	42.6	28.8	5,068	
	2nd.	10		13.8		42.6	28.8	5,068	
	3rd.	11		15.2		46.9	31.7	5,581	
Apr.	1st.	10	173.3	57.8	3.77	37.7	-20.1	-3,532	
	2nd.	10		57.8		37.7	-20.1	-3,532	
	3rd.	10		57.8		37.7	-20.1	-3,532	
May	1st.	10	148.3	47.8	3.50	35.0	-12.8	-2,260	
	2nd.	10		47.8		35.0	-12.8	-2,260	
	3rd.	11		52.6		38.5	-14.1	-2,486	
Jun.	1st.	10	76.2	25.4	3.31	33.1	7.7	1,355	
	2nd.	10		25.4		33.1	7.7	1,355	
	3rd.	10		25.4		33.1	7.7	1,355	
Jul.	1st.	10	53.4	17.2	3.58	35.8	18.6	3,269	
	2nd.	10		17.2		35.8	18.6	3,269	
	3rd.	11		18.9		39.4	20.5	3,599	
Aug.	1st.	10	0.0	0.0	5.19	51.9	51.9	9,134	
	2nd.	10		0.0		51.9	51.9	9,134	
	3rd.	11		0.0		57.1	57.1	10,050	
Sep.	1st.	10	75.2	25.1	4.93	49.3	24.2	4,265	
	2nd.	10		25.1		49.3	24.2	4,265	
	3rd.	10		25.1		49.3	24.2	4,265	
Oct.	1st.	10	30.5	9.8	5.00	50.0	40.2	7,068	
	2nd.	10		9.8		50.0	40.2	7,068	
	3rd.	11		10.8		55.0	44.2	7,775	
Nov.	1st.	10	176.1	58.7	3.81	38.1	-20.6	-3,626	
	2nd.	10		58.7		38.1	-20.6	-3,626	
	3rd.	10		58.7		38.1	-20.6	-3,626	
Dec.	1st.	10	64.5	20.8	3.59	35.9	15.1	2,656	
	2nd.	10		20.8		35.9	15.1	2,656	
	3rd.	11		22.9		39.5	16.6	2,924	
Total / Average			1,001.5	1,001.5	4.17	1,520.2	519	91,285	

**Notes**

- \*1) Provable Rainfall : 1974, Gahororo Station, Rurenge Sector, Ngoma District  
 \*2) Reference Evapotranspiration : Calculated from Climate Data (Temperature, Humidity, Wind Velocity, Sunshine Hours) by CROPWAT8  
 \*3) Climate Data /  
 Min. Temp. : 1974, Gahororo Station, Rurenge Sector, Ngoma District  
 Max. Temp. : 1974, Gahororo Station, Rurenge Sector, Ngoma District  
 Humidity : 1974, Kigali International Airport  
 Wind Velocity : 1974, Kigali International Airport  
 Sunshine : 1974, Kigali International Airport

**(2) Résultats de la simulation**

Les résultats de la simulation sont présentés dans les tableaux suivants et la capacité effective de stockage du réservoir requise se résume dans le tableau qui suit pour chaque cas.

**Tableau 2.2.1.10 Capacité effective de stockage du réservoir**

Coefficient de la superficie humide Kw (%)	Volume effectif de stockage du barrage (m <sup>3</sup> )		
	Maximum (1)	Minimum (2)	Différence /Volume de stockage requis (3) = (1) - (2)
40	450.000	8.438	441.562
50	450.000	5.303	444.697
60	416.984	2.168	414.816
<b>70</b>	<b>382.937</b>	<b>-966</b>	<b>383.903</b>

Comme pour les résultats de la simulation déjà vus au-dessus, le stockage effectif du réservoir est estimé approximativement entre 400.000 et 450.000m<sup>3</sup> selon le coefficient de la superficie humide. Par conséquent, la structure de stockage effectif du réservoir dans cette étude est déterminée à 450.000m<sup>3</sup> par mesure de prudence.

Le débit structurel des cultures sur la zone terrestre est établi comme suit sur base des besoins en eau annuels maximaux pour le coefficient de la superficie humide de 70%. Les besoins en eau par superficie et ceux à pourvoir aux rizières de paddy sont illustrés ci-dessous. Les deux valeurs sont calculées en supposant que le temps d'irrigation journalier est de 10 heures.

**Tableau 2.2.1.11 Débit planifié en unités pour les cultures en zone terrestre et le paddy**

	Cultures en zone terrestre (265ha)		Observations
	(m <sup>3</sup> /décennie)	(m <sup>3</sup> /sec/ha)	
Besoins en eau	79.244	0,0008 <sup>(a)</sup>	Octobre, 2 <sup>ème</sup> décennie

	Rizière (35ha)		Observations
	(m <sup>3</sup> /mois)	(m <sup>3</sup> /sec/ha)	
Besoins en eau	79.859 <sup>(b)</sup>	0,0020 <sup>(c)</sup>	Août (Voir Tableau 2.2.2.21)
Approvisionnement supplémentaire (dont le flux inversé)	52.487	0,0013 <sup>(d)</sup>	Quantité demandée en Août

(a):  $79.244/10 \text{ jours} / (10 \text{ heures} \times 3.600 \text{ secondes}) / 265 \text{ ha} = 0,0008 \text{ m}^3/\text{sec/ha}$

(b): Tableau 2.2.2.21; Besoins en eau en Août =  $39.352 + 19.740 + 20.767 = 79.859 \text{ m}^3/\text{mois}$

(c):  $79,859/31 \text{ jours} / (10 \text{ heures} \times 3.600 \text{ secondes}) / 35 \text{ ha} = 0,0020 \text{ m}^3/\text{sec/ha}$

(d):  $52.487/31 \text{ jours} / (10 \text{ heures} \times 3.600 \text{ secondes}) / 35 \text{ ha} = 0,0013 \text{ m}^3/\text{sec/ha}$

**Tableau 2.2.1.12 Volume de débits prévus****Cropping Acreage**

Crop		Area	
Rice Paddy		35	12%
Upland Cropping	Maize+Beans	120	40%
	Vegetable-1	60	20%
	Vegetable-2	40	13%
	Vegetable-3	30	10%
	Coffee	15	5%
Sub-total		265	88%
Total		300	100%

**Operation Hours**

Crop	Operation Hours	Remarks
Rice Paddy	24 hrs	
Upland Cropping	12 hrs	

**Efficiencies**

Description		Coefficient	Remarks
Irrigation	Rice Paddy	100 %	-
Efficiency	Upland Cropping	85 %	-
Wetting Area	Rice Paddy	100 %	"Surface Irrigation"
Coefficient	Upland Cropping	70 %	"Micro Irrigation"

**Design Discharge**

Month	Decade	Days	Rice Paddy		Upland Cropping		Grand Total		Remarks
			GIWR (m <sup>3</sup> /dec)	Discharge Volume (m <sup>3</sup> /sec)	GIWR (m <sup>3</sup> /dec)	Discharge Volume (m <sup>3</sup> /sec)	GIWR (m <sup>3</sup> /dec)	Discharge Volume (m <sup>3</sup> /sec)	
Jan.	1st.	10	502	0.0006	21,943	0.0508	22,445	0.0514	
	2nd.	10	13,848	0.0160	13,914	0.0322	27,762	0.0482	
	3rd.	11	38,768	0.0408	6,415	0.0135	45,184	0.0543	
Feb.	1st.	10	41,043	0.0475	3,681	0.0085	44,725	0.0560	
	2nd.	10	29,038	<b>0.0336</b>	4,925	0.0114	33,963	0.0450	
	3rd.	8	5,040	0.0073	3,928	0.0114	8,968	0.0187	
Mar.	1st.	10	10,862	0.0126	22,071	0.0511	32,932	0.0637	
	2nd.	10	12,588	0.0146	37,368	0.0865	49,956	0.1011	
	3rd.	11	9,695	0.0102	28,988	0.0610	38,683	0.0712	
Apr.	1st.	10	2,205	0.0026	4,604	0.0107	6,809	0.0132	
	2nd.	10	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	
	3rd.	10	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	
May	1st.	10	152	0.0002	0	0.0000	152	0.0002	
	2nd.	10	315	0.0004	0	0.0000	315	0.0004	
	3rd.	11	3,442	0.0036	11,403	0.0240	14,845	0.0276	
Jun.	1st.	10	4,013	0.0046	11,822	0.0274	15,835	0.0320	
	2nd.	10	5,145	0.0060	13,074	0.0303	18,219	0.0362	
	3rd.	10	4,947	0.0057	11,170	0.0259	16,116	0.0316	
Jul.	1st.	10	16,403	0.0190	9,417	0.0218	25,820	0.0408	
	2nd.	10	38,477	0.0445	9,956	0.0230	48,433	0.0676	
	3rd.	11	44,590	0.0469	23,650	0.0498	68,240	0.0967	
Aug.	1st.	10	39,352	0.0455	40,691	0.0942	80,042	0.1397	
	2nd.	10	19,740	0.0228	51,148	0.1184	70,888	0.1412	
	3rd.	11	20,767	0.0219	58,778	0.1237	79,545	0.1455	
Sep.	1st.	10	11,760	0.0136	30,306	0.0702	42,066	0.0838	
	2nd.	10	8,482	0.0098	16,805	0.0389	25,287	0.0487	
	3rd.	10	11,608	0.0134	20,697	0.0479	32,305	0.0613	
Oct.	1st.	10	16,940	0.0196	46,410	0.1074	63,350	0.1270	
	2nd.	10	20,055	0.0232	79,244	<b>0.1834</b>	99,299	<b>0.2066</b>	
	3rd.	11	15,517	0.0163	63,880	0.1344	79,396	0.1508	
Nov.	1st.	10	4,013	0.0046	11,422	0.0264	15,436	0.0311	
	2nd.	10	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	
	3rd.	10	373	0.0004	1,301	0.0030	1,675	0.0034	
Dec.	1st.	10	4,457	0.0052	27,720	0.0642	32,177	0.0693	
	2nd.	10	5,133	0.0059	39,969	0.0925	45,102	0.0985	
	3rd.	11	3,628	0.0038	39,109	0.0823	42,738	0.0861	
Annual			462,898.3	-	765,808.2	-	1,228,706.6	-	-
Maximum			44,590.0	<b>0.0475</b>	79,244.1	<b>0.1834</b>	99,299.1	<b>0.2066</b>	-

**Notes**

\*1) GIWR (m<sup>3</sup>/dec) : Gross Irrigation Water Requirement

\*2) Discharge Volume (m<sup>3</sup>/sec) = GIWR (m<sup>3</sup>/dec) / dec (days) / (3,600 (sec/hr) \* Operation Hours (hrs) )

## 2-2-1-1-4 Estimation d'un débit écologique d'une rivière

### 1) Les conditions du taux d'écoulement d'une rivière dans la vallée de Ngoma<sup>22</sup>

Le constat est que la zone en aval du site du barrage a assez de fontaines d'eau provenant des versants droit et gauche de la colline. Mais l'endroit situé juste en aval jusqu'au site de barrage ne peut pas trop compter sur ces sources d'eau. En plus, la moindre quantité du débit d'une rivière qui servirait d'approvisionnement en eau d'irrigation supplémentaire à vanne selon le Tableau 2.2.1.13 est seulement environ 1.000m<sup>3</sup> par mois : cette quantité est trop petite pour atteindre 0,4ℓ/sec ( $1.000/30/86.400=0,0004\text{m}^3/\text{sec}=0,4\ell/\text{sec}$ ).

De ce fait, le concept de 'débit écologique d'une rivière' sera établi en termes de conservation de l'environnement; ici, le plus petit coefficient d'écoulement d'une rivière doit être 20ℓ/sec qui correspond au coefficient d'écoulement de base ; le débit écologique d'une rivière doit être 4ℓ/sec qui correspond au quart du coefficient d'écoulement de base. L'opération réelle de déversement s'effectuera pour couvrir le volume déficitaire de cette quantité de 4ℓ/sec. Donc, cette opération ne sera pas exécutée en cas d'approvisionnement en eau d'irrigation supplémentaire supérieur à cette quantité. Le débit écologique total d'une rivière s'estime à 48.000m<sup>3</sup> par an comme le montre le tableau suivant où le calcul concerne l'année de référence d'étude qui est 1974.

**Tableau 2.2.1.13 Calcul du débit écologique d'une rivière par rapport à l'année de référence d'étude (1974)**

Month	Irrigation water supply		② Ecological river discharge (ℓ/sec)	Discharge in operation	
	(m <sup>3</sup> /Mon.)	① (ℓ/sec)		(②-①) (ℓ/sec)	(m <sup>3</sup> /Mon.)
1	15,914.1	5.94	4.0	-1.9	
2	26,225.0	10.84	4.0	-6.8	
3	24,185.8	9.03	4.0	-5.0	
4	1,061.5	0.41	4.0	3.6	9306.5
5	1,077.5	0.40	4.0	3.6	9636.1
6	1,410.4	0.54	4.0	3.5	8957.6
7	1,621.6	0.61	4.0	3.4	9092.0
8	52,487.0	19.60	4.0	-15.6	
9	38,235.6	14.75	4.0	-10.8	
10	29,951.1	11.18	4.0	-7.2	
11	2,061.1	0.80	4.0	3.2	8306.9
12	8,419.6	3.14	4.0	0.9	2294.0
Total					47593.1

## 2-2-1-1-5 Examiner la méthode d'irrigation

### 1) Hauteur du barrage et méthode d'irrigation

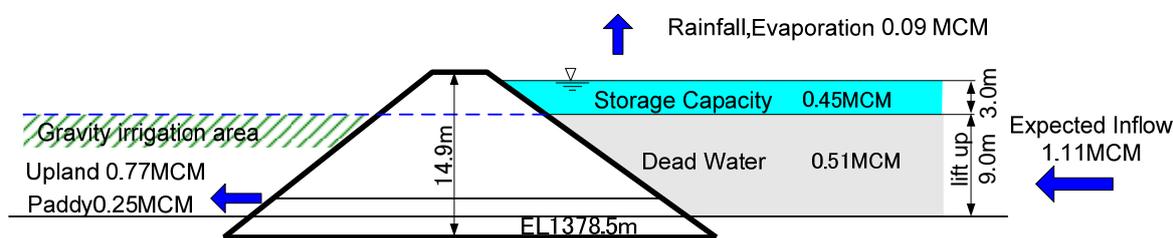
La méthode de conduite de l'eau d'irrigation depuis le réservoir jusqu'à la zone de commande consiste en deux types: les uns utilisent des hauteurs de pression naturelles et les autres des pompes.

Selon les résultats de la simulation de l'équilibre hydrique déjà mentionné, le débit d'une année sèche avec le coefficient de probabilité de 1/5 est environ 1,11 million m<sup>3</sup>. Le stockage du réservoir requis pour approvisionner l'eau disponible aux rizières et aux champs des versants de colline s'estime à 450.000m<sup>3</sup>.

Si le barrage est élevé jusqu'à 9,0m pour maintenir le volume de l'eau morte qui ajoute 0,45 million m<sup>3</sup> au volume de l'eau disponible, le volume des eaux mortes atteint environ 0,51 million m<sup>3</sup> et la capacité totale de stockage devient 0,960 million m<sup>3</sup>. Puisque ce volume est plus petit que la quantité nécessaire du coefficient d'influx de la rivière qui correspond au débit d'une année sèche avec le coefficient de probabilité de 1/5, cela prend beaucoup d'années pour être totalement rempli d'eau.

De plus, l'eau d'irrigation peut être approvisionnée par la gravité naturelle en utilisant pendant la

construction de ce barrage la hauteur élevée de la chute. Cependant, l'usage des pompes est requis pour pouvoir distribuer l'eau d'irrigation aux plus hautes zones des versants de colline puisque l'utilisation de la gravité dans la zone de commande sera limitée à un certain endroit selon les conditions topographiques.



**Figure 2.2.1.8 Diagramme de l'équilibre hydrique**

L'étude comparative s'effectue sur le coefficient de la superficie irriguée par gravité ou par pompage, le coût de la construction du barrage et de la station de pompage ainsi que sur le coût de l'entretien selon la hauteur du barrage. Le barrage élevé de 9m susmentionné constitue une échelle maximale alors que le barrage sans capacité d'eau morte est la taille minimale dont la zone de commande est irriguée par les pompes seulement.

Le résultat de cette comparaison conclut que le barrage élevé à 9m est économique puisque le coût total de la construction est largement influencé par le coût de la construction de la station de pompage sur base de la capacité de pompage requise plutôt que par rapport au coût de la construction d'un barrage selon sa hauteur. De plus, le coût annuel d'entretien (O&M) est aussi le moins cher en cas d'un plus grand barrage à cause du petit coefficient du coût opérationnel des pompes. Le nombre de personnes affectées qui ont des terrains aux alentours du réservoir est presque le même malgré l'ajout de quelques mètres par le niveau d'eau plein. Ceci veut dire que la compensation par le Gouvernement rwandais n'occasionne pas une différence quelconque.

Pour toutes ces raisons, ce Projet adopte la méthode d'irrigation par gravité et par barrage à pompage en élevant le barrage à 9m.

## 2) Irrigation intermittente

La décision sur l'intervalle d'irrigation dépend de la longueur de la période pendant laquelle l'eau approvisionnée pour l'irrigation est stockée effectivement dans le domaine des racines, utilisée, absorbée et consommée par les plantes.

Selon le manuel de formation de FAO, les intervalles d'irrigation pour les grandes cultures sont présentés selon le type du sol et les conditions climatiques (Evapotranspiration référentielle ETo).

Le tableau suivant montre les jours d'intervalle pour les cultures prévues dans ce Projet. L'intervalle d'irrigation de cette étude est fixé à 6 jours en tenant en compte le sol et les conditions climatiques.

**Tableau 2.2.1.14 Prédiction des Horaires d'irrigation pour les grandes cultures pendant des périodes de pointe d'usage d'eau**

	Shallow and/or sandy soil			loamy soil			clayey soil		
	Interval (days)			Interval (days)			Interval (days)		
Climate	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Beans	6	4	3	8	6	4	10	7	5
Carrot	6	4	3	7	5	4	11	8	6
Coffee	9	6	5	13	9	7	16	11	8
Eggplant	6	4	3	8	6	4	10	7	5
Miaze	8	6	4	11	8	6	14	10	7
Tomato	6	4	3	8	6	4	10	7	5

Climate A; ETo=4~5

Climate B; ETo=6~7

Climate C; ETo=8~9

Source : FAO Training manual No.4; Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling

## 2-2-1-2 Plan d'exploitation agricole du terrain

### 2-2-1-2-1 Analyse du terrain

Voici les résultats obtenus à travers l'analyse du terrain :

- Le sous-sol dans la zone de captage est composé en grande partie par le sol argileux qui prend son origine dans le schiste argileux hautement altéré où les digues en grès ou les couches alternatives des schiste-grès apparaissent rarement.
- Les sols sont classifiés en 5 types.
  - i) Sol brun rougeâtre (argile sableuse, non-organique) issu de la latérisation du sol provenant du schiste argileux hautement altéré,
  - ii) Sol brun foncé (argile sableuse, organique) issu de la culture du sol brun rougeâtre mentionné ci-dessus,
  - iii) Sol jaunâtre ou sol gris jaunâtre qui a pris son origine dans le schiste argileux hautement altéré et qui n'a pas connu une latérisation ressemble moitié consolidé sans avoir été cultivé et devient moins organique après avoir été cultivé,
  - iv) Le sol gris jaunâtre emmené qui se dépose autour de l'embouchure des grandes branches des vallées et qui est composé du sable est surtout le produit d'une certaine quantité d'argile emportée par l'eau ; et
  - v) Le sol gris foncé qui prend son origine dans le grès hautement altéré ou quelquefois du mélange du grès hautement altéré et du schiste hautement altéré avec des graviers éparpillés ou entourés de rochers.
- Les zones suivantes manifestent des défis pour appliquer le façonnage du paysage réservé à l'agriculture.

Zone-A : Il s'agit d'une pente raide appelée Vallée Sèche située en amont, aux alentours de laquelle des rochers d'un diamètre égal ou supérieur à 30cm sont éparpillés. La couche du sol est mince à la surface du terrain et la couche du lit est si dure qu'une lame en fer d'une bêche se plie en la frappant contre la couche du lit qui peut contenir le minerai d'étain ou de tungstène.

Zone-B : Cette zone est composée d'une arête à l'embouchure d'une vallée à branches appelée Vallée à rive droite en aval; les affleurements de grès apparaissent partout sur la pente, ce qui donne lieu à croire qu'elle est composée d'une couche rocheuse de grès.

Zone-C : Cette zone s'étend de la pente en aval près de ladite crête jusqu'à la fin du plateau à la rive droite; les roches en grès d'un diamètre de 30cm ou plus, c.-à-d. la limaille des lisières de grès non-altérés, sont éparpillés partout suite à la formation géologique des couches alternatives de schistes-grès avec des tournants perpendiculaires qui résultent des plis. La plupart des pentes sont utilisées comme zone de boisement bien que quelques cultivateurs y cultivent dans le but de déraciner des roches de leurs terrains.

Zone-D : Cette zone est composée d'une crête en amont située à la mi-parcours de la vallée principale à l'embouchure d'une vallée à branches érodée sur le plateau gauche; les affleurements de grès sont éparpillés sur la surface de la pente. Du côté adjacent à cette arête du côté de l'amont, il y a un paysage à falaise occasionnée par la chute de glissement de terrain, une pente raide vers une pente douce des dépôts de glissement de terrain et des étangs à son pied.



Photo 2.2.1.1 Zone-A



Photo 2.2.1.2 Zone-B



Photo 2.2.1.3 Zone-C



Photo 2.2.1.4 Zone-D

## 2-2-1-2-2 Test des sols

### 1) Evaluation des résultats du test des sols

Les résultats du test des sols peuvent se résumer comme suit.

**Table 2.2.1.15 Résumé des résultats du test des sols**

Article	Résultat des tests et observations	Hypothèse sur les causes et le mécanisme	Influences sur la culture et les contre-mesures
pH(H <sub>2</sub> O) Coefficient de saturation de base	Tous les résultats du test mentionnent l'acidité en contraste avec la neutralité (pH=7). Le coefficient de saturation de base des cations du sol (minéraux de base) est petit.	Lavage des minéraux de base par infiltration verticale des eaux de pluie.	L'étendue analysée est toujours au niveau acceptable pour la culture. L'abaissement supplémentaire continue selon l'usage du terrain/de la culture, aboutissant souvent à la carence de certains éléments micro-nutritifs à cause de la faible solubilité de l'eau dans les milieux acides.
Carbone	Près de 30% des	Taux de décomposition des	Plus de 5% est souhaitable.

Article	Résultat des tests et observations	Hypothèse sur les causes et le mécanisme	Influences sur la culture et les contre-mesures
organique	échantillons analysés montrent un niveau très bas et près de 70% ont aussi un niveau bas; ceci suggère qu'il y a peu de matières organiques dans le sol.	matières organiques dans le sol plus rapide que le taux d'approvisionnement des débris de plante ou des engrais organiques comme la fumure. L'agriculture sur brulis	Dureté pour la culture, peu de capacité de rétention d'eau, de minéraux et d'autres éléments nutritifs des plantes suite à la faible formation des agrégats du sol.
Azote total	Tous les échantillons présentent un très bas niveau inférieur à 0,5%.	La teneur en azote dans le sol tend à accroître avec la teneur des matières organiques. La cause de son bas niveau est la même pour la faible teneur en carbone organique.	L'un des plus importants éléments nutritifs des plantes/cultures ; il est souhaitable que les sols arables puissent contenir environ 2%.
Phosphore disponible	La teneur est aussi faible que 3-5ppm en général. Certains échantillons présentent d'une façon spécifique une teneur faible de 2ppm et les autres un niveau moyen de 5-7ppm.	La variation des valeurs peut résulter de la fertilisation et de l'influence de l'absorption des cultures cultivées.	Un niveau acceptable pour la culture. La fertilisation supplémentaire est requise pour la production des grains et haricots de haute qualité.
Teneur en Ca	La teneur est aussi faible que 1,7-2,5mg/100g.	Lavage des minéraux de base par infiltration verticale des eaux de pluie. Manque de décomposition des débris de plantes et des urines du bétail/excréments animaux.	La teneur de plus de 5mg/100g est souhaitable ; actuellement, le niveau est le plus bas. La faible teneur en calcium aboutit à la faible teneur en phosphore.
Teneur en K	La teneur est aussi faible qu'environ 0,1-0,2mg/100g.	Lavage des minéraux de base par infiltration verticale des eaux de pluie. Manque de décomposition des débris de plantes et des urines du bétail/excréments animaux.	La faible teneur en potassium peut affecter le rendement des cultures qui absorbent beaucoup de potassium comme patate douce, pomme de terre, arachide et maïs.
Capacité d'échange de Cation (CEC)	La teneur est aussi faible qu'environ 9,0-13,0mg/100g.	Sol d'origine latéritique.	Son niveau est acceptable pour les cultures. Plus de 15,0mg/100g sont souhaitables.
Texture du sol	½ d'échantillons ont une texture en argile C, 30% d'eux ont un terreau argileux (CL) et le reste (20%) appartient au terreau argileux limoneux, terreau argileux sableux et argile limoneux.	Le sol fin est reflété par la texture du sol produite par l'altération de la roche-mère pendant l'Ere mézoïque et protérozoïque.	Structure du sol favorable pour la culture, bien que cela puisse aboutir à la dureté du labour pendant la saison sèche en cas de texture argileuse. Certaines mesures d'irrigations incombent.

## 2) Problèmes et contre-mesures sur l'agriculture et sur l'aménagement du terrain sur de tels types de sol

### (1) Problèmes et contre-mesures pour l'agriculture durable sur de tels sols

Pour le sol de type pH, il n'y a pas de mesures particulières à appliquer pour le moment. Cependant, s'il s'agit d'une agriculture intensive sur ces sols, il faut recommander la rectification de la réaction du sol par l'aspersion de la chaux ( $\text{CaCO}_3$ ) à la dose de 1 tonne de la chaux/ha pour élever le pH par 0,1 jusqu'à ce que le Ph du sol atteigne pH 6,5. Si le pH dans le sol est de 5,2, l'application de 13 tonnes

de chaux par hectare est requise.

Quant aux mesures d'amélioration de la rétention des éléments nutritifs des plantes dans les sols arables, des méthodes variées peuvent être choisies selon la disponibilité des ressources: les mesures directes peuvent inclure le dressage du sol de surface arable avec des sols humides rarement utilisés ou sous-utilisés riches en humus ou des sols marécageux, etc. pour les enrichir en humus et en phosphate disponible. L'amélioration du sol par fertilisation est particulièrement efficace pour améliorer les sols latéritiques et les sols qui prennent leur origine dans la latérite parce qu'ils possèdent peu de capacité d'échange des Cations (CEC) en d'autres termes, une faible capacité de rétention des éléments nutritifs. L'aluminium actif contenu dans les sols latéritiques rouges exerce un effet nuisible aux rendements des cultures à travers la fixation de l'acide phosphorique et du potassium en les convertissant en une forme non-disponible jusqu'au système de racines des cultures. Par conséquent, il est recommandé d'effectuer l'amélioration du sol.

De plus, pour des mesures visant la rétention de l'eau dans le sol, l'augmentation des doses de fumier dans les champs ou l'approvisionnement et l'application du compost combinés avec la culture avec des micro-eaux à travers les travaux de terrassement semble efficace. Pour enrichir et améliorer la fertilité des sols, l'introduction de l'agroforesterie dans les parcelles cultivées et le bandage des champs avec les herbes le long des lignes de contour sont dans la plupart des cas utiles. La préparation et l'application du compost peuvent être la méthode la moins chère d'amélioration des sols déficitaires en minéraux et en humus puisque la décomposition des matières organiques (carbone) est rapide dans de tels sols sous un climat tropical.

La végétation naturelle disponible comme matière de compost n'est pas actuellement disponible aux alentours du site du Projet. Comme les gens ne sont pas autorisés d'exploiter le marais à présent, le papyrus qui est une plante native du marais près du lac dans la zone en aval peut avoir un potentiel de matériel du compost constituant ainsi l'une des possibilités.

Pour ce qui est de l'approvisionnement en azote, l'introduction de l'agroforesterie devient efficace pour la fixation de l'azote dans les espèces d'arbustes légumineux. Aussi, les herbes grandissantes des espèces de légumineux agro-sylvicoles peuvent être récoltées et incorporées dans le compost. Dans la région où les troupeaux de chèvres/moutons broutent, c'est le meilleur moyen d'utiliser des espèces qui ne broutent pas, sinon elles seront endommagées par le broutage avant de grandir.

## **(2) Problèmes et contre-mesures pour lutter contre l'érosion du sol ou la minimiser**

L'érosion causée par les précipitations (les précipitations annuelles sont environ 1.000mm) n'est pas remarquable comme au Japon (les précipitations annuelles sont presque 2.000mm). Les affleurements ne se trouvent pas dans les vallées. L'érosion à ravines sur des routes non-pavées est aussi rare. Cependant, le sol cultivé d'un champ rizicole dans la vallée est composée de dépôts emmenés et le mauvais fonctionnement survient dans certains canaux à cause de ces dépôts. Le résultat de cette analyse montre que les sols cultivés des versants de colline ont moins de matières organiques parce que les éléments nutritifs du sol ont été emportés par l'écoulement superficiel de pluie sur le sol. Ainsi, toutes les contre-mesures pour carrer l'érosion du sol et l'écoulement des éléments nutritifs du sol s'avèrent nécessaires. La gestion des travaux de terrassement dans ce Projet agricole est une mesure de conservation adéquate.

## **(3) Relations entre les caractéristiques géologiques, le sol et les techniques culturales**

Presque tout le sol de surface dans la zone du Projet est composé d'argile sableuse altérée à partir du schiste. Même s'il peut se classer en deux catégories selon qu'il est produit par la latérisation ou non, et se subdiviser en deux selon qu'il possède beaucoup ou peu de matières nutritives pendant la culture, la tendance remarquable ne peut pas se faire voir suite au manque des matières nutritives dans son

ensemble. Le fait que la latérisation du sol a de faibles quantités de matières carboniques, le phosphore disponible et les ions de Ca doivent être en quantité remarquable. L'amélioration du sol doit être incluse dans la planification agricole car le sol principal dans cette zone du Projet consiste en latérite.

### 2-2-1-2-3 Politique de l'étude sur les travaux de terrassement

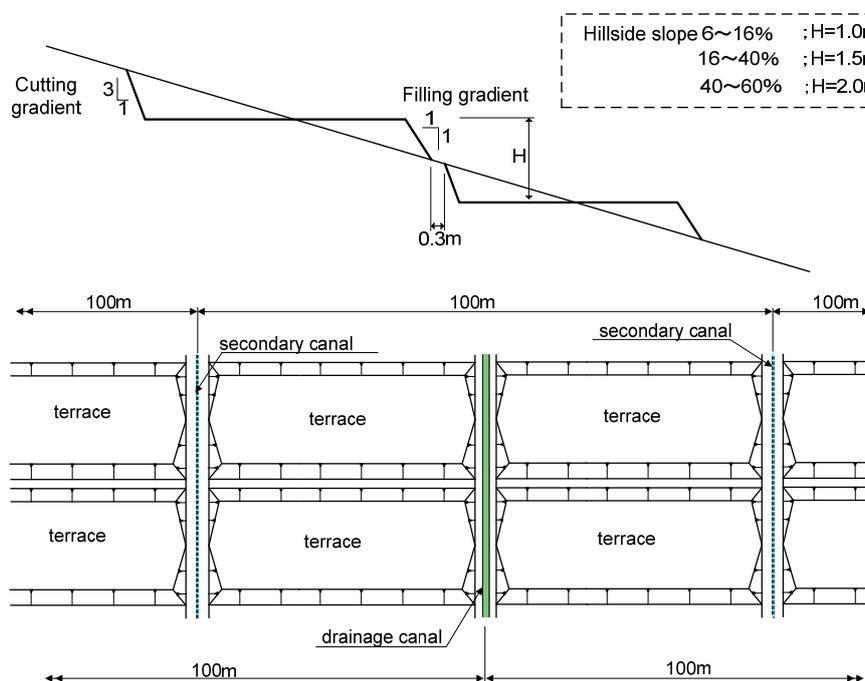
L'agriculture constitue un projet de conservation des sols arpentés qui intègre le nivellement des champs par les travaux de terrassement, l'amélioration du sol par l'hydroxyde de calcium et le compost, les contre-mesures pour le glissement des terres par la plantation des herbes ou des arbres, les travaux de drainage pour l'eau turbide en construisant les égouts de prise.

Le domaine d'étude pour les travaux agricoles peut se subdiviser en quatre catégories suivantes:

- i) Aire de captage de l'eau du réservoir
- ii) Zone de captage de limon où les herbes ou les arbres seront plantés autour du réservoir
- iii) Captage de la zone de commande
- iv) Zone de commande

La construction des canaux secondaires de tuyaux PVC  $\phi$  50 et du canal de drainage (B=300mm) est prévue à des intervalles de 100m le long de la direction de la pente du versant de colline. Les terrassements seront construits indépendamment de ces structures.

La structure des travaux de terrassement est présentée ci-dessous et se base sur les normes de contrôle du plan et de la construction agricoles établies par Dr. Azene.



**Figure 2.2.1.9 Structure de base des travaux de terrassement**

## 2-2-1-3 Installation de réservoirs

## 2-2-1-3-1 Barrage

## 1) Résultats de tests des sols effectués en laboratoire

Des essais physiques du sol de six échantillons ont été réalisés en 2009 ainsi que des essais physiques et mécaniques du sol de 4 échantillons (un essai de compactage standard de 4 échantillons et un essai de cisaillement direct à deux échantillons) ont été réalisés lors de cette enquête préparatoire. Les résultats de ces essais sont présentés ci-après.

Tableau 2.2.1.16 Synthèse d'essais physiques du sol

Sample Name	F.M.C. (%)	Specific Gravity		Atterberg Limits			Particle Size Distribution		
		LL(%)	PL(%)	PI(%)	Clay	Silt	Sand	Gravel	
Sand & gravel					1.2		34.1	64.7	
Sand					5.9		94.1		
TP-1	13.3	2.21	43.9	22.7	21.2	81.0	3.8	6.4	
TP-2	11.2	2.16	39.7	21.2	18.5	75.2	2.9	11.0	
TP-3	12.2	2.22	38.4	24.3	14.1	66.0	3.7	17.3	
TP-4	11.0	2.13	31.1	21.9	9.2	74.5	3.4	6.4	
Test results in 2009									
A(0.2~1.5m)	9.6	2.65	40.9	19.2	21.7	32.0	46.0	2.0	
A(1.5~3.5m)	10.4	2.66	58.6	28.7	29.9	18.0	68.4	1.0	
A(3.5~5.0m)	11.6	2.70	55.6	27.9	27.7	28.0	56.2	2.0	
B(0.2~1.0m)	7.6	2.65	57.9	27.5	30.4	23.5	64.9	6.1	
B(1.0~3.5m)	9.6	2.63	44.7	22.8	21.9	16.5	30.9	32.0	
B(3.5~5.0m)	6.8	2.70	38.4	17.6	20.8	18.4	52.0	13.0	

Tableau 2.2.1.17 Synthèse d'essais mécaniques du sol

Sample Name	Standard Compaction		Permeability Test		Direct Shear Test			Consolidation Test						
	$O_{\max}$	$\rho_{d\max}$	Specimen Condition	Result	Specimen Condition	Result	Specimen Condition	Result	Specimen Condition	% of Settlement				
	M.C.(%)	$\rho_d(t/m^3)$	M.C.(%)	k (m/sec)	$\rho_d(t/m^3)$	M.C.(%)	C(KN/m <sup>2</sup> )	$\phi(^{\circ})$	$\rho_d(t/m^3)$	M.C.(%)	50 <sup>hPs</sup>	100 <sup>hPs</sup>	200 <sup>hPs</sup>	400 <sup>hPs</sup>
Sand & gravel	8.3	2.00	8.3	3.92E-05										
TP-1	19.4	1.68	19.4	2.59E-08	1.69 <sup>D-100</sup>	20.0	43.19	25.49	1.69 <sup>D-100</sup>	20.0	1.78	2.72	4.00	4.73
			19.4	6.32E-08	1.61 <sup>D-95</sup>	20.0	40.05	24.36	1.61 <sup>D-95</sup>	20.0	1.33	2.69	4.28	6.29
			19.4	2.11E-07										
TP-2	18.1	1.71												
TP-3	14.8	1.78	14.8	1.04E-07										
			14.8	5.69E-08	1.63 <sup>D-91</sup>	22.0	33.82	27.12	1.63 <sup>D-91</sup>	22.0	1.00	1.55	3.02	4.70
			14.8	2.36E-07	1.52 <sup>D-85</sup>	22.0	32.48	26.18	1.55 <sup>D-87</sup>	22.0	1.88	3.61	4.49	6.68
TP-4	14.3	1.81												

## 2) Type de barrage

Le type homogène est adopté comme le type le plus adéquat du corps du barrage pour les raisons suivantes.

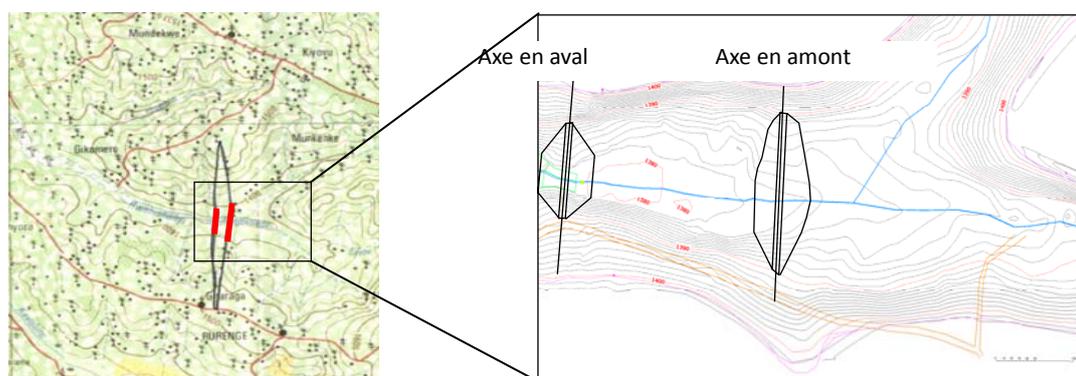
- Le barrage du type de remplissage devrait être adopté comme le corps du barrage construit sur le sol mou composé de fondation de terre en raison de la stabilité et de l'économie.
- Le traitement des fondations pour réduire la quantité de percolation est effectué par la méthode de tapis parce que la méthode d'injection habituelle injectant le lait de ciment dans les fissures de la roche ne peut pas être appliquée à des fondations de terre, alors que la grande base du corps de barrage homogène peut contribuer à l'augmentation de la longueur de fuite et diminuer la longueur du tapis horizontal.
- Les matériaux de terre dont la qualité et la quantité bonnes et suffisantes peuvent être obtenus à partir de la zone d'emprunt à proximité du site du barrage.
- La hauteur du barrage est inférieure à 15m, ce qui assure la stabilité du remblai construit de manière adéquate et demande la composition structurelle simple, à savoir le type homogène plutôt que le type zoné, en raison de la faisabilité.

## 3) Axe du barrage

Les cas suivants d'emplacement de l'axe du barrage, l'axe en aval et l'axe en amont, s'avèreraient adéquats dans ce site du barrage. Ici, l'axe en aval est adopté sur la base des résultats de comparaison suivants, dont l'avantage est la capacité de stocker une quantité d'eau plus importante dans le réservoir par le volume inférieur du remblai.

**Tableau 2.2.1.18 Comparaison sur l'emplacement de l'axe du barrage**

Désignation	Axe du barrage en amont	Axe du barrage en aval
Bassin versant	8,68 km <sup>2</sup>	8,8 km <sup>2</sup>
Capacité du réservoir	400.000m <sup>3</sup>	600.000m <sup>3</sup>
Hauteur de la crête du barrage	EL.1390m (faire la comparaison dans les mêmes conditions)	
Longueur de la crête du barrage	225m	145m
Volume du remblai	37.000m <sup>3</sup>	30.000m <sup>3</sup>
Hauteur du barrage	10,0m	11,5m

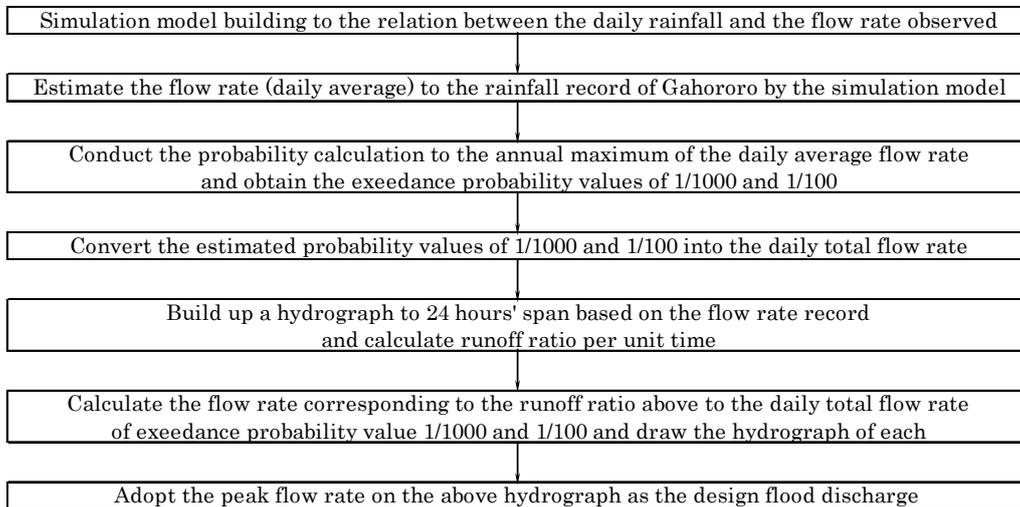


**Figure 2.2.1.10 Carte d'emplacement des axes du barrage**

## 4) Évacuation des crues nominales

### (1) Méthodologie

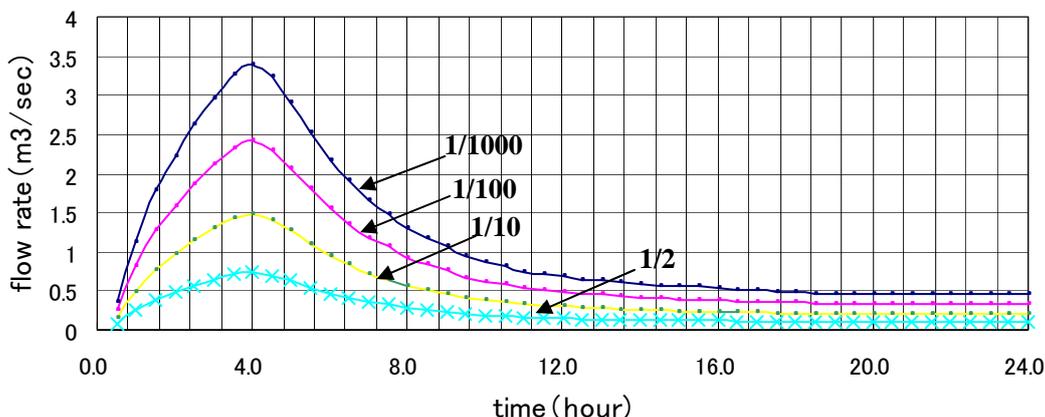
Au site de Ngoma22, les données de précipitation et du débit des rivières pendant une année et demi observée par un expert de JICA, l'ancien conseiller agricole du MINAGRI, sont disponibles pour l'étude de l'évacuation des crues au site du barrage. Il y a la station météorologique de Gahororo se trouvant tout près qui fournit les données de précipitation quotidiennes à partir de 1960 à 1993. Sur la base des données enregistrées, l'évacuation des crues nominale doit être étudiée et estimée par les étapes suivantes.



## (2) Estimation d'évacuation des crues nominale

A Ngoma22, la surface du réservoir à son niveau de l'eau pleine est faible par rapport au bassin versant et la période de concentration d'inondation est courte. Ainsi, la fonction de stockage du réservoir n'est pas prise en compte dans l'estimation de l'évacuation des crues nominales. En d'autres termes, l'effet de l'eau stockée lorsqu'elle est évacuée par le déversoir lors de la crue s'écoulant dans le réservoir n'est pas pris en compte, et le pic d'écoulement est supposé atteindre le déversoir immédiatement au plein niveau d'eau du réservoir. Les valeurs suivantes sont adoptées comme l'évacuation des crues nominales par la lecture de la valeur de crête de la courbe de ruissellement de chaque crue de probabilité comme indiqué sur Fig 2.2.1.11.

- Évacuation des crues nominales avec 1/1000 de probabilité appliquée au canal de déversoir :  $Q=3,4 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Évacuation des crues nominale avec 1/100 de probabilité appliquée au canal de déversoir :  $Q=2,45 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Évacuation des crues avec 1/10 de probabilité appliquée à la rivière en aval :  $Q=1,5 \text{ m}^3/\text{sec}$



**Figure 2.2.1.11 Ruissellement prévu des crues probables**

## 5) Sédimentation dans le réservoir

Ci-après sont reprises les caractéristiques hydrogéologiques et environnementales liées aux phénomènes de sédimentation dans le bassin versant du réservoir de Ngoma22.

- La surface du sol est recouverte d'une couche d'argile sableuse mesurant jusqu'à près de 10 m ou plus dans le bassin versant du réservoir de Ngoma22. Cette argile sableuse est principalement composée de fines particules, c'est-à-dire le limon et argile, comptant près de 80% en poids sec. Néanmoins, cette couche est très perméable dans des conditions in-situ de sorte qu'une grande partie de la chute de pluie est absorbée dans la terre.
- La condition hydrogéologique mentionnée ci-dessus rend le rapport de ruissellement faible, rarement de ne pas apparaître sur la surface de la pente, et des affleurements de ne pas apparaître au fond des vallées sur les pentes des collines.
- Les pentes de collines y compris les terres agricoles sont recouvertes de végétation verte dans la saison des pluies.
- L'eau du fleuve ne devient pas boueux mais opaque et brun clair jaunâtre sous de fortes averses.

Il est adéquat d'examiner l'action érosive de l'eau de pluie pour être basse pour que la plus petite valeur de sédimentation soit adoptée parmi celles qui sont estimées en utilisant les formules proposées comme suit.

Sédiments :  $Q_{sd} = D \cdot A \cdot Y$

D : Apport solide (Taux de sédiment spécifique, dégradation spécifique) en  $m^3/km^2$  par an

A : Bassin versant :  $A = 8,8 km^2$

Y : Années durable du réservoir, 50 ans généralement applicable au Rwanda.

- Grésillons (France) :  $D = 700(P/500)^{-0.22} \cdot A^{-0.1}$  (P: Précipitation annuelle)  
 $= 700 \cdot (1112/500)^{-0.22} \cdot 8.8^{-0.1} = 472,3 m^3/km^2/an$

- Gottshalk (USA) :  $D = 260 \cdot A^{-0.1} = 260 \times 8.8^{-0.1} = 209,2 m^3/km^2/an$

- Puech (Afrique de l'Ouest) :  $50 < D < 200 m^3/km^2/an$   
 $D = 70 m^3/km^2/an$

Compte tenu de ces valeurs d'apports solides, les volumes de sédimentation sont estimés comme suit.

Équation/Méthode	Valeur évaluée	Valeur adoptée
Grésillons	208.000 $m^3$	30.000 $m^3$
Gottshalk	92.000 $m^3$	
Puech	30.000 $m^3$	

30.000  $m^3$  est adoptée comme la sédimentation de la conception et de niveau de la sédimentation de la conception devient EL 1382,0 mètres en fonction du niveau de l'eau et de la relation de volume de stockage indiquée à la figure 2.2.1.7 dans la section précédente.

## 6) Revanche de la crête du barrage

La revanche de la crête du barrage est déterminée par la formule suivante.

-  $h_2 = 0,05 \cdot H_2 + 1,0$  (dans le cas de « R » étant inférieure ou égale à 1,0m ( $R \leq 1,0m$ ))

-  $h_2 = 0,05 \cdot H_2 + R$  (dans le cas de « R » étant plus grande que 1,0 m ( $R > 1,0m$ ))

« R » est la hauteur de la vague qui inclut la hauteur du clapotis des vagues sur la pente, et en général est estimé par le schéma suivant. Le Rwanda est situé dans la zone équatoriale calme de sorte que la vitesse moyenne du vent ne dépasse pas 10m/sec comme indiqué ci-dessous la fiche d'observation à Kigali. Par conséquent, « R » est considéré comme moins de 1,0 m à 900 m de la distance de rive et le franc-bord est estimé à 1,1 million comme suit.

$$\begin{aligned}
 -h_2 &= 0,05 \cdot H_2 + 1,0 \\
 &= 0,005 \times \{ \text{EL.1392,3m H.W.L.} - (\text{Fondation EL.1380m} - \text{Excavation 1,5m}) \} + 1,0\text{m} \\
 &= 1,07\text{m} \\
 &= 1,1\text{m}
 \end{aligned}$$

Fréquence de la vitesse et direction du vent à Kigali (%) (Nombre de données : 8.056)

SPEED (m/s)	DIRECTION								TOT-V
	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	
1-2	5.6	5.2	4.8	9.2	2.2	2.7	4.9	6.9	41.6
3-5	4.3	4.3	2.8	4.6	.7	.5	1.1	4.0	22.2
6-7	.3	.4	.1	.1	.0	.1	.1	.3	1.3
8-10	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2
> 10	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

## 7) Conception du traitement des fondations contre la percolation

### (1) Méthode de traitement des fondations

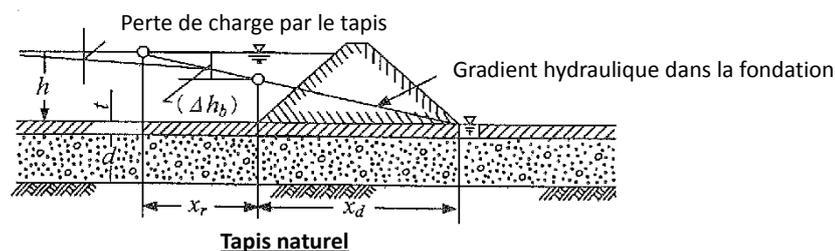
La fondation du corps de barrage est composé de la couche de terre supérieure perméable ~ semi-perméable et la couche inférieure de roche altérée semi- perméable Dans la construction du barrage, les travaux de traitement de la fondation sont généralement fournis pour réduire la fuite à travers la fondation, en d'autres termes d'assurer la fonction de stockage du réservoir.

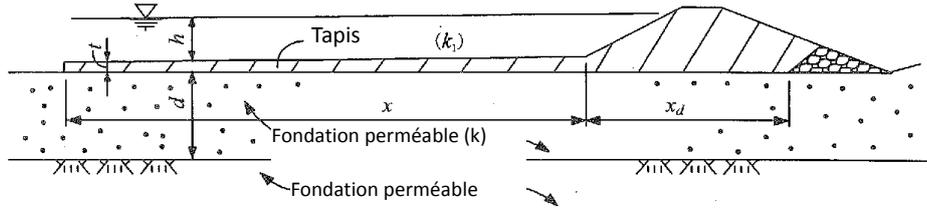
Dans la méthode de traitement, la méthode d'injection et la méthode de tapis sont communes. La première méthode est la méthode technologique où des fissures dans une formation rocheuse sont étouffées par le lait de ciment injecté à travers la paroi du trou de forage, l'étanchéité consécutive de la fondation peut réduire la quantité de fuite. Celle-ci est constituée d'œuvres de terre du tapis horizontal, qui est relié au remblai imperméable, augmente la longueur du trajet des eaux de percolation et diminue la quantité de gradient hydraulique et par conséquent la quantité de fuite.

Dans le cas de Ngoma22, la méthode d'injection ne peut pas être appliquée en raison de la fondation qui est composé de terre à la formation de la roche très altérés et qui n'a pas de fissures/salle pour le lait de ciment à injecter. La méthode du tapis est la seule méthode applicable pour le traitement de la fondation du barrage de Ngoma22.

### (2) Équations de base

$$q_f = \frac{k \cdot h \cdot d}{x_r + x_d} \quad x_r = \frac{e^{2ax} - 1}{a(e^{2ax} + 1)} \quad a = \sqrt{\frac{k_1}{t \cdot k \cdot d}}$$





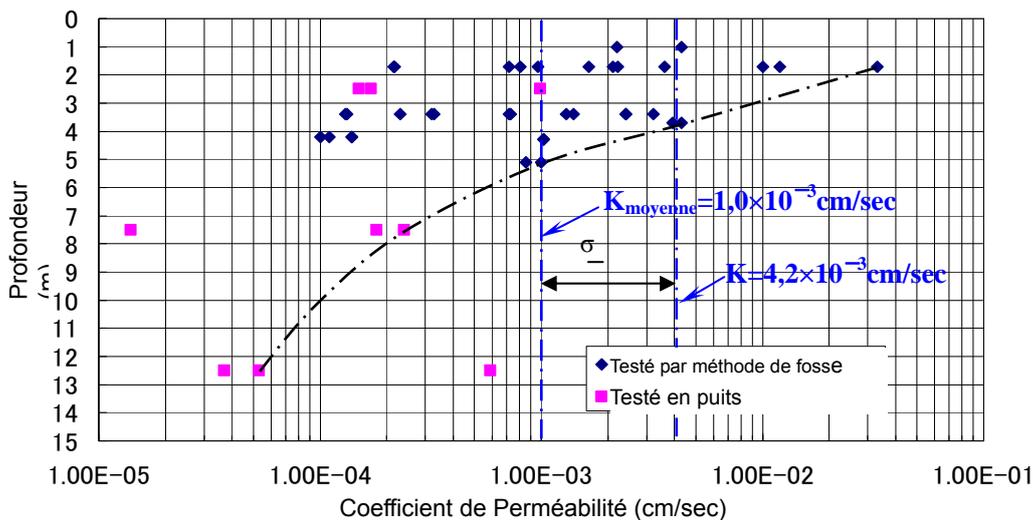
**Figure 2.2.1.12 Composant pour l'étude de la structure du tapis**

Ici,

- qf :Quantité de percolation à travers la couche de fondation (m<sup>3</sup>/sec)
- h :Différentielle entre le niveau d'eau du réservoir et le niveau d'eau en aval (m)
- xr :Longueur de percolation efficace (m)
- xd :Longueur de fond du corps du barrage (m)
- x :Longueur requise du tapis (m)
- k :Coefficient de perméabilité de la couche de fondation (m/sec)
- k<sub>1</sub> :Coefficient de perméabilité du tapis et du corps du barrage (m/sec)
- t :Épaisseur du tapis ( m )
- d :Épaisseur de la couche de fondation (m)

**(3) Coefficient de perméabilité de la fondation**

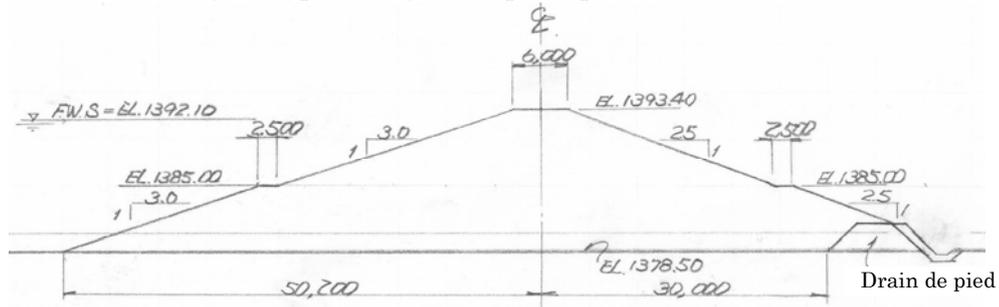
Fig 2.2.1.13 sont les résultats des essais de perméabilité en place par la méthode de la fosse menées en 2012 et 2013 et les essais de perméabilité des forages réalisés par cette enquête préparatoire. Sur la figure 2.2.1.13 la limite de coefficient de perméabilité est établie à la profondeur de 10m. Le coefficient de perméabilité de la couche supérieure est estimé à  $K=4,2 \times 10^{-3}$  cm adoptant la valeur supplémentaire de moyenne et écart type du point de vue de la marge La couche inférieure est considérée comme étant étanche avec le coefficient de perméabilité inférieur à  $K=1,0 \times 10^{-4}$  cm/sec par rapport à la couche supérieure de telle sorte que la couche inférieure n'est pas comptée comme la fondation à travers laquelle la percolation se produit. L'épaisseur de la couche de fondation est de 8,5 m lorsque l'on considère la profondeur de 1,5 m d'excavation.



**Figure 2.2.1.13 Résultats d'essais de perméabilité en place**

**(4) Profil en travers du corps du barrage prévu**

Le profil en travers du barrage de type homogène est prévu pour l'étude.



**(5) Calcul d'essai et l'adoption de la longueur du tapis "x"**

Pour les cas de l'épaisseur du tapis: 1,0m, 1,5m, 2,0m, 2,5m, la quantité de percolation "qf" est calculé à la valeur donnée de "x " par les anciennes équations de base. Le résultat calculé est résumée sur Fig 2.2.1.14.

Ici, la quantité de fuite admissible est fixée à 0,05 % de la capacité totale du réservoir par jour. Ensuite, la quantité admissible est calculée sur 480m<sup>3</sup>/jour (= 960.000m<sup>3</sup>×0,05/100)

En vérifiant que le résultat du calcul, il est précisé que 1,5 m de l'épaisseur du tapis et 30m de la longueur du tapis peut satisfaire la limite permise.

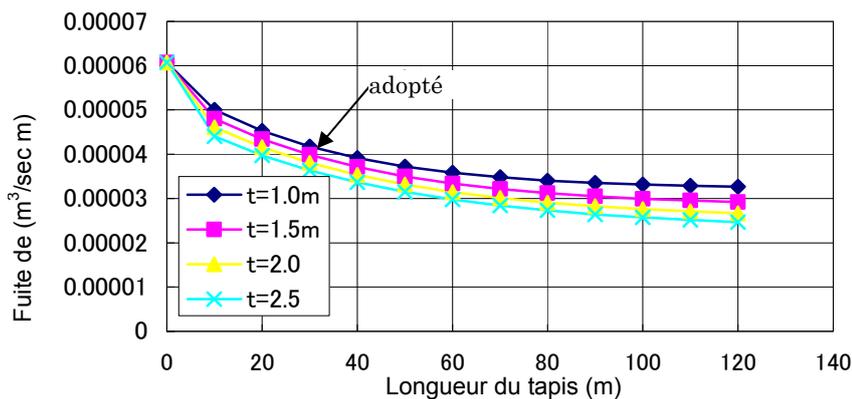
La quantité de fuite par mètre de ces dimensions est la suivante.

$$qf = 3,98 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec} = 3,98 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec} \times 86.400 \text{ sec/jour} = 3,44 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Lorsque la quantité de fuite tout à travers la longueur longitudinale de la crête du barrage est prise en compte, la quantité totale de la fuite par jour est estimée à 325,9m<sup>3</sup> / jour, qui est inférieure à celle permise.

$$Q = 3,44 \text{ m}^3/(\text{jour} \cdot \text{m}) \times 22 \text{ m} + (1/2) \times (167,5 \text{ m} - 22 \text{ m}) \times 3,44 \text{ m}^3/(\text{jour} \cdot \text{m})$$

$$= 325,9 \text{ m}^3/\text{jour} < 485 \text{ m}^3/\text{jour}$$



**Figure 2.2.1.14 Longueur du Tapis et Quantité de fuite**

**(6) Analyse de percolation par la méthode des éléments finis**

Ici, l'analyse de percolation par la méthode des éléments finis doit être effectuée pour confirmer l'effet suppressif de percolation du traitement de fondation par la combinaison du corps de barrage homogène et un tapis horizontal et la sécurité de la fondation contre une défaillance de percolation.

Fig 2.2.1.15 d'illustration de modèle d'analyse, où le débit des eaux de percolation est capturé par les

drains colorés en rouge, indique les zones en coefficient de perméabilité et de la distribution des vecteurs de vitesse obtenue par l'analyse. Le débit de percolation dans le corps du barrage et la fondation se concentre dans la couche de fondation supérieure et est recueillie efficacement dans le drain de pieds à l'aide de la tranchée imperméable et le remblai au pied de la pente.  $1,0 \times 10^{-3}$  cm/sec est la vitesse maximale d'écoulement des eaux de percolation au fond de drain de pied. Pour cela, le gradient hydraulique:  $i=v/k=(1,0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec})/(4,2 \times 10^{-3} \text{ cm/sec})=0,24$ . La valeur de 0,24 est estimée avoir une grande marge pour le gradient hydraulique critique qui est définie comme le rapport de « poids sous l'eau de l'unité de sol » et « unité de poids de l'eau » de sorte qu'il n'y a aucune possibilité du phénomène de canalisation provenant du point de suintement.

La quantité de fuite est estimée en additionnant la quantité suintante de chaque élément. Une grande majorité de la somme est concentrée sur deux éléments avec trois nœuds, No.419, No.420 et No.421, et compte être  $0,00004 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$  ( $=3,46 \text{ m}^3/\text{jour}/\text{m}$ ), ce qui équivaut à  $3,44 \text{ m}^3/\text{jour}/\text{m}$  calculé selon les équations.

Bien que le montant total de fuite soit un peu plus grand que ce montant, on serait en mesure de dire que le traitement de base par la combinaison de corps du barrage homogène et des fonctions générales horizontales peut réduire la fuite et que la pertinence des détails de conception est confirmée.

## **8) Profil en travers typique du corps de barrage et du tapis de la pente**

### **1) Profil en travers typique du corps de barrage**

#### **a) Largeur de la crête**

La largeur de la crête du barrage est muni de 6m en tant que traitement de sécurité compte tenu de la hauteur du barrage supplémentaire n'étant pas si élevé et la surface de l'eau venant à proximité de la crête du barrage.

#### **b) Inclination de la pente**

La pente en amont et la pente en aval est muni d'une inclinaison de 1:3,0 et 1:2,5, respectivement, compte tenu de la stabilité du corps du barrage et la largeur du bas du remblai étant efficace pour réduire la quantité de percolation.

#### **c) Risberme**

Une risberme de 2,5 m de largeur est prévue à EL.1385.0m sur la pente en amont et la pente en aval du corps du barrage compte tenu de sa contribution aux travaux de la stabilité et de maintenance sur les remblais.

#### **d) Drain**

Un drain vertical, qui a 1,0 m de largeur et longitudinal en continu, est prévu dans le remblai en aval pour attraper l'écoulement des eaux de percolation vers l'aval et l'empêcher d'apparaître sur la pente en aval.

L'eau de percolation pris par le drain vertical est dirigée par le drain horizontal sur le drain de pied et des rejets à l'extérieur. Le drain horizontal est placé sur le lit de remblai imperméable pour rendre la longueur du trajet de percolation dans la fondation aussi longtemps que possible.

#### **e) Drain de pied et remblai de captage du barrage**

Le drain de pied est fourni en bac à laquelle la percolation par remblai et la fondation coule. Derrière le drain de pied, un remblai de captage du barrage avec une tranchée d'étanchéité est prévu pour attraper le flux de percolation autant que possible.

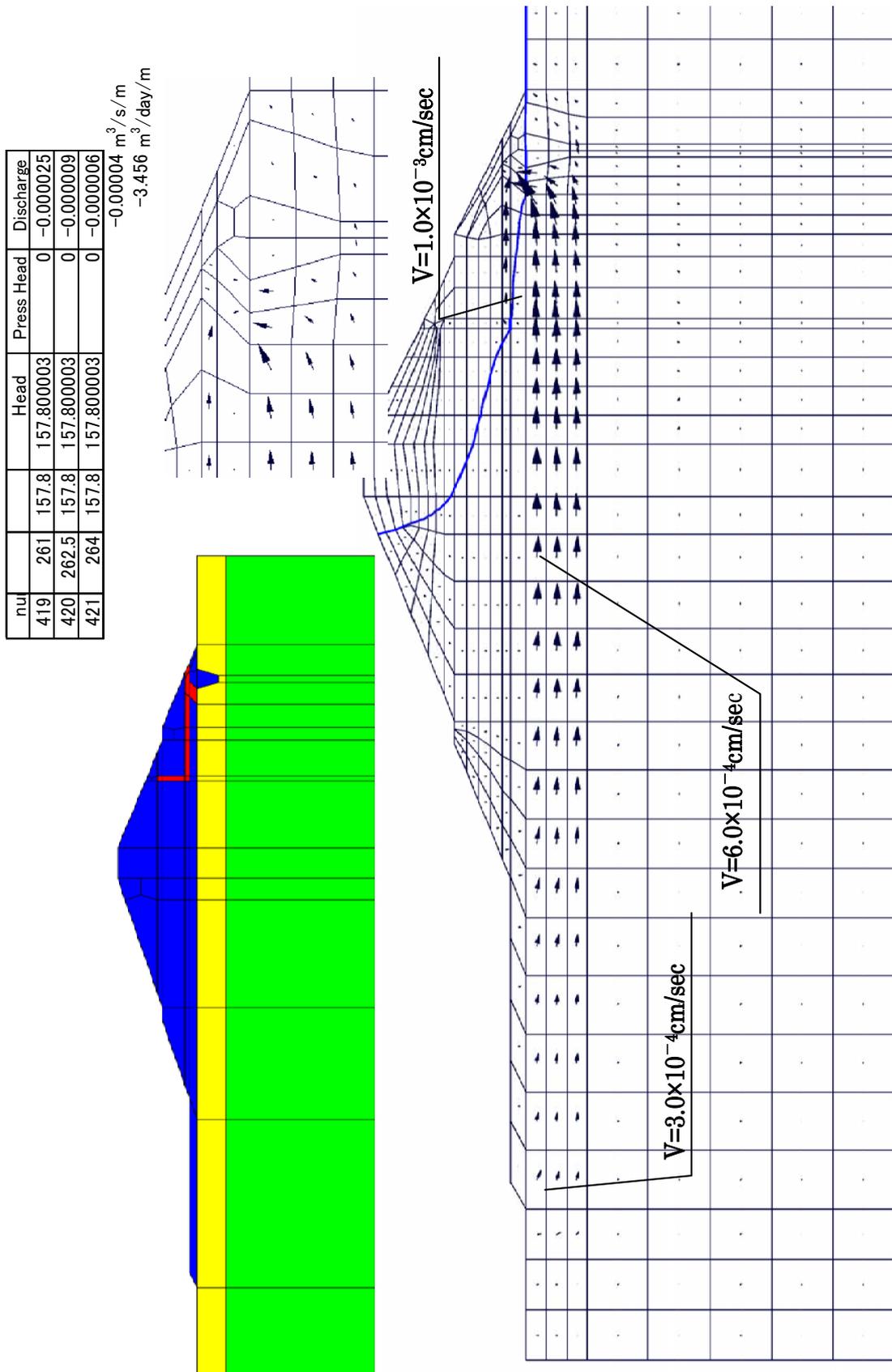


Figure 2.2.1.15 Résultat d'analyse de percolation (Modèle d'analyse et Distribution de vecteur de vitesse)

### **f) Protection de la pente**

La pente en amont est protégée par des travaux d'enrochement contre l'action érosive des vagues. La gamme de protection par les travaux d'enrochement est d'EL. 1388,50m (Niveau de basses eaux – 0,50m) sur EL. 1392,30m (Niveau de hautes eaux).

La pente en aval et le pied de la pente sont protégés par la plantation d'herbes contre l'action érosive de l'eau de pluie.

### **g) Protection de la crête du barrage**

La crête du barrage est protégée par le mélange sol-ciment compacté, 4m de largeur et 0,4 m de profondeur, contre l'action érosive de l'eau de pluie, les activités de fourmis creusant des trous dans le remblai et de la charge des roues des véhicules pour les travaux d'entretien. Ici, cette méthode d'amélioration sol-ciment est introduite en tenant compte du travail de protection qui doit être imperméables et de ne pas augmenter la hauteur du barrage.

Une rangée de bordures composées de roches en forme de cubes avec la taille de 40cm x 40cm x 60cm environ prévu à l'intervalle de 1,0m sont prévus au bord de la crête du barrage en amont et en aval respectivement pour empêcher les voitures de tomber de la crête

## **(2) Profil en travers typique du tapis de la pente**

### **a) Zone de couverture du tapis de la pente**

Les pentes des collines qui s'étendent sur les deux côtés au-delà du tapis horizontal, dont la longueur est estimée à 30 m dans la section précédente, doivent être couvertes du tapis de la pente pour empêcher l'eau de réservoir de s'infiltrer dans la fondation des deux côtés du tapis horizontal.

### **b) Pression de retour et la forme du profil en travers**

Les eaux souterraines dans les collines coulent en direction du pied de la pente ou de la nappe phréatique vers la rivière de la vallée avant que le réservoir ne soit rempli d'eau, et après que l'eau est stockée dans le réservoir, les eaux souterraines coulent en direction de la surface de l'eau dans le réservoir. Par conséquent, la nappe d'eau souterraine augmente remarquablement après que l'eau est stockée dans le réservoir.

Le tapis de la pente empêche l'eau du réservoir de s'infiltrer dans le sol du versant de la colline et empêche également les eaux souterraines de suinter du versant de la colline vers le côté du réservoir. Par cela, le tapis de la pente subit la pression de l'eau sur sa surface de contact provoquée par la nappe d'eau souterraine contenue dans les collines lors de la phase de baisser le niveau de l'eau du réservoir. Le tapis de la pente doit être conçu de manière à être protégé contre cette pression de retour comme le soulèvement ou la poussée du remblai vers l'avant de sa surface de contact.

Le tapis de la pente est conçu de manière à résister à cette pression de retour par son propre poids de remblai car le profil en travers comporte les dimensions suivantes qui empêchent le remblai d'avoir la zone d'épaisseur supérieure à 50% de la profondeur de l'eau à la position correspondante.

Excavation du sol ;

- Sapement de la pente dans la zone supérieure à EL.1381,50 :Inclinaison=1:2,4
- Risberme à EL.1381,50 :Largeur=3,5 m
- Sapement de la pente dans la zone inférieure à EL.1381,50 :Inclinaison=1:4,0

Forme du remblai du barrage;

- Largeur de la crête :W=4,0m

- La pente de remblai dans les zones supérieures à EL.1385,00 :Inclinaison=1:3,0
- Risberme à EL.1385,00 :Largeur=2,5m
- La pente de remblai dans les zones inférieures à EL.1385,00 :Inclinaison=1:5,0

## 9) Analyse de la stabilité du Corps du barrage

### (1) Méthodologie de l'analyse de la stabilité

#### a) Conception résistant au tremblement de terre par la force sismique statique

Le lac Kivu dans la partie nord du Rwanda est situé dans la Vallée du grand rift africain et les tremblements de terre se produisent de temps en temps au Rwanda, d'où la conception résistant au tremblement de terre sera utilisée sur le corps du barrage où la stabilité du corps du barrage est évaluée à une force du corps assumée par une accélération sismique agissant horizontalement sur le corps du barrage, la méthode appelée « méthode de l'intensité sismique statique ».

#### b) Analyse de la stabilité par la méthode du bloc en tranches du cercle glissant

Avec cette méthode, une surface de glissement est définie comme un arc circulaire à travers le corps du barrage, le bloc de sol sur la surface de glissement prévu est découpé en forme de peigne. La force de résistance au glissement et la force d'activation du glissement sont évaluées à la fin de chaque tranche, puis on calcule respectivement la somme des forces de résistance au glissement et les forces d'activation du glissement. Le coefficient de sécurité est défini comme étant la proportion du total des forces de résistance au glissement contre le total des forces d'activation du glissement en appliquant la formule suivante.

$$F_s = \frac{\Sigma\{c' \times l + (N - U - N_e) \times \tan \phi'\}}{\Sigma(T + T_e)}$$

Ici,

$F_s$  : Coefficient de sécurité

$c'$  : Cohésion du matériau à la partie inférieure de la tranche sur la surface de glissement

$\phi'$  : Angle de frottement interne du matériau au fond de la tranche sur la surface de glissement

$l$  : Longueur de la surface de glissement au fond de la tranche  $l = b / \cos \alpha$

$b$  : Largeur de la tranche

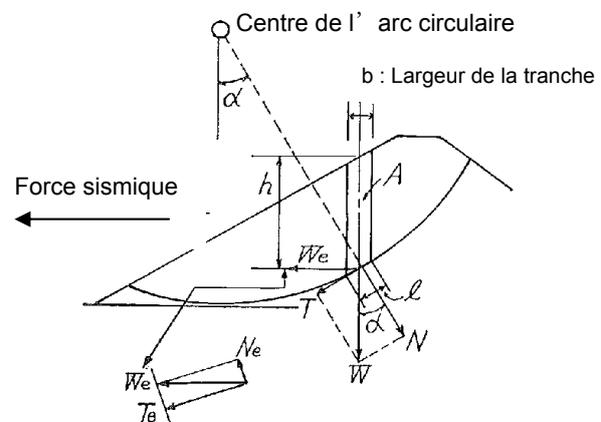
$N$  : Composante de la force verticale de la charge totale agissant sur le fond de la tranche

$T$  : Composante de la force tangentielle de la charge totale agissant sur le fond de la tranche

$N_e$  : Composante de la force verticale de la charge sismique agissant sur le fond de la tranche

$T_e$  : Composante de la force tangentielle de la charge sismique agissant sur le fond de la tranche

$U$  : Pression interstitielles agissant sur le fond de la tranche



#### c) Intensité sismique nominale

« La Carte d'aléas sismique du monde » estime que la partie Ouest du Rwanda, côté du lac Kivu, serait une zone d'« Aléa modéré » et que la partie Est serait une zone d'« Aléa faible ». Le site de

Ngoma22 est situé dans la dernière zone où l'accélération maximale dans 475 années, la probabilité de dépassement est estimée à  $0,8\text{m/sec}^2$ . Cette valeur est convertie en intensité sismique statique "k" de la manière suivante.

$$k = 0,8 \text{ m/sec}^2 / 9,8 \text{ m/sec}^2 = 0,08$$

#### d) Conditions d'analyse

Les conditions telles que la situation du corps du barrage et le réservoir, le coefficient de sécurité nécessaire, l'intensité sismique nominale 'K', etc. sont les suivantes.

Situation du réservoir		K	Condition de contrainte	Côté	Coefficient de sécurité
Juste après l'achèvement	—	50%	Contrainte totale	Amont/Aval	$1,20 \leq$
F.W.L.	EL.1392,0	100%	Contrainte effective	Amont/Aval	$1,20 \leq$
L.W.L.	EL.1389,0	100%	Contrainte effective	Amont	$1,20 \leq$
Rabattement rapide	EL.1392,0 → EL.1389,0	50%	Contrainte effective	Amont	$1,20 \leq$

#### g) Résultats de l'analyse de la stabilité

Lors des résultats d'analyse de la stabilité, la sécurité du corps de barrage contre la rupture du glissement au moment du tremblement de terre est confirmée par le coefficient de sécurité minimale qui est de 1,865 sur le côté en aval, juste après l'achèvement de la construction du barrage.

#### 10) Remblai supplémentaire pour le tassement

Le tassement de consolidation a lieu même pendant la période de construction. D'une façon empirique, on dira que le pourcentage du tassement reporté par rapport au tassement total est d'environ 35% ou plus. Dans ce projet, les travaux de remblai doivent cependant s'intensifier dans la saison sèche pour que le pourcentage de tassement reporté soit estimé à 80% et que la hauteur supplémentaire de remblai soit conçue pour mesurer 40 cm.

La hauteur supplémentaire de 40 cm est appliquée à la partie centrale longitudinalement et diminue progressivement vers l'appui.

#### 11) Conception du drain

Les matériaux de la zone de drain doivent remplir les conditions de gradation suivantes du point de vue des phénomènes de canalisations au moment de la percolation qui coule dans le drain du remblai imperméable et la capacité de drainage de l'eau prise par le drain pour être conduit et évacué à l'extérieur.

$$(1) \quad \frac{F_{15}}{B_{85}} < 5, \quad \frac{F_{15}}{B_{15}} > 5$$

Ici,

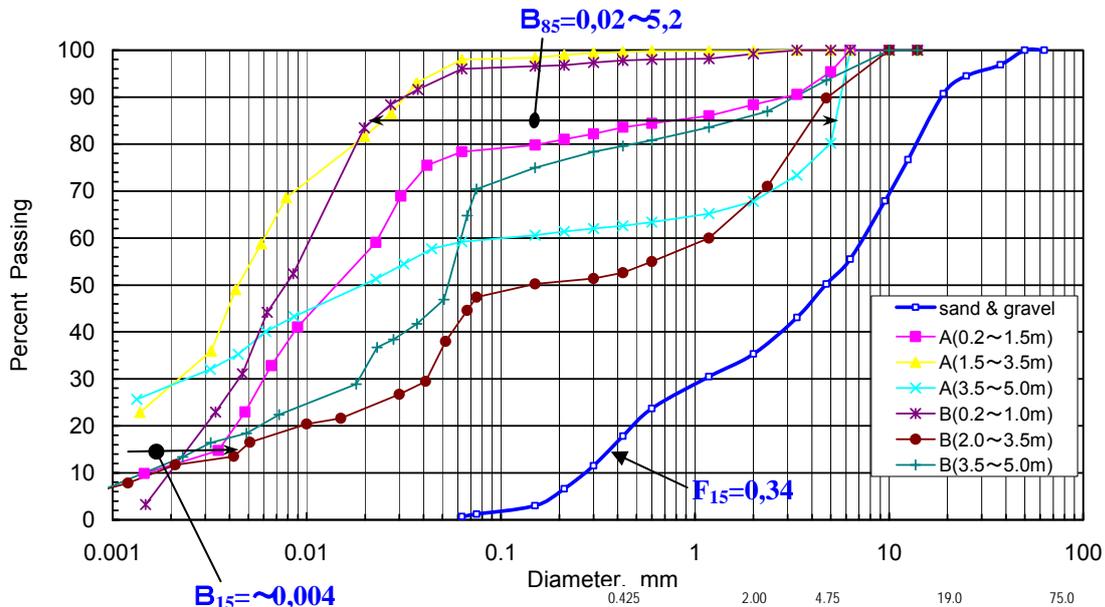
$F_{15}$  : Taille des grains du drain correspondant au pourcentage de passage de 15%

$B_{85}$  : Taille des grains du pourcentage de passage de 85% concernant la zone à travers laquelle la percolation coule dans le drain

$B_{15}$  : Taille des grains du pourcentage de passage de 15% concernant la zone à travers laquelle la percolation coule dans le drain

- (2) Les matériaux de drainage doivent être non-cohérents et le pourcentage de teneur de particules fines inférieur à 0,075 mm de la taille de grains doit être fondamentalement inférieur à 5%. Les courbes de distribution de taille de particule à la fois du matériel de drainage et le matériel de la zone en face du drainage doivent être parallèles.

Bien que les matériaux du sable et gravier recueillis auprès de Rwinkwavu soient considérés comme appropriés pour le matériel de drainage, la compatibilité des conditions ci-dessus sera confirmée comme suit.



**Figure 2.2.1.16 Balance de gradation entre le sable et le gravier et des matériaux de remplissage imperméables**

$$\frac{F_{15}}{B_{85}} = 0.34 / (0.02 \sim 5.2) = 17 \sim 0.065 < 5$$

Bien que deux échantillons, dont A (1,5 - 3,5 m) et B (0,2 - 1,0 m), ne satisfassent pas à la norme en raison de l'excès de la quantité de l'argile, les autres échantillons sont conformes aux normes. Dans l'ensemble, on estime que ce matériau de sable et gravier peut être utilisé pour le drainage comme matériaux imperméables à homogénéiser par des travaux d'excavation dans les zones d'emprunt et la grande cohésion de l'argile est censée résister à l'action du lavage de la percolation.

$$\frac{F_{15}}{B_{15}} = 0.34 / (\sim 0.004) = 85 \sim > 5$$

Sur la base de l'examen ci-dessus, la condition requise est satisfaite.

En outre, la demande de « parallèle » est très satisfaite dans les courbes de distribution de taille des particules entre le sable et le gravier et les matériaux imperméables et le niveau du « pourcentage du teneur en particules fines allant de moins de 0,075 mm de la taille de grain doit être inférieur à 5% » est également satisfaite. Le coefficient de perméabilité du sable et du gravier estimée par la formule de Hazen est la suivante et suffisamment perméable pour la fonction du décharge requis.

$$k = C_1 D_{10}^2 = 100 \times 0.028^2 = 0.078 \text{ cm/sec}$$

Sur la base des examens ci-dessus, le mélange du sable et du gravier est jugée appropriée pour le matériau de drainage.

## 2-2-1-3-2 Conception du déversoir

### 1) Décision d'alignement

L'alignement du déversoir est conçu en tenant compte de certaines conditions telles que les conditions topographiques et géologiques et la relation avec d'autres installations. Puisqu'une station de pompage doit être installée à la rive gauche, il est recommandé de construire le déversoir sur la rive droite pour éviter la concurrence avec la tuyauterie de la station de pompage et minimiser également l'extension et la courbe du déversoir. En outre, il est nécessaire de prêter attention à la liaison avec le tapis de la pente au bord du canal latéral du déversoir. Différents tassements peuvent être réalisés au canal latéral à condition que les fondations soient différentes. Par conséquent, l'alignement parallèle avec contour et l'axe du tapis de terrain sur la rive droite est appliquée pour la conception. Sur la base des conditions mentionnées ci-dessus, l'alignement suivant est proposé.

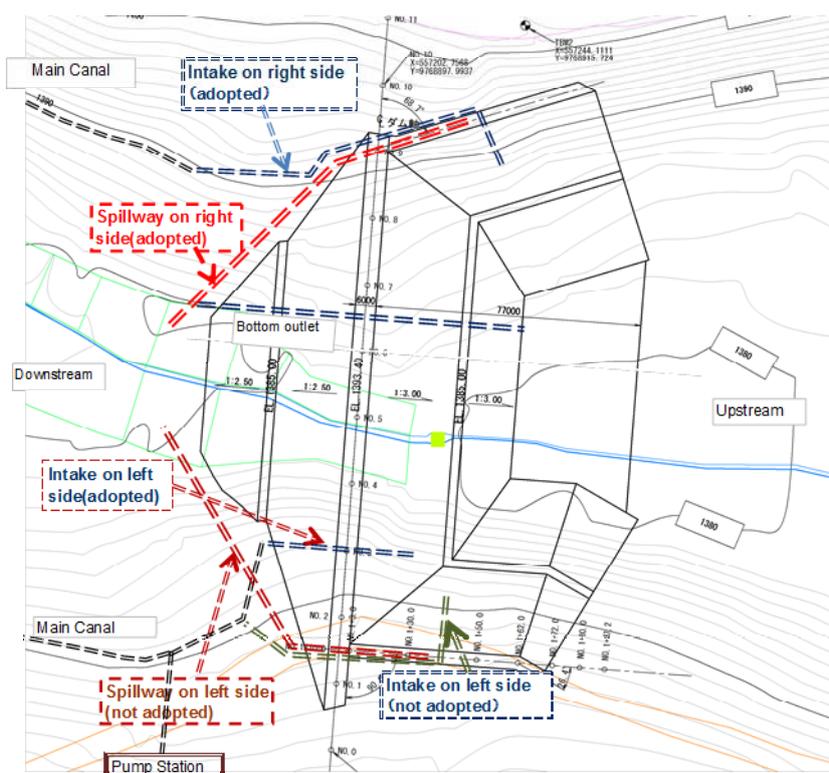


Figure 2.2.1.17 Étude de cas d'alignement du déversoir

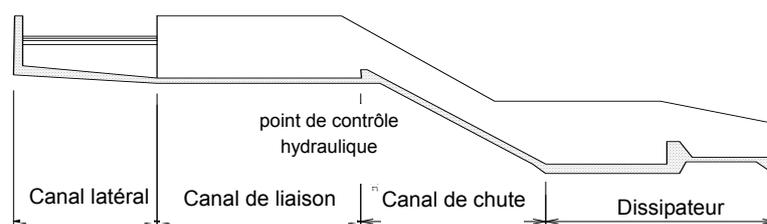
### 2) Décision du type de déversoir

En termes de matière topographique, il est recommandé de choisir un type de déversoir qui forme un canal latéral avec près de 90 degrés entre la direction de la partie du débit entrant et de l'alignement du déversoir, si les contours des deux rives sont parallèles à une voie fluviale comme une vallée.

La structure de base du déversoir est de type de canal ouvert avec une forme rectangulaire. Il est conçu pour croiser avec l'axe du barrage au point de liaison. Il est nécessaire d'établir un point avec un ponceau en boîte à la crête du barrage, ce qui permet aux personnes concernées de marcher sur le déversoir. Surtout, la surface, qui entoure le barrage en remblai à l'amont de l'axe du barrage, aura 1:0,3 pentes pour que la rive de tassement roulé puisse être facilement appliquée sur la surface de la structure. Juste avant la rive, l'argile de contact sera appliquée pour les effets imperméables. La chute et le dissipateur d'énergie, qui sera également relié au fleuve existant, auront la forme rectangulaire. Il est nécessaire de proposer une structure en tenant compte que la prise d'eau sera reliée avec le dissipateur d'énergie.

### 3) Conception hydraulique

#### (1) Nom de la partie



**Figure 2.2.1.18 Section longitudinale**

#### (2) Conception du canal du débit latéral

##### a) Conception de la hauteur de débordement

La hauteur de débordement est un facteur de la décision de la hauteur du barrage. Il est donc nécessaire de déterminer la conception tout en tenant compte des conditions de la construction du déversoir mentionné ci-dessus et la taille du barrage. La hauteur de débordement économique du déversoir du canal latéral peut être calculée en utilisant la formule ci-dessous:

$$H_d = \frac{1}{1.63} \times Q_d^{1/2} \times HF^{-1/4} \times CLF^{-1/8} - 0.05$$

$H_d$  : Hauteur nominale de débordement (m)

$Q_d$  : Évacuation des crues nominales = 3,4 (m<sup>3</sup>/s)

$HF$  : Hauteur du barrage = 14,9 (m)

$CLF$  : Hauteur du barrage (rive) = 200,0 (m)

$$H_d = \frac{1}{1.63} \times 3.4^{1/2} \times 14.9^{-1/4} \times 200^{-1/8} - 0.05$$

$$= 0,247 \text{ (m)}$$

Compte tenu des résultats du calcul mentionné ci-dessus, la hauteur de débordement du déversoir du canal latéral est de 0,3 m.

##### b) Conception du déversoir de débordement

Niveau de l'eau pleine nominal (=hauteur de la crête): EL. 1392,00 (m)

Niveau nominal des crues : EL. 1392,30 (m)

Approchement de la hauteur du canal: EL. 1391,50 (m)

Hauteur nominale de débordement :  $H_d = 0,30$  (m)

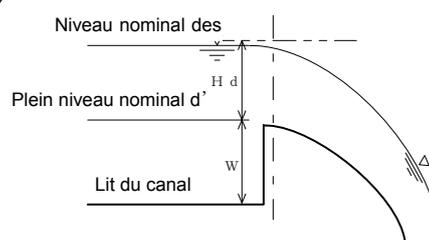
Hauteur du déversoir de débordement:  $W = 0,50$  (m)

La formule du débit est démontrée ci-dessous :

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

$$C_d = 2,20 - 0,0416(H_d/W)^{0,99}$$

$$C = 1.60 \times \frac{1 + 2a (H/H_d)}{1 + a (H/H_d)}$$



**Figure 2.2.1.19 Profil en travers de l'ensemble du déversoir**

- Q : Débit (m<sup>3</sup>/s)  
 L : Largeur du déversoir de débordement (m)  
 H : Toute hauteur de débordement (m)  
 Hd : Hauteur nominale de débordement (m)  
 W : Largeur du déversoir de débordement (m)  
 a : Constant  
 C : Coefficient du débit  
 Cd : Coefficient du débit lorsque H = Hd

$$Cd = 2,20 - 0,0416 \times (0,30/0,50)^{0,99} = 2,1749$$

$$A = (1,60 - Cd) / (Cd - 3,20) = 0,561$$

$$C = 1,60 \times \frac{1 + 2 \times 0,561 \times 1}{1 + 0,561 \times 1} = 2,175$$

$$L = \frac{Q}{C \cdot H^{3/2}} = \frac{3,4}{2,175 \times 0,30^{3/2}} = 9,514$$

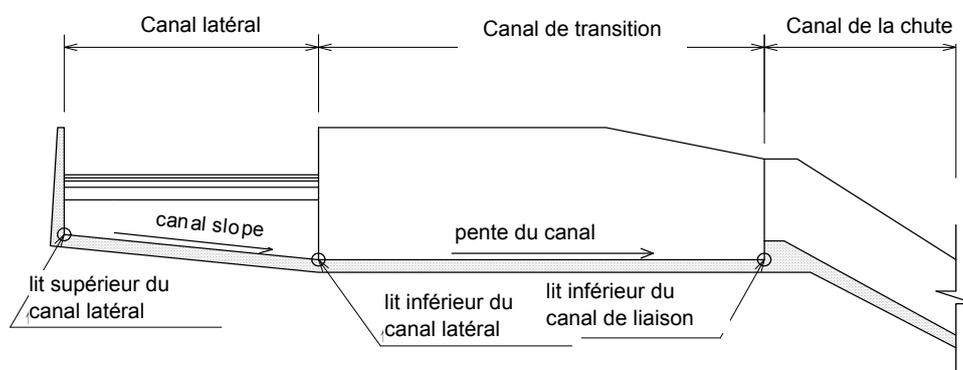
Compte tenu des résultats du calcul ci-dessus et de sécurité, la longueur du déversoir de débordement est de 10,000 (m). La crête de débordement selon la norme d'Harold est appliquée et la pente proposée de la partie inférieure du profil en travers du déversoir de débordement est 1:0,7, ce qui est bon pour la nappe.

### c) Détermination du profil en travers du canal latéral

Le profil en travers du canal latéral et la pente du déversoir de débordement est conçu en forme trapézoïdale et 1:0,7 respectivement. Le profil en travers proposé sera appliquée pour tous les canaux latéraux. La largeur de la partie inférieure du canal est de 1,5 m, et la pente longitudinale du canal latéral sera le niveau requise pour une construction efficace.

### (3) Conception hydraulique du canal de transition

Le canal latéral à l'extrémité est relié au canal de transition en forme rectangulaire par la contraction de la paroi latérale à côté du déversoir. La longueur de la partie du canal de transition mesure 20,000 (m) en considérant que les situations topographiques, les conditions géologiques et la relation avec d'autres installations, et elle sera reliée à la chute. Le déversoir de débordement sera défini comme un point de contrôle hydraulique conçu pour stabiliser les conditions du débit du canal latéral.



**Figure 2.2.1.20 Profil en travers du canal de transition**

#### a) Profil en travers du canal de transition

Largeur de la partie inférieure mesure 1,500 (m) ainsi que celle de l'extrémité du canal latéral.

La pente longitudinale du canal de transition doit être conçue en tenant compte de la prévention de l'onde de choc, la vibration de la surface et le contrôle du nombre de Froude du canal latéral. Donc, la pente du canal de transition doit avoir une pente suffisamment douce et elle peut être calculée en utilisant la formule suivante.

$$s = \frac{g \cdot n^2 \cdot Fr^2 \cdot (1 + 2d/B)^{4/3}}{d^{1/3}}$$

s	: Pente longitudinale du canal de transition	
g	: Accélération de la pesanteur	9,8 (m/s <sup>2</sup> )
n	: Coefficient de la rugosité	n = 0,015
Fr	: Nombre de Froude	Fr = 0,369
d	: Profondeur de canal latéral à l'extrémité	d = 1,397 (m)
B	: Largeur de la partie inférieure du canal latéral	B = 1,500 (m)

$$s = \frac{9.8 \times 0.015^2 \times 0.369^2 \cdot (1 + 2 \times 1.397/1.50)^{4/3}}{1.397^{1/3}} = 1/916$$

Compte tenu des résultats du calcul, le gradient longitudinal du canal de transition est conçu au même niveau.

#### b) Revanche du canal de transition

La revanche est calculée sur base de la formule suivante :

$$Fb = 0,07d + hv + 0,10$$

Fb	: Revanche du canal de transition (m)
d	: Profondeur de l'évacuation des crues nominales (m)
Hv	: Hauteur de vitesse de l'évacuation des crues nominales (m)

Compte tenu de ce calcul, la revanche du canal d'accès, la hauteur verticale et la hauteur de la crête nominale se présentent comme suit :

**Tableau 2.2.1.19 Résultat du calcul de la hauteur du canal de transition**

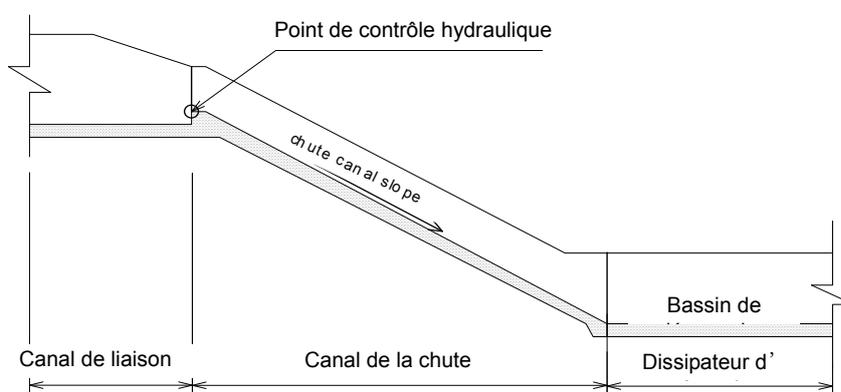
Distance (m)	Water depth (m)	Freeboard (m)	Necessary height (m)	Design height (m)	Bed elevation (EL.m)	Crest of wall (EL.m)
0.00	1.006	0.420	1.426	1.50	1390.50	1392.00
6.00	1.267	0.311	1.578	2.90	1390.50	1393.40
12.00	1.283	0.309	1.593	2.90	1390.50	1393.40
18.00	1.298	0.308	1.606	2.90	1390.50	1393.40
20.00	1.303	0.307	1.611	2.90	1390.50	1393.40

#### (4) Conception hydraulique du canal de la chute

##### a) Profil en travers de la partie du canal de la chute

Compte tenu de l'état topographique, géologique et de l'état de la construction du dissipateur

d'énergie, la pente de la chute est fixée à 1:5,00. Le canal de la chute est d'une forme rectangulaire et sa largeur de la partie inférieure est de 1,50 m ainsi que celle du canal de transition pour une liaison efficace avec le dissipateur d'énergie en aval.



**Figure 2.2.1.21 Profil en travers de la chute**

### b) Revanche du canal de la chute

La revanche du canal de la chute est calculée sur base de la formule suivante :

$$Fb = 0,6 + 0,037V \cdot d^{1/3}$$

Fb : Revanche (m)

V : Vitesse (m/s)

d : Profondeur (m)

En outre, la hauteur de canal est calculée sur base de la formule suivante :

$$H = (d + Fb) \times \frac{1}{\cos \theta}$$

$\theta$  : Pente en degré à la partie inférieure du canal

Les résultats du calcul sont présentés ci-dessous :

**Table 2.2.1.20 Résultats du calcul de la Revanche et de la Hauteur de la chute**

Distance (m)	Water depth (m)	Freeboard (m)	Wall height (m)	Vertical height (m)	Design height (m)
9.00	0.328	0.776	1.104	1.126	1.30
18.00	0.278	0.797	1.075	1.096	1.10
27.00	0.259	0.807	1.065	1.086	1.10
36.00	0.249	0.812	1.061	1.082	1.10
45.00	0.245	0.814	1.059	1.080	1.10
54.00	0.242	0.816	1.058	1.079	1.10
60.00	0.241	0.816	1.058	1.079	1.10

## (5) Conception hydraulique du dissipateur d'énergie

### a) Type de chute

L'objectif de la construction de la chute est de lutter contre la destruction et l'érosion du corps de barrage, la structure du déversoir et d'autres structures provoquées par la vitesse élevée du débit. La chute servira à amortir la vitesse élevée de l'inondation en convertissant rapidement un débit

supercritique dans le canal de la chute en un débit normal.

Il y a beaucoup de cas de conception pour le style de ressaut hydraulique de la chute comme la construction du barrage en remblai. Le type de chute est déterminé en fonction de relation entre la courbe de ressaut hydraulique et de la courbe de niveau du débit de l'eau en aval du barrage. En termes de matière économique, le type de ressaut hydraulique avec de courte longueur de chute est utilisé.

### b) Débit entrant dans le bassin d'amortissement

Profondeur, vitesse de débit, nombre de Froude et hauteur du ressaut hydraulique de crue, qui cataracte sur le lit du tapis de réception du bassin d'amortissement,

$$Fr = \frac{V_1}{(g \cdot d_1)^{1/2}} \quad d_2 = \frac{1}{2} \times d_1 \times (\sqrt{1+8Fr^2} - 1)$$

Fr : Nombre de Froude

$V_1, d_1$  : Vitesse d'accélération du débit entrant (m/s), profondeur du débit (m)

$d_2$  : Hauteur du ressaut hydraulique (m)

g : Vitesse d'accélération de la gravité 9,8 (m/s<sup>2</sup>)

**Tableau 2.2.1.21 Spécifications de l'entrée du bassin d'amortissement**

Catégorie du débit de crue	Élévation du lit du tapis de réception (EL.m)	Profondeur du débit entrant $d_1$ (m)	Vitesse du débit entrant $V_1$ (m/s)	Nombre de Froude Fr	Hauteur du ressaut hydraulique $d_2$ (m)
Qd de l'évacuation des crues Qd= 3,4 m <sup>3</sup> /s	1378,7	0,241	9,395	6,110	1,968
Chute de l'évacuation des crues nominales Qe=2,45 m <sup>3</sup> /s	1378,7	0,193	8,446	6,135	1,584

### c) Longueur du bassin d'amortissement

La longueur du bassin d'amortissement est calculée à partir de la formule démontrée ci-dessous :

$$L = a d_2$$

L : Longueur du bassin d'amortissement (m)

a : Type du ressaut hydraulique enfoncé a=3,0

$d_2$  : Hauteur du ressaut hydraulique (m)

$$\therefore L = 3,0 \times 1,584 = 4,752 \text{ (m)}$$

Selon le résultat ci-haut mentionné, la longueur est désignée à 5,00 (m) sur un côté plus sûr.

### d) Hauteur du bassin d'amortissement

Si le ressaut hydraulique ne dépasse pas la crête de la paroi latérale sous la condition de 1/1.000 de probabilité par an, il n'y a pas grand problème en termes de sécurité. Étant donné que la décharge de la conception des déversoirs des crues (Qd) est de 3,4 (m<sup>3</sup>/s) et la hauteur de la décharge du ressaut hydraulique de 1,968m, la hauteur du bassin d'amortissement est désignée à 2,00m.

### e) Hauteur du sous-barrage

La hauteur du sous-barrage est calculée à partir de la formule suivante.

$$\frac{W}{d_1} = \frac{(1 + 2Fr^2)\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1 - 5Fr^2}{1 + 4Fr^{1/2} - \sqrt{1 + 8Fr^2}} - \left(\frac{\sqrt{g}}{2} Fr\right)^{2/3}$$

W : Hauteur du sous-barrage

Fr : Nombre de Froude avant le ressaut hydraulique Fr = 6,135

d<sub>1</sub> : Hauteur avant le ressaut hydraulique = 0,193 (m)

W = 0,666 m

Compte tenu de ce qu'il n'y a pas gros problème si la profondeur conjuguée dans l'aval est faible en cas de type du ressaut hydraulique enfoncé, la hauteur du sous-barrage est 0,6 m. L'élévation de la crête (EL. 1378,7 + 0,600 = EL. 1379,3m) sera identique à celle de beaucoup de canal existant. Le canal de transition vers l'aval est fixé à la pente inversée de 1:5,0.

### **(6) Le soc du dissipateur d'énergie pour la chute inclinée du déversoir de l'ouvrage de sortie du niveau bas de l'eau**

L'ouvrage de restitution du niveau bas de l'eau exécuté à travers la sortie inférieure sera utilisé pour la maintenance de la sortie environnementale l'eau de la rivière pour l'eau d'irrigation en aval de la rizière, et la régulation du niveau d'eau du réservoir. Comme il y a les rizières juste en aval de l'axe du barrage proposé et une partie d'entre elles sera expropriée pour la construction du barrage, il est nécessaire de réduire la superficie des terres à exproprier pour la construction du barrage. Il est donc proposé de ne pas fixer la goulotte de l'ouvrage de restitution et d'évacuer l'eau de la chute dans le tuyau. Dans ce cas, il y a une possibilité pour l'eau évacuée de planter la paroi verticale du déversoir au côté opposé et aussi se vaporiser, car elle peut être une sortie d'air. Par conséquent, il est proposé de recouvrir le canal du déversoir par le couvercle pour réduire l'énergie de l'eau dans le canal.

#### **2-2-1-3-3 Conception des travaux de prise et de vidange**

Le but de la construction du réservoir proposé est d'irriguer les rizières et les terres cultivables au versant de la colline. Les travaux de prise proposés consistent aux travaux de vidange au niveau bas de l'eau et les prises d'eau sur les rives de droite et de gauche. Ils sont conçus suivant la nécessité. L'ouvrage de vidange au niveau bas de l'eau est conçu en tenant compte du drainage et des fonctions temporaires pour la gestion de la sécurité.

#### **1) Conditions de base**

##### **(1) Évacuation de l'eau de rivière (évacuation actuelle et prévue pour l'irrigation des rizières)**

- Entretien du débit de la rivière: 0,004m<sup>3</sup>/s
- Débit maximal : 0,020m<sup>3</sup>/s

Lorsque le volume d'évacuation de la prise d'eau pour la rizière est supérieur à celui de l'entretien du débit de la rivière, qui est calculé à 0,004m<sup>3</sup>/s, il n'est pas nécessaire d'évacuer l'eau de l'entretien de la rivière.

##### **(2) Débit d'irrigation collinaire**

- Prise maximale pour l'irrigation collinaire de la rive gauche : 0,080 m<sup>3</sup>/s  
(=0,0008m<sup>3</sup>/s/ha×100ha)
- Prise maximale pour l'irrigation collinaire de la rive droite : 0,132 m<sup>3</sup>/s

(=0,0008m<sup>3</sup>/s/ha×165ha)

### (3) Conditions du réservoir

**Tableau 2.2.1.22 Conditions de base pour la conception du réservoir**

Volume de stockage d'eau		
Capacité effective	450.000	m <sup>3</sup>
Capacité totale	960.000	m <sup>3</sup>
Évacuation nominale d'eau basse	510.000	m <sup>3</sup>
Volume de sédimentation ( de l')	30.000	m <sup>3</sup>
Élévation nominale		
Hauteur de la crête	EL.1393,40	m
Revanche	1,10	m
Élévation nominale des crues	EL.1392,30	m
Plein niveau normal d'eau	EL.1392,00	m
Niveau bas d'eau	EL.1389,00	m
Profondeur d'eau disponible	3,00	m
Niveau de la sédimentation de conception	EL.1382,00	m

### (4) Prise pour la rizière

L'eau d'irrigation pour la rizière en aval sera prélevée sur l'installation de sortie du niveau bas de l'eau à l'aide de la sortie de fond. La capacité portante du sol sur le site est classée dans la faiblesse des fondements du sol, puisque la valeur-N est inférieure à 20.

Si une tour de prise est construite, les ouvrages de traitement de fondation tels que la fondation sur pieux sont nécessaires d'être construits, puisque le poids de la tour est très lourd pour sa longueur, notamment, 12m de lecture de la surface du tapis horizontale prévue (EL.1380,0m) à plein niveau d'eau (EL.1392,0m) et le poids du pont de maintenance en raison de la longueur de 36m. Toutefois, il est recommandé de ne pas construire une telle structure en tenant compte de l'impact sur la partie inférieure de la sortie ou du corps de barrage.

Il est possible de construire une prise d'inclinaison sur la pente du corps de barrage, cependant, il n'est pas recommandé d'utiliser la grille, car la longueur de la broche de la grille est longue, ce qui est 38m. Par conséquent, il est jugé que l'expansion directe de la sortie de fond de la prise d'eau du réservoir est assez difficile.

L'entrée du faible niveau d'eau peut être influencée par la boue dans l'eau entrée. Comme les particules sont lourds et qu'il faut du temps pour les précipitations, l'eau de fond est relativement très boueuse que l'eau de surface. Cependant, l'eau sera utilisée pour la rizière, ce qui n'entraînera pas un gros problème. Ainsi, les ouvrages de sortie du niveau bas de l'eau seront utilisés pour l'irrigation du riz.

### (5) Irrigation collinaire

Les pipelines et les réseaux d'irrigation seront installés pour l'irrigation collinaire pour que l'eau boueuse n'entre pas. Par conséquent, l'entrée de l'eau de surface à l'intérieur de 3m de profondeur est proposée. Il est courant de mettre les ouvrages de prise d'eau juste en amont du barrage. Il est cependant nécessaire de tenir compte de la conception du corps du barrage puisque les tapis de pente sont établis sur les rives de droite et de gauche. Il est possible de construire l'entrée à l'amont en évitant le tapis de la pente, cependant, il est nécessaire de mettre plus de 50 m de distance à partir de l'axe du barrage. Compte tenu de l'échelle de la structure, le coût de la construction, l'entretien et ainsi de suite, il est préférable de construire l'entrée près de l'axe du barrage autant que possible. En plus, la

surface du sol n'a pas une capacité portante suffisante pour affirmer que la fondation sur un corps de barrage bien compacté serait plus sûre. Il est recommandé de mettre des ouvrages de prise sur les deux rives droite et gauche en fonction d'entretien et de sécurité puis que les terres agricoles au versant de la colline sont étendues sur les deux rives.

Sur base de l'examen susmentionné et de l'entrée de la rive gauche qui détournera de l'eau à la station de pompage, l'entrée devrait être fixée sur le corps du barrage, ce qui permet de réduire au minimum la longueur du pipeline et des travaux de construction. Le déversoir est conçu sur la rive droite, par conséquent, l'entrée de la rive droite sera mise sur l'amont du déversoir pour éviter de traverser et elle détournera l'eau vers l'aval sur le côté montagneux de l'évacuateur des crues.

## **2) Conception des ouvrages d'évacuation du niveau bas d'eau**

### **(1) Type de tuyau et le diamètre de sortie d'eau de la rivière**

Il est recommandé d'utiliser un tuyau en acier qui a la ténacité et la ductilité pour la sortie de l'entretien de la rivière et l'irrigation des rizières en considération de la pression de stockage de l'eau et de l'influence du tassement et de la déformation. La vitesse nominale est fixée à 0,7 - 1,6m/sec et  $\phi$  150mm de tuyau est appliquée.

### **(2) Drainage temporaire pendant la construction du barrage**

L'évacuation des crues au cours des travaux de construction est estimée à 1,5m<sup>3</sup>/sec à 1/10 de probabilité. Il existe deux méthodes de ce type pour le drainage temporaire tel que reprises ci-après :

Cas-A : Étapes multiples de méthodes de dérivation

L'eau de drainage est évacuée à l'endroit où l'ouvrage des rives du corps du barrage ne fonctionne pas, tandis que les travaux de construction d'autres parties peuvent continuellement être mis en exécution.

Cas-B : Méthode de fermeture complète

Le tuyau de drainage est enterré et ensuite la rive du corps du barrage peut être continuellement mise en exécution.

Deux méthodes ont été mentionnées, cependant, elles ne sont pas adaptées pour la raison suivante.

En cas A, il est possible de réduire au minimum la période de construction puisque le corps du barrage, le tapis, l'excavation et le virage peuvent être lancés à partir du début de la période de construction en général. D'autre part, en ce qui concerne le cas B, la période de construction sera plus longue que 1, car il est nécessaire de construire une canalisation du drainage du tuyau. Si les travaux de construction se feront pendant la saison des pluies, le contrôle de l'humidité est nécessaire. D'autre part, dans le cas où les travaux de construction seront suspendus pendant la saison des pluies, l'excavation de la surface du sol est nécessaire. Ainsi, les deux méthodes ne sont pas recommandées.

La structure à grande échelle pour le drainage temporaire doit être déterminée en tenant soigneusement compte de la pertinence pour d'autres fins attendues à l'avenir et de la sécurité pour la fondation du sol. La méthode de dérivation à étapes multiples est plus appropriée que celle de la fermeture complète et la méthode est possible pour minimiser l'échelle de la construction par le stockage temporaire d'eau évacuée au niveau du réservoir.

Ainsi, la dérivation à étapes multiples est proposée comme méthode de traitement d'eau de drainage pendant la période de construction des barrages.

### **(3) Traitement d'eau de drainage après la construction des barrages**

Après la construction du corps du barrage, l'eau sera stockée au niveau du réservoir et libérée de l'évacuateur des crues lorsque le niveau d'eau dépasse l'entrée ou le plein niveau d'eau. Le stockage de l'eau vierge sera connu à travers le contrôle du niveau d'eau et la surveillance des conditions du réservoir pour la confirmation de la sécurité. Il est nécessaire de construire une structure équipée d'une capacité suffisante de prise pour contrôler le niveau d'eau du réservoir.

Dans ce cas, la structure devrait avoir une plus grande capacité de vidange que celle de la prise, cependant, l'évacuation à grande échelle dépassant le volume de prise n'est pas recommandable dans l'examen des conditions du canal d'irrigation en aval. Aux fins de la sécurité d'un barrage, une structure de vidange qui permet de réduire le niveau d'eau sur le niveau moyen dans les 100 jours est examinée ci-après.

#### a) Conditions de conception

- Plein niveau normal d'eau : EL.1392,0m
- Niveau de sédimentation prévu : EL.1382,0m
- Niveau moyen d'eau : EL.1387,0m
- Niveau d'eau en aval : EL.1379,67m
- Extension du canal de pipeline : 92,717m

#### b) Temps de vidange et diamètre du tuyau

Lorsque le niveau de l'eau du réservoir est bas, le temps de vidange (T) est calculé à partir de la formule suivante. Il est nécessaire de calculer le diamètre du tuyau à remplir (T).

$$T = \sum \Delta T = \sum \frac{\Delta V}{K \sqrt{2g \left( H - \frac{\Delta h}{2} \right)}} \quad K = \frac{1}{\sqrt{\sum (f i / a i^2)}}$$

$\Delta T$  : Le temps pour la réduction du niveau d'eau du réservoir de H à  $\Delta h$

H : La différence entre la surface de l'eau du réservoir et la sortie du tuyau de prise

$\Delta V$  : Capacité de stockage entre H et  $\Delta h$

K : Coefficient

$f_i$  : Coefficient de perte

$A_i$  : Zone du profil transversal du tuyau

**Tableau 2.2.1.23 Évaluation du Temps de vidange**

	WL (EL.m)	$\Delta V$ (m <sup>3</sup> )	H- $\Delta h/2$ (m)	K x $\Delta T$	KT
Plein niveau normal d'eau	1392	167.304	11,83	10.987	10.987
	1391	147.538	10,83	10.127	21.114
	1390	130.712	9,83	9.417	30.531
	1389	114.037	8,83	8.668	39.199
	1388	97.144	7,83	7.842	47.041
Niveau moyen d'eau:	1387	81.993	6,83	7.087	54.127

Quand  $\Delta h$  est 1,0m et le niveau de la sortie de l'eau est 1379,67m,  $KT=54,127$ ,  $T=864.000$  secondes (pour 10 jours). Donc,  $K=KT/T=0,06265$ .

Le diamètre du tuyau (D) est calculé sur base de la perte du débit entrant, perte de charge et perte du

débit sortant. Quand  $D = 0,4468\text{m}$ , la valeur peut être la même que la valeur  $K$  indiquée ci-haut. Donc,  $D$  est  $0,50\text{m}$  ( $\phi$   $500\text{mm}$ ) compte tenu de la sécurité. Dans ce cas,  $K=0,08295$ ,  $T=54,127/0,08295=652,525$  secondes, notamment, 7 jours, 13 heures et 15 minutes.

### 3) Conception d'ouvrage de prise d'eau des rives droite et gauche

#### (1) Système de prise d'eau

La station de pompage sera mise sur la rive gauche qui a une pente légère sur le versant de la colline et l'eau d'irrigation pour la zone ciblée sera détournée vers la rive droite après la prise d'eau à la rive gauche. Par conséquent, les débits de prise d'eau aux rives de droite et de gauche sont indiqués ci-dessous :

**Tableau 2.2.1.24 La prise d'eau à travers l'ouvrage de prise d'eau sur les rives droite et gauche**

					Unité : m <sup>3</sup> /s
	Zone de gravité d'irrigation de la rive gauche	Pompage de la rive gauche zone d'irrigation	Gravité de la rive droite zone d'irrigation	Pompage de la rive droite zone d'irrigation	Total
Prise sur la rive gauche	0,048	0,032		0,048	0,128
Prise sur la rive droite			0,084		0,084

#### (2) Calcul hydraulique

Le calcul hydraulique du tuyau de prise à l'intérieur du réservoir au point de jonction en aval de l'axe du barrage est fait. La perte de charge est déterminée sur base de la perte de la grille, la perte du débit entrant, la perte par frottement, la perte du débit sortant ainsi que d'autres conditions.

##### a) Perte de la grille : h

En cas de prise d'eau de surface, la grille est mise en place en général pour attraper les feuilles et la poussière. Cependant, il n'est pas nécessaire de fixer la grille pour la construction du barrage proposé, puisque la structure d'entrée doit être réglée à l'endroit inférieure à la profondeur de l'eau efficace du barrage et l'eau du barrage sera prise à la position considérée comme la hauteur du joint afin d'éviter une aération, ce qui conduit à une faible possibilité de prise solide en suspension. Toutefois, la perte de la grille est examinée en tenant compte de la perte de charge qui se produit. La perte de la grille est calculée sur base de la formule de Kirschmer.

$$h_r = \beta \sin \theta \left( \frac{t}{b} \right)^{4/3} \cdot hv$$

$\beta$  : Forme de barre degré de coefficient : 2,43

$\theta$  : Degré 90°

$t$  : Épaisseur de la barre 0,005m,  $b$ : fente de la barre 0,05m

$hv$  : Hauteur de la vitesse =  $V^2/2g$

$V$  : =  $0,35464C \cdot D^{0,63} \cdot I^{0,54}$

$I$  : =  $10,666C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot Q^{1,85}$

$C$  : Coefficient de vitesse

$D$  : Diamètre du tuyau (m)

$I$  : Pente d'eau dynamique

##### b) Perte de débit entrant : h<sub>e</sub>

$$h_e = 1,0 \times h_v$$

**c) Perte de charge par frottement : hf**

$$h_f = 10,666 C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot Q^{1,85} \cdot L \text{ (extension, m)}$$

**d) Perte de charge du débit entrant : ho**

$$h_o = 1,0 \times h_v$$

**e) Autres pertes de charge**

Comme d'autres pertes de charge, elle est fixée à 20% de perte de charge par frottement.

Les résultats du calcul hydraulique sont résumés dans le tableau suivant. La perte de charge est fixée à moins de 0,3 m, d'ailleurs,  $\phi$  450mm et  $\phi$  400mm de tuyaux en acier sont appliqués pour la rive gauche et la rive droite, respectivement pour minimiser le coût de la construction.

**Tableau 2.2.1.25 Résultat du calcul hydraulique d'ouvrage de prise**

		prise sur la rive gauche		prise sur la rive droite	
Diamètre du tuyau	(m)	0,40	0,45	0,35	0,40
Évacuation du débit	(m <sup>3</sup> /s)	0,128	0,128	0,084	0,084
Extension	(m)	72,0	72,0	100,0	100,0
Coefficient de vitesse		100	100	100	100
Vitesse moyenne	(m/s)	1,025	0,810	0,879	0,673
Hauteur de vitesse	(m)	0,054	0,033	0,039	0,023
Perte de la grille	(m)	0,006	0,004	0,004	0,003
Perte du débit entrant	(m)	0,054	0,033	0,039	0,023
perte par frottement	(m)	0,296	0,167	0,362	0,189
Perte du débit sortant	(m)	0,054	0,033	0,039	0,023
Autres pertes	(m)	0,059	0,033	0,072	0,038
Perte totale de charge	(m)	0,469	0,271	0,517	0,275

## 2-2-1-4 Station de pompage

### 2-2-1-4-1 Type d'installations de pompage

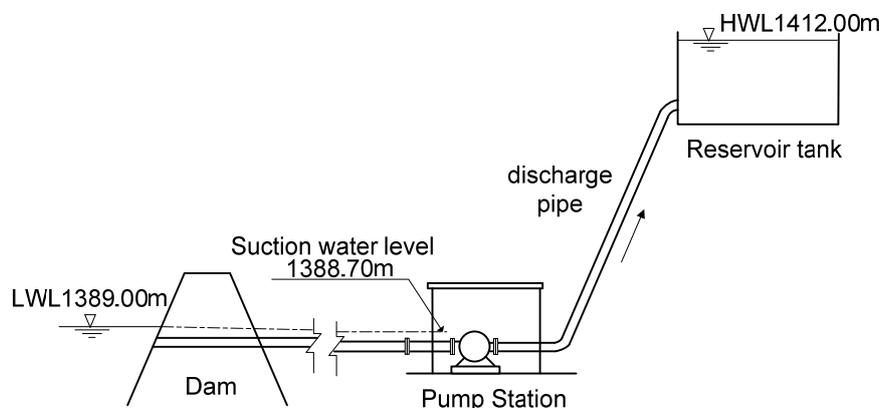
Même si la transmission d'énergie n'est pas encore fournie sur le site prévu pour la construction de la station de pompage, la source de courant alternatif triphasé (CA) peut être prolongée à partir de 6 km du site. D'autre part, le Gouvernement rwandais estime que la production d'énergie solaire est une source d'énergie importante pour la politique de développement du capital social et certaines agences commerciales fournissant des équipements de production d'énergie solaire opèrent à Kigali. L'utilisation d'un groupe électrogène au diesel en tant que source d'énergie pour la pompe électrique n'est pas réaliste en raison du coût élevé de carburant et de transport.

Compte tenu des points mentionnés ci-dessus, la production d'énergie commerciale ou d'énergie solaire sera examinée pour être la source d'énergie du moteur principal de la pompe. Ainsi, l'étude comparative sur la méthode de distribution d'eau est menée, l'une des méthodes consiste à installer des pompes de relevage intégrées au système de production d'énergie solaire, qui est une pompe à moteur submersible, le long des canaux d'irrigation de la zone d'étude, l'autre consiste à mettre en place des installations sur le site de barrage pour la distribution d'eau d'irrigation à l'ensemble de la zone d'étude à partir du point associant des pompes et le système solaire de production d'énergie ou se doter d'équipement d'énergie commerciale.

Il est ressorti de cette étude comparative que la meilleure option est celle de l'installation d'une station de pompage sur le site du barrage utilisant principalement la production d'énergie solaire et la filiale d'énergie commerciale.

### 2-2-1-4-2 Détermination des caractéristiques de la pompe

#### 1) Conditions de conception



**Figure 2.2.1.22 Conditions de conception de la station de pompage**

- Évacuation nominale : 0,080m<sup>3</sup>/s  
(Canal principal de la colline de gauche 0,032m<sup>3</sup>/s + Canal principal de la colline de droite 0,048m<sup>3</sup>/s)
- Niveau de l'eau du débit : EL. 1412,00m
- Niveau d'eau d'aspiration : EL. 1388,70m
- Hauteur de lame d'eau : 23,30m
- Longueur du tuyau d'évacuation : 130m
- Type de tuyau d'évacuation : CPV (chlorure de polyvinyle)

## 2) Tuyau d'évacuation

Si on considère que la vitesse moyenne de pompage est 0,9 - 1,6 m / s (au cas où le diamètre du tuyau serait 200 - 400 mm), le diamètre du tuyau pour remplir cette condition est obtenu en utilisant la formule suivante.

$$D = 1000 \left( \frac{4Q}{\pi V} \right)^{1/2}$$

soit, D : Diamètre (mm)  
Q : Débit ( m<sup>3</sup>/s)  
V : Vitesse/s)

Étant donné que la vitesse est à peu près 1,3 m/s comme valeur intermédiaire mentionnée ci-dessus,

$$D = 1,000 \times (4 \times 0,08 / \pi / 1,3)^{1/2} = 280 \text{ mm} \approx D = 300 \text{ mm}$$

## 3) Calcul de la charge totale de la pompe

La charge totale est obtenue en additionnant les pertes de tuyaux dues à la hauteur de lame d'eau en utilisant la formule suivante. A la suite de ce calcul, la charge totale nominale est calculée à H = 24m.

### Calcul de la charge totale

$$H = H_a + H_l = (DWL - LWL) + h_f + f_n \cdot V^2 / 2g$$

soit,

H : Charge totale (m)  
H<sub>a</sub> : Hauteur de lame d'eau (m)  
H<sub>l</sub> : Perte de charge totale (m)  
DWL : Niveau d'eau du débit (m)  
LWL : Niveau d'eau d'aspiration (m)  
h<sub>f</sub> : Perte par friction du tuyau (m)

$$h_f = 10,666 \cdot \left\{ Q^{1.85} / (C^{1.85} \cdot D^{4.87}) \right\} \cdot L ; \text{ Formule de Hazen Williams}$$

Q : Débit (m<sup>3</sup>/s)  
C : Coefficient de vitesse; 150 (Valeur moyenne de tuyau en PVC)  
D : Diamètre (m)  
L : Longueur de la conduite (m)  
f<sub>n</sub> : Coefficient de diverses pertes de charge]  
V : Vitesse (m/s)  
g : Accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) = 9.8 (m/s<sup>2</sup>)

**Tableau 2.2.1.26 Résultats de calcul des pertes de tuyaux**

Désignations	Valeur	Remarques
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0,08	
Diamètre (mm)	300	
Longueur du tuyau (m)	130	
Vitesse (m/s)	1,13	
Hauteur de vitesse (m)	0,065	
Perte par frottement (m)	0,43	C=150
Courbe, perte de genou (m)	0,010	f=0,05, 3 points
perte du débit sortant (m)	0,065	f=1,0
Autres pertes (m)	0,10	
Pertes totales (m)	0,605	

Désignations	Valeur	Remarques
Hauteur de lame (m)	23,30	
Charge totale calculée (m)	23,91	
Charge totale de projet (m)	24,00	

#### 4) Capacité d'évacuation et nombre de pompes

Étant donné que la principale source d'énergie des pompes est la production solaire, la capacité d'évacuation et le nombre d'équipements des unités de pompes sont déterminés en tenant compte des points suivants.

- Le volume d'eau d'irrigation requis doit être pompé à l'aide de l'électricité solaire produite presque tous les jours tout au long de l'année.
- Lorsque le volume maximal prévu d'eau d'irrigation est requis, on utilise l'énergie solaire en tant que source principale d'électricité ainsi que l'électricité commerciale en tant que source secondaire.
- Pendant les jours nuageux ou lorsque le système de production d'énergie solaire s'arrête en cas de panne et/ou d'entretien, l'eau d'irrigation nécessaire sera pompée à l'aide de l'électricité commerciale.

En outre, les besoins quotidiens en eau pour la planification d'irrigation sont obtenus par un autre examen de la manière suivante.

- La moyenne annuelle de besoins en eau d'irrigation par rapport aux conditions météorologiques moyennes : 600m<sup>3</sup>/jour
- Le besoin maximal annuel en eau d'irrigation par rapport aux conditions météorologiques moyennes : 2.200m<sup>3</sup>/jour
- La moyenne annuelle de besoins en eau d'irrigation par rapport aux conditions météorologiques de l'année sèche : 800m<sup>3</sup>/jour
- Le besoin maximal annuel en eau d'irrigation par rapport aux conditions météorologiques de l'année sèche : 3.000m<sup>3</sup>/jour

(=Besoin nominal maximal quotidien en eau)

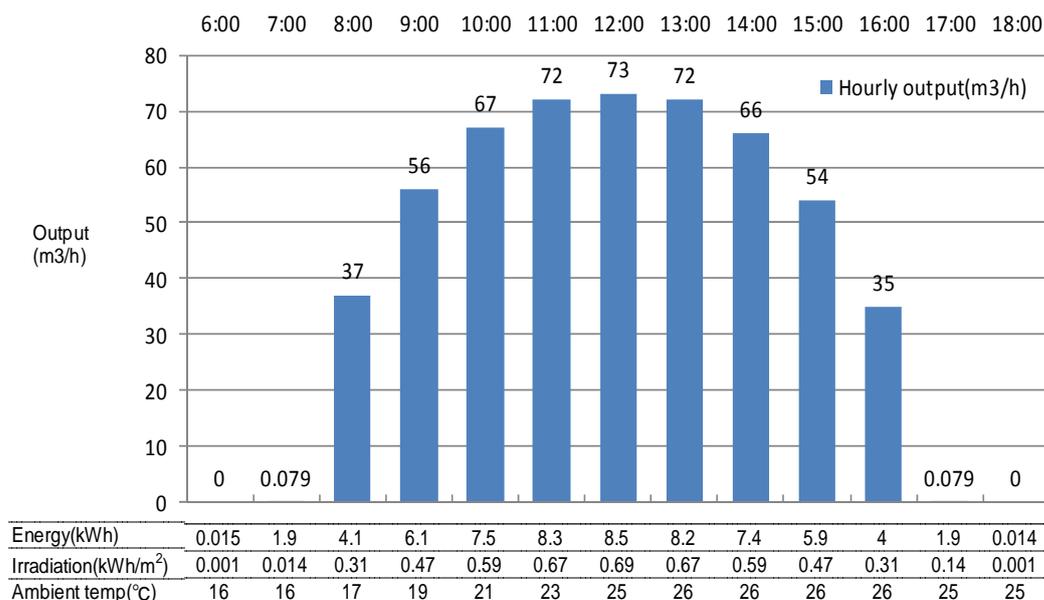
Supposons qu'une pompe ayant une capacité d'évacuation de 0,080m<sup>3</sup>/s (=0,080×3.600=288m<sup>3</sup>/heure) en fonction de la condition 3) indiquée ci-dessus, les heures de fonctionnement de pompe pour l'eau d'irrigation quotidienne maximale est,

$$3.000 / 288 = 10,4 \text{ heures}$$

Cela signifie que seul le fonctionnement pendant la journée peut fournir de l'eau même lorsque l'eau maximale est requise.

Supposons maintenant que deux pompes centrifuges horizontales ayant une capacité d'évacuation Q=140m<sup>3</sup>/heure/set (Charge totale H=24m) dont l'évacuation est presque la même que celle décrite ci-dessus et pouvant être obtenue auprès du magasin local.

Le graphique suivant montre l'énergie électrique générée par la capacité requise du panneau solaire (=14.280 Wp) et le débit horaire lors de l'utilisation de la pompe supposée par la production d'énergie solaire. L'irradiation totale journalière est 5,1kWh/m<sup>2</sup> et le débit total est estimé à 532m<sup>3</sup> en se référant à l'estimation de l'agence locale.



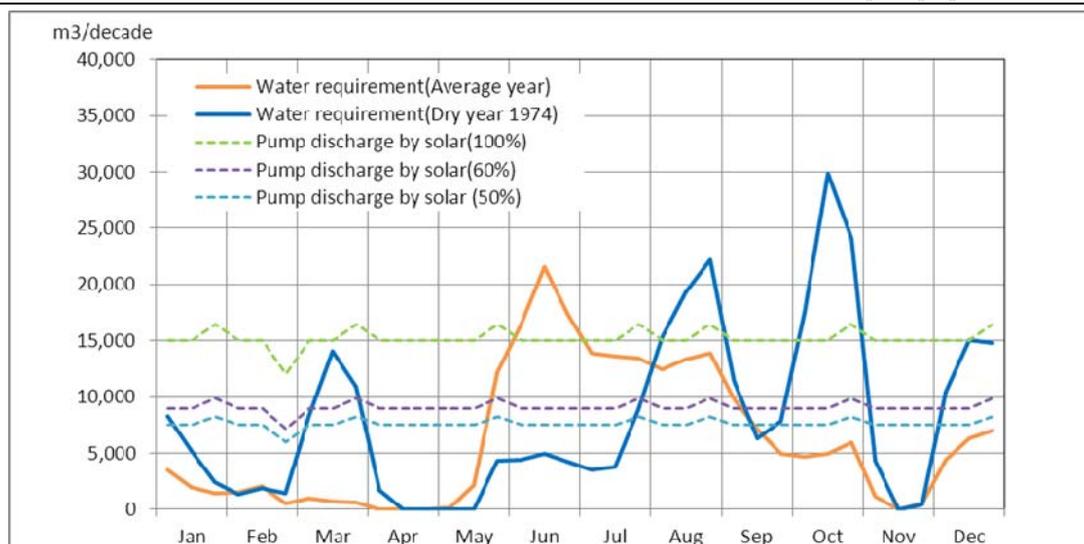
**Figure 2.2.1.23 Moyenne quotidienne du débit de la pompe par la production d'énergie solaire**

À partir de cette estimation, le nombre de pompes nécessaires dont la capacité d'évacuation maximale est de 500 m<sup>3</sup>/jour pour différentes conditions, y compris le cas où sa capacité d'évacuation peut décliner de 50 - 60% en raison de la fluctuation des conditions météorologiques ou de l'efficacité de production, est obtenu comme indiqué sur le tableau suivant.

**Tableau 2.2.1.27 Nombre de pompes requises (groupes)**

Required Discharge capacity	Required capacity	Average year		Dry year (1974)		Remarks
		Average	Maximum	Average	Maximum	
		600	2,200	800	3,000	
500	m <sup>3</sup> /day	1.2	4.4	1.6	6.0	Maximum
300	m <sup>3</sup> /day	2.0	7.3	2.7	10.0	60%
250	m <sup>3</sup> /day	2.4	8.8	3.2	12.0	50%

Le tableau ci-dessous montre les débits effectués par trois pompes utilisant la production d'énergie solaire ainsi que les besoins en eau d'irrigation dans l'année moyenne et une année sèche. En ce qui concerne la moyenne des besoins en eau, supposons que trois pompes par l'énergie solaire peuvent fournir de l'eau nécessaire presque toute l'année. Alors que dans le cas où l'eau maximale est requise, les pompes devraient être utilisées non seulement en utilisant la production d'énergie solaire, mais aussi en utilisant l'électricité commerciale parce que les installations de l'énergie solaire seules peuvent devenir peu rentables.



**Figure 2.2.1.24 Débit de pompe et besoins en eau d'irrigation par décennie**

Ainsi, les installations sont composées de trois pompes qui fonctionnent au moyen de la production d'énergie solaire et de deux pompes raccordées au réseau électrique, pour que cinq pompes au total soient installées aux mêmes conditions.

**Tableau 2.2.1.28 Caractéristiques de la pompe recommandée**

Désignations	Caractéristiques	Remarques
Type de pompe	pompe centrifuge horizontale	ayant un moteur couplé fermé
Nombre	5 groupes	3 groupes utilisant la production d'énergie solaire pour le fonctionnement régulier
		2 groupes utilisant l'énergie commerciale pour fonctionnement de secours
Charge totale	24,0m	
Débit	140m <sup>3</sup> /h/groupe	énergie déclarée 11kw
Modules solaires	43kw	14,28Wp×3

Pourtant, étant donné que le nombre de pompes doit être réduit avec l'installation de panneaux de contrôle pouvant mutuellement échanger des sources de production d'énergie solaire et d'énergie commerciale, les caractéristiques des pompes et leur nombre ainsi que le système solaire doivent être examinés en détail au stade de la conception en ce qui concerne le coût initial et leur coût de fonctionnement.

### 2-2-1-4-3 Bâtiment de la station de pompage et installations supplémentaires

#### 1) Structure du bâtiment

Le bâtiment de la station de pompage est construit dans le but de protéger l'équipement et les travaux de gestion et d'exploitation contre des intempéries, et la structure doit être imperméable à l'eau de pluie. Le type de structure de la station de pompage doit être en béton armé qui est supérieur dans les caractéristiques d'ignifugation, durabilité et anti-vent, mais des blocs de béton sont utilisés pour le corps du mur sur le sol à cause de raisons économiques. Le type de fondation adopté est la fondation distributrice puisque le poids de la construction n'est pas si lourd, et un pont roulant n'est pas nécessaire parce que le poids de chaque pompe peut être d'environ 100 kg.

#### 2) Disposition de la salle des pompes

Le plan de la salle des pompes doit être décidé principalement par l'alignement des pompes et des

panneaux de réception en vue de leur fonctionnement quotidien, de l'inspection et l'entretien faciles et en toute sécurité. Étant donné que l'opérateur ne va pas passer vingt-quatre heures dans la salle, il n'est pas prévu d'espace de bureau spécial ou de matériel de la vie quotidienne.

### **3) Espace des modules solaires**

La taille du panneau solaire est de 2m<sup>2</sup> (1m x 2m) en général, et 151 panneaux qui équivalent à 300 m<sup>2</sup> sont prévus pour ce projet.

L'emplacement de l'installation des panneaux est près de la station de pompage et ce rassemblement dans un même endroit est efficace pour le fonctionnement et l'entretien. Bien qu'il soit possible d'installer les panneaux sur le répertoire de terre, ils doivent être installés au-dessus du réservoir de réglage qui sera construit pour stocker l'eau d'irrigation avec une taille 3m de hauteur et une surface de 600m<sup>2</sup> pour ne pas être volés ou cassés. Par ailleurs, la clôture sera installée autour du réservoir en raison de la sécurité. L'installation des panneaux au-dessus du réservoir serait raisonnable dans le but de diminuer l'expropriation et l'indemnisation de terres.

#### **2-2-1-5 Plan du canal d'irrigation**

##### **2-2-1-5-1 Types de canal**

Les types de canal sont choisis en tenant compte de l'économie, du système de gestion de l'eau et des conditions d'exploitation et de gestion, car ces derniers jouent un rôle important dans le fonctionnement du système de canaux et peuvent beaucoup influencer le coût de construction.

##### **1) Canal secondaire**

Les canaux secondaires qui sont détournés du canal principal et envoient l'eau d'irrigation à chaque parcelle agricole seront des pipelines parce qu'ils sont disposés le long de la pente d'une colline et doivent fournir de l'eau sous pression à travers la bouche.

##### **2) Canal principal**

Le canal principal est composé du canal inférieur qui envoie l'eau d'irrigation par gravité naturelle en utilisant la tête levée au niveau du réservoir et le canal supérieur qui envoie l'eau pompée. Ces types de structures sont considérés comme réceptivité de canal à ciel ouvert et pipeline.

En outre, il faudra tenir compte des points suivants dans ce projet outre les avantages et inconvénients propres à leurs types.

- Le type de canal à ciel ouvert prend beaucoup de temps pour atteindre un état d'équilibre d'écoulement car la pression de la vitesse d'écoulement est lente et affecte l'opérabilité de la gestion d'eau. À cause de cette caractéristique, le type de canal à ciel ouvert doit être évité pour la section de grande longueur.
- Le pipeline est difficile à réparer une fois qu'un problème se présente. Il faut que le type de canal à ciel ouvert soit en mesure d'être correctement entretenu par WOU au vu d'autres cas observés au Rwanda, même si les travaux d'entretien quotidien comme l'enlèvement des sédiments sont obligatoires.
- En cas de canal à grande longueur, la construction du réservoir de réglage sur place peut réduire le profil en travers du canal et peut réduire le temps d'écoulement d'eau.

Du point de vue décrit ci-dessus, le type de canal à ciel ouvert est adopté essentiellement pour des raisons économiques. Alors que la construction du réservoir de réglage doit être adoptée pour le type de canal principal et de pipeline inférieur qui peut être posé indépendamment des conditions

topographiques, elle sera choisie pour l'aval du réservoir car le débit est faible et la différence du coût de la construction avec le type de canal à ciel ouvert peut être aussi petite.

**Tableau 2.2.1.29 Longueur et type de canal principal**

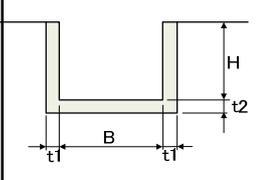
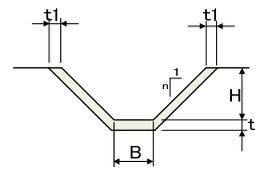
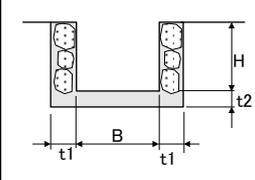
Emplacement	Longueur	Type de canal	Remarques
Côté droite inférieure	10,2km	Canal à ciel ouvert + Pipeline	avec le réservoir de réglage
Côté droite supérieure	6,0km	Canal à ciel ouvert	
Côté gauche inférieure	7,5km	Canal à ciel ouvert + Pipeline	avec le réservoir de réglage
Côté gauche supérieure	4,6km	Canal à ciel ouvert	

### 2-2-1-5-2 Structure du canal à ciel ouvert

La comparaison économique du type de structure du canal à ciel ouvert est faite sur le type de béton armé de forme rectangulaire, le type de revêtement en béton de forme trapézoïdale et le type de maçonnerie de forme rectangulaire comme suit. La hauteur du côté est déterminée en tenant compte de la revanche nécessaire. Le gradient de paroi latéral pour le type de revêtement en béton est généralement le même que le gradient de forage pour les travaux de terrassement.

À la suite de l'estimation du coût de construction par mètre, le type de revêtement en béton est le moins cher des trois. Le type de revêtement en béton doit être choisi comme canal principal à ciel ouvert pour le canal parce qu'il peut mieux faciliter la construction aussi.

**Tableau 2.2.1.30 Comparaison économique pour le canal à ciel ouvert**

Type		Reinforced concrete (Rectangular shape)		Concrete lining (Trapezoid shape)		Masonry (Rectangular shape)		
		Quantity	Price	Quantity	Price	Quantity	Price	
Cross Section								
Design Discharge (m <sup>3</sup> /sec)		0.048		0.048		0.048		
Slope of canal bed		1/1000(0.001)		1/1000(0.001)		1/1000(0.001)		
Coefficient of roughness		0.015		0.015		0.024		
Dimensions								
B	m	0.40		0.30		0.50		
H	m	0.40		0.40		0.40		
t1	m	0.10		0.07		0.15		
t2	m	0.10		0.07		0.10		
n		0		3		0		
Construction Cost		Unit Price	Quantity	Price	Quantity	Price	Quantity	Price
Excavation	m <sup>3</sup> /m	4,500	0.58	2,625	0.28	1,262	0.68	3,075
Backfilling	m <sup>3</sup> /m	5,500	0.28	1,558	0.00	0	0.28	1,558
Concrete	m <sup>3</sup> /m	300,000	0.14	42,000	0.09	26,040	0.08	24,000
Masonry	m <sup>3</sup> /m	75,000					0.12	9,000
Total				46,183		27,302		28,633
ratio				1.69		1.00		1.05

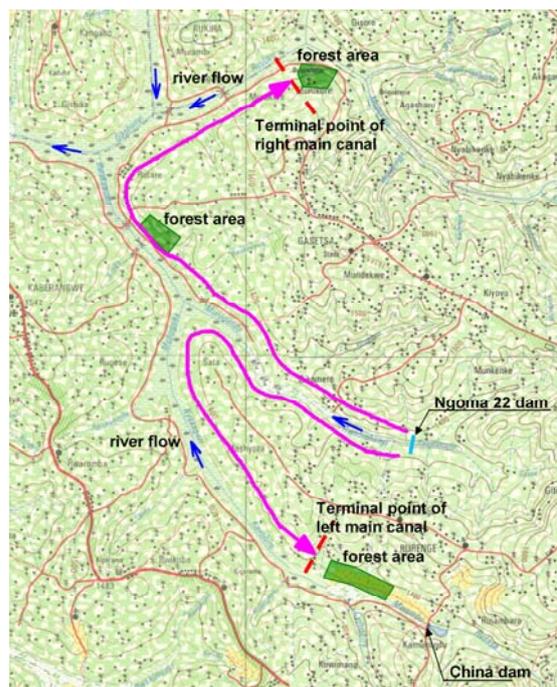
### 2-2-1-5-3 Sélection de l'alignement du canal

L'alignement du canal le long de la ligne de contour de terrain est choisi de telle sorte que l'eau puisse couler par gravité vers le périmètre irrigué. Les enquêtes autour des deux côtés de la vallée de Ngoma22 et la zone en aval de la rivière montrent quelque zone de boisement sur la route du canal. L'une de ces zones situées sur le versant droit de la colline à environ 6 km en dehors du site du barrage paraît favorable pour l'installation d'un canal le long de la route qui est construite au pied de la colline. D'autre part, les zones de boisement du versant droit de la colline situé à 10 km du site du barrage et le versant gauche de la colline situé à 8 km du barrage serviront de limite pour les canaux principaux des

deux rives puisque celles-ci présentent des difficultés pour la construction et ne peuvent pas être considérées comme une région bénéfique efficace en raison de l'extension du canal à cause de sa direction inverse du point de vue topographique.



**Photo 2.2.1.5 État actuel du versant droit de la colline**



**Figure 2.2.1.25 Diagramme de sélection de l'alignement du canal**

#### 2-2-1-5-4 Plan longitudinal

Si la pente longitudinale du canal est grande, ce sera la cause de la détérioration de l'écoulement ou de l'affouillement de la section du canal suite à l'augmentation excessive de la vitesse d'écoulement alors qu'elle peut rendre le profil en travers du canal plus petit. La conception de la pente longitudinale aussi faible que possible est nécessaire pour garantir la plus petite vitesse acceptable puisqu'une grande hauteur entre le niveau d'eau du réservoir et la fin de la zone bénéficiaire n'est pas garantie sur ce projet, mais l'est du point de vue topographique. En outre, le profil en travers a presque la taille minimum nécessaire pour la construction et l'entretien et le coût de construction n'est pas si élevé, même si la conception de la pente longitudinale est plus douce en raison d'un débit faible de  $0,05\text{m}^3/\text{s}$ .

La vitesse nominale du canal atteint plus de  $0,45\text{ m/s}$  pour éviter la sédimentation des particules de sable flottantes et la vitesse maximale acceptable est fixée à  $1,5\text{ m/s}$  en raison de l'utilisation du béton mince.

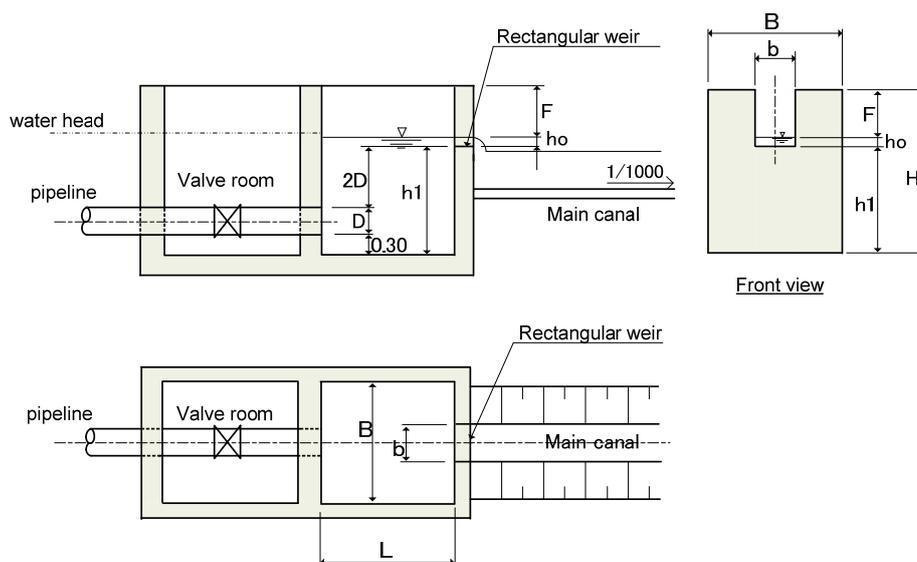
Suite à ce calcul, la pente longitudinale de  $1/1.000 (=0,1\%)$  doit être adoptée tout en tenant compte des conditions mentionnées ci-dessus.

**Tableau 2.2.1.31 Résultats du calcul de débit uniforme pour le canal principal (Canal à ciel ouvert)**

		Right lower	Right upper	Left lower	Left upper
Roughness coefficient n=		0.015	0.015	0.015	0.015
Canal bed slope l=		0.001	0.001	0.001	0.001
Side slope(right)1:m 1		0.333	0.333	0.333	0.333
(left) 1:m2		0.333	0.333	0.333	0.333
Canal bed width B=	(m)	0.300	0.300	0.300	0.300
Water depth h=	(m)	0.355	0.250	0.251	0.194
Cross section area A=	(m <sup>2</sup> )	0.148	0.096	0.096	0.071
Wetted perimeter P=	(m)	1.048	0.827	0.829	0.708
Hydraulic mean depth R=	(m)	0.142	0.116	0.116	0.100
Velocity V=	(m/s)	0.573	0.501	0.502	0.453
Discharge Q=	(m <sup>3</sup> /s)	0.085	0.048	0.048	0.032
Froude number Fr=		0.307	0.320	0.320	0.329
Freeboard	(m)	0.126	0.119	0.119	0.115
Necessary height	(m)	0.481	0.369	0.370	0.309
Section size (widthxheight ; m)		0.3x0.5	0.3x0.4	0.3x0.40	0.3x0.3

**2-2-1-5-5 Réservoir du débit**

Au point de départ du canal principal, le réservoir du débit doit être conçu avec un débit de sortie du réservoir ou de la citerne du réservoir et connecter le flux au canal principal avec le réglage.



**Figure 2.2.1.26 Diagramme de la structure du réservoir du débit**

La structure du réservoir du débit doit être en béton armé en vue de réserver un espace nécessaire pour la dissipation et la tranquillisation. Le débit du canal principal est réglé par l'ouverture de la vanne qui contrôle la profondeur de l'eau débordante au déversoir rectangulaire.

<Formule du débit du déversoir rectangulaire>

$$Q = C \cdot b \cdot h^{3/2}$$

$$C = 1.785 + \frac{0.00295}{h} + 0.237 \frac{h}{H} - 0.428 \sqrt{\frac{(B-H)h}{B \cdot H}} + 0.034 \sqrt{\frac{B}{H}}$$

**Tableau 2.2.1.32 Tableau d'étude de la taille du réservoir du débit**

	No.1 right/upper	No.2 right/lower	No.3 left/lower	Remarks
D (m)	0.45	0.40	0.30	
B (m)	1.50	1.50	1.50	
b (m)	0.40	0.50	0.40	
h1 (m)	1.65	1.50	1.20	=D3+0.3
ho (m)	0.168	0.211	0.169	
F (m)	0.182	0.289	0.331	
H (m)	2.00	2.00	1.70	=h1+ho+F
L (m)	1.50	1.50	1.50	≥ 2Dx1.5
C	1.7422	1.7353	1.7362	discharge coefficient
Q (m³/s)	0.048	0.084	0.048	main canal discharge
water head (EL.m)	1409.30	1388.70	1388.70	
crest elevation (EL.m)	1409.13	1388.49	1388.53	

**2-2-1-5-6 Plan du réservoir de réglage**

Trois réservoirs de réglage doivent être construits dans le périmètre irrigué, l'un est une installation de stockage temporaire situé à l'entrée du canal principal sur le versant gauche de la colline afin de distribuer l'eau dans le périmètre irrigué à l'aide de la pompe, les autres sont des installations de réglage situées au milieu du canal principal pour contrôler la distribution d'eau. Le premier est nommé le Réservoir du débit N°1, le dernier est le Réservoir de réglage N°2 sur le versant droit de la colline et le Réservoir de réglage N°3 sur le versant gauche de la colline.

Les capacités de chaque réservoir sont décrites ci-après.

### 1) Réservoir de réglage N°1

Les pompes ne fonctionnent principalement que grâce à l'électricité provenant de l'énergie solaire. Très tôt dans la matinée lorsque les agriculteurs commencent à cultiver, le débit de la pompe n'atteindra pas le niveau maximal car la puissance produite est très faible pour faire tourner le moteur assez rapidement. Ainsi, à condition que l'eau nécessaire à l'irrigation d'environ 4 heures, qui est la moyenne d'heures d'irrigation par an, soit stockée bien avant, le volume nécessaire est,

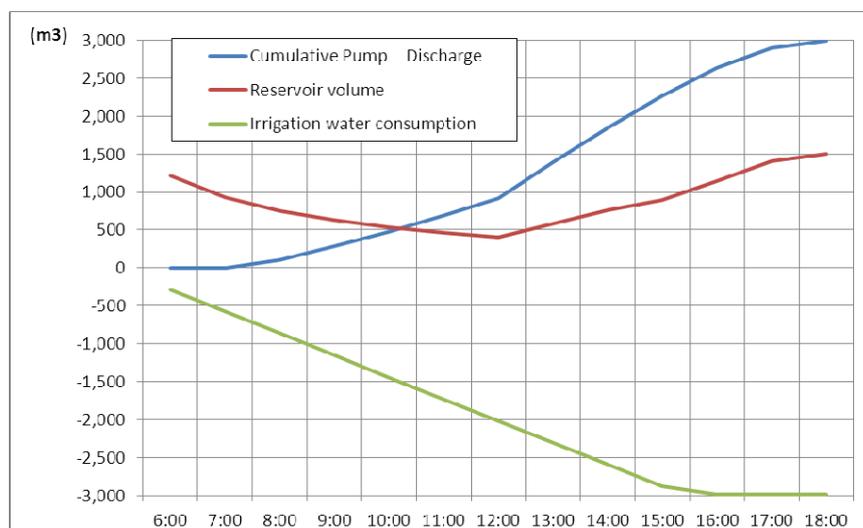
$$V=0,0008\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha} (= \text{unité maximale des besoins en eau}) \times 100\text{ha} (\text{périmètre irrigué à la pompe}) \times 4 (\text{heure}) \times 3.600 = 1.152\text{m}^3$$

Outre le débit total de trois pompes dont la moyenne du débit par jour pendant une année est d'environ 500m<sup>3</sup> compte tenu du fait que l'électricité produite par l'énergie solaire est estimée à 1.500 m<sup>3</sup> par jour. Par conséquent, la capacité du réservoir N°1 est de 1.500m<sup>3</sup>, ce qui suffit pour utiliser l'électricité produite de manière efficace et n'affecte pas l'agriculture.

Les besoins en eau d'irrigation pour les terres agricoles pendant l'année sèche avec 1/5 de preuve de survenance sont estimés à 2.990m<sup>3</sup> par jour pendant le mois le plus sec. Sur la base de la simulation effectuée sur l'équilibre d'eau de tous les jours dans le réservoir du débit de 1.500m<sup>3</sup>, il a été démontré que le réservoir ne sera rempli que par l'eau pompée par 5 pompes au maximum et alimentées par l'énergie solaire ainsi que par le réseau électrique.

**Tableau 2.2.1.33 Fluctuation du débit de la pompe et du volume de réservoir**

Time	Pump discharge			Irrigation water outflow		Volume (3)-(2)+(1) (m3)	Remarks
	Solar 3 sets (m3/h)	Grid 2 sets (m3/h)	accumulation (1) (m3)	per hour (m3/h)	accumulation (2) (m3)		
						1,500	Initial volume(3)
6:00	0		0	-288	-288	1,212	
7:00	0.237		0	-288	-576	924	
8:00	111		111	-288	-864	747	
9:00	168		279	-288	-1,152	627	
10:00	201		480	-288	-1,440	540	
11:00	216		696	-288	-1,728	468	
12:00	219		915	-288	-2,016	399	
13:00	216		1,131	-288	-2,304	327	
14:00	198	280	1,609	-288	-2,592	517	Using grid
15:00	162	280	2,051	-288	-2,880	671	
16:00	105	280	2,436	-110	-2,990	946	
17:00	0.237	280	2,716	0	-2,990	1,226	
18:00	0	274	2,990	0	-2,990	1,500	



**Figure 2.2.1.27 Simulation effectuée sur le changement du volume de réservoir**

## 2) Réservoir de réglage N°2 et N°3

Les réservoirs de réglage N°2 et N°3 sont des installations de contrôle de la distribution d'eau à l'aval du canal principal inférieur, ou de la zone de pipeline sans différence de temps.

Si l'eau d'irrigation nécessaire pour la zone du pipeline et la durée équivalente au temps de passage de l'eau du point de la source au réservoir de réglage, ou la longueur du canal en amont est stockée bien avant, les agriculteurs peuvent commencer l'irrigation presque simultanément avec le secteur en amont.

**Tableau 2.2.1.34 Capacité du réservoir de réglage N°2 & N°3**

	Length of upstream canal (m)	Design velocity of upstream canal (m/s)	Traveling hours of upstream canal (hr)	Design discharge of downstream canal (m <sup>3</sup> /s)	Required capacity of reservoir (m <sup>3</sup> )	Design reservoir size
No.2 tank (right side)	5,210	0.57	2.5	0.036	324.0	10.0m×22.0m×1.5m (=330m <sup>3</sup> )
No.3 tank (left side)	4,300	0.50	2.4	0.012	103.7	10.0m×10.0m×1.05m (=105m <sup>3</sup> )

### 2-2-1-6 Plan d'aménagement de la parcelle pour la rizière existante

#### 1) Développement d'irrigation et aménagement de la parcelle du projet

##### (1) Position et importance de l'aménagement de la parcelle dans le développement d'irrigation

- Sur base des conditions biophysiques et autres données pertinentes, le plan directeur d'irrigation au Rwanda a déterminé la zone potentiellement irrigable jusqu'à présent, dont la synthèse se trouve dans le tableau ci-dessous. L'évaluation du potentiel d'irrigation au Rwanda indique que le pays dispose d'un potentiel national d'irrigation de près de 589.711 ha, compte tenu des domaines suivants. Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, le potentiel du développement d'irrigation des marais s'étend jusqu'à environ la moitié du total national, qui est de 219.793 ha occupant 47% de l'ensemble du potentiel de développement d'irrigation. On peut dire que les marais et/ou les rizières disponibles jouent un rôle fondamental dans le développement d'irrigation du pays.

**Tableau 2.2.1.35 Synthèse de la zone irrigable potentielle**

Domaine d'irrigation	Zone potentielle (ha)	%
Écoulement pour le petit réservoir	125.627	27
Écoulement pour les barrages	27.907	6
Rivière directe et eau d'inondation	79.847	17
Ressources en eau lacustres	100.107	22
Ressources d'eau souterraine	36.432	8
<b>Marais</b>	<b>219.793</b>	<b>47</b>
Total	464.086	100

- D'autre part, la situation actuelle de déficit et/ou sous-développement des installations d'irrigation dans les marais sont cités comme une contrainte pour l'amélioration de la production du riz qui est un produit principal des marais. En tant que pays participant au programme de la Coalition pour le développement du riz en Afrique (CDRA), le Rwanda a jusqu'à présent élaboré la Stratégie nationale de développement de la riziculture (SNDR). On peut estimer que la nécessité et / ou la demande d'aménagement des marais et des parcelles des rizières disponibles sont assez élevées.

**(2) Situation actuelle des marais (rizières disponibles) sur le site du projet**

- En raison de l'état du site du projet où s'étale 35 ha de rizières se trouvant en aval de l'axe du barrage, le projet se propose de faire l'irrigation collinaire complète et efficace grâce à l'amélioration des installations d'irrigation disponibles au niveau des rizières existantes afin de créer des ressources en eau pour l'irrigation collinaire.
- L'équipe de CG (Conception générale) a observé quelques inconvénients qui entravent un bon partage d'eau d'irrigation entre les producteurs de riz sur la rizière existante :
  - i) La petite rigole dans la parcelle et le système d'irrigation d'une parcelle à l'autre perturbent l'écoulement de l'eau d'irrigation d'une parcelle à l'autre. Le niveau d'eau dans la petite rigole de la parcelle est inférieur à la hauteur de la surface de la parcelle avec le passage du temps en raison de raclage à une distance du fond de la rigole qui est provoquée par l'énergie de l'écoulement de l'eau d'irrigation, afin que l'eau d'irrigation ne puisse couler continuellement d'une parcelle à l'autre.
  - ii) Il y a beaucoup de fuites d'eau à partir de la digue.
  - iii) Les parcelles ne sont pas au même niveau, ce qui provoque l'alimentation déséquilibrée de l'eau d'irrigation dans la parcelle et inflige la perte de la récolte aux agriculteurs.
  - iv) Le système d'irrigation actuel (système de parcelle à une autre) ne permet aux agriculteurs de gérer facilement et correctement l'irrigation et le drainage, car presque toutes les parcelles ne sont pas séparément connectées à l'irrigation et au canal de direction du drainage, etc. En principe, l'irrigation et le drainage de chaque parcelle doivent être indépendants pour une gestion d'eau appropriée. Même la taille des parcelles doit être petite pour une meilleure gestion d'eau. Elle doit mesurer au moins 30m x 100m par parcelle.
  - v) Une situation pareille à celle des rizières mentionnées ci-dessus peut être observée un peu partout.

**(3) Nécessité et la mise en exécution de l'aménagement des parcelles**

- La contre-mesure technique que propose le Projet peut être un modèle dans le projet de LWH dans l'avenir où il y a un état topographique semblable à celui du site du projet de Ngoma22.
- La précision de nivellement de la rizière est un facteur très important dans l'amélioration de la productivité du travail par la réalisation d'une gestion d'eau efficace et permettant d'épargner la main d'œuvre. Les travaux de nivellement exécutés jusqu'à présent n'ont cependant compté que sur la main-d'œuvre, raison pour laquelle les parcelles ne sont pas au même niveau dans de nombreux sites du projet. C'est devenu un cas de mauvais cas d'aménagement.
- Selon la situation mentionnée jusqu'ici, on peut considérer qu'il y a une importance de mettre en œuvre l'aménagement des parcelles dans le projet de Ngoma22 par l'introduction de la technologie japonaise utilisant des matériels de pointe comme laser-niveleur qui sont capables de niveler les rizières avec précision.

**2) Conception générale de l'aménagement des parcelles**

Compte tenu de la situation actuelle de la rizière existante et des circonstances de l'aménagement des marais faisant partie de l'irrigation développée, le Projet prévoit de mettre en œuvre cette composante comme suit à travers la discussion entre les deux parties, le Rwanda et le Japon.

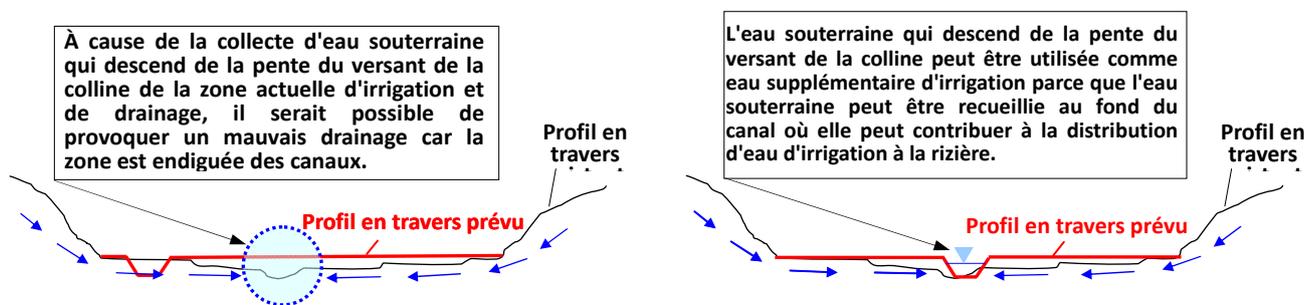
- Le Japon se charge de la construction du canal principal d'irrigation et du drainage sur toute la

ligne de 3,9 km, la construction des routes d'exploitation et de gestion le long des canaux, et du retraçage (nivellement) au niveau du périmètre modèle de 2 ha,

- Le Rwanda se charge de l'exécution du retraçage (nivellement) pour la superficie restante de 33 ha, et
- Les équipements lourds tels que les tracteurs, laser-niveleur et ainsi de suite pour le nivellement seront donnés au Rwanda à la fin des travaux de construction.

### (1) Construction du canal principal d'irrigation et du drainage, de la boîte de division, et de la route d'exploitation et de gestion

L'alignement de ces installations suit essentiellement les lignes actuelles afin de ne pas perturber les rizières existantes en tenant compte de la gestion de l'eau que les agriculteurs ont faite jusque-là. Ceci est également pris en compte afin d'éviter un mauvais drainage des parcelles où le canal et le drainage d'irrigation sont nouvellement endigués tout au long à cause de la collecte d'eau souterraine qui descend à travers des hautes terres sur le versant de la colline et se répand aux deux rives des rizières ciblées.



**Figure 2.2.1.28 Alignement du canal  
modification du contour du versant de la colline**

**Figure 2.2.1.29 Alignement du canal  
suivant l'emplacement actuel (Proposé)**

Le long du canal principal d'environ 3,9 km, 12 boîtes de division doivent être construites avec environ 300 m d'intervalle afin de fournir l'eau d'irrigation aux parcelles de rizière qui s'étendent sur les deux côtés du canal principal en augmentant le niveau d'eau dans le canal. À l'heure actuelle, il n'y a pas d'exploitation ou gestion de la route, ou du sentier sur la rizière ciblée au point que l'ouvrage d'entretien des installations qui aurait dû être réalisé par les agriculteurs n'a pas été très actif. À la fin de tous les travaux de construction prévus, la route sera utilisée pour les activités d'entretien pour garantir la durabilité du projet.

### (2) Aménagement des parcelles (extension, nivellement, et construction de la digue)

Comme mentionné plus haut, le réaménagement des parcelles comprend l'extension et le nivellement des parcelles de rizières, la réhabilitation de la digue / la nouvelle construction qui doit être mise en œuvre par le Japon au niveau du périmètre modèle de 2 ha dans le cadre du transfert technique. La zone d'alésage pour le retraçage sera aménagée par le Rwanda. Les machines de construction telles que les tracteurs, le laser-niveleur seront fournies à l'agence C/P à la fin des travaux de construction.

Il est prévu que la taille d'une parcelle est environ 30m x 100m - 150m et chaque parcelle sera équipée d'entrée et de sortie et puis les parcelles sont connectées au sous-canal d'irrigation et au canal principal de drainage respectivement pour la gestion de l'eau indépendante sur base de la digue. Un bloc de gestion d'irrigation composé de 10 parcelles de rizières. Les Figures ci-dessous décrivent respectivement un plan typique et une section de l'aménagement des parcelles.

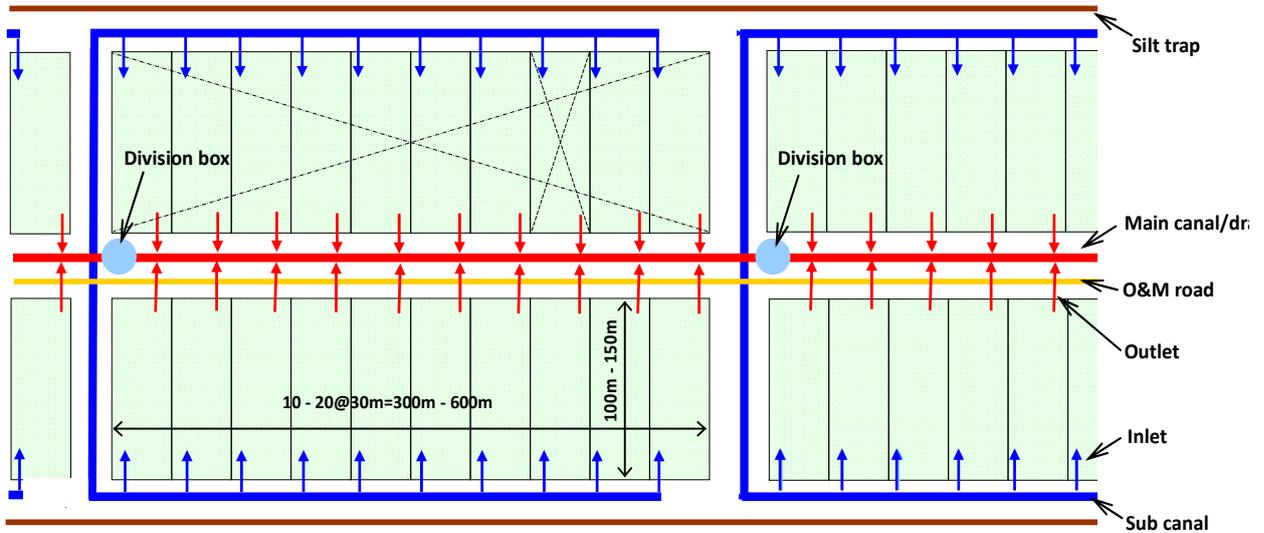


Figure 2.2.1.30 Plan type d'aménagement de la rizière existante

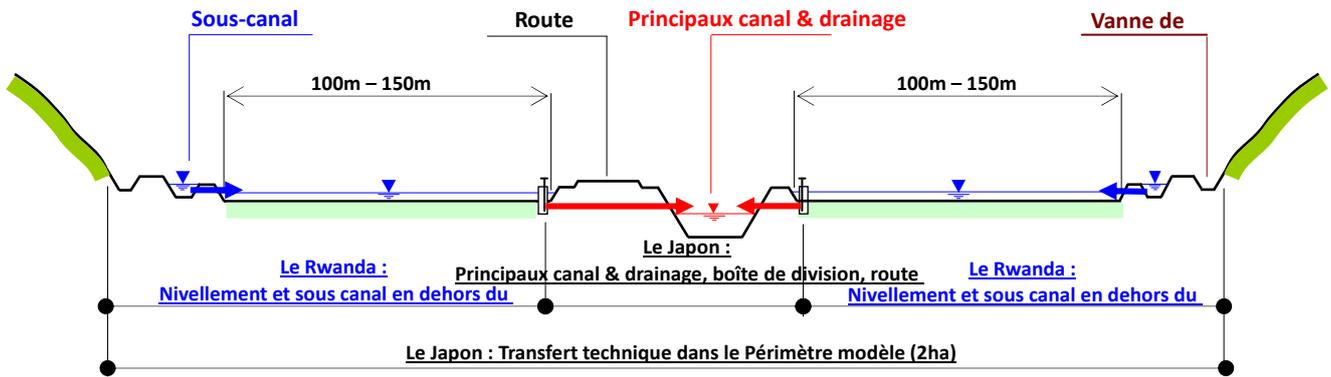
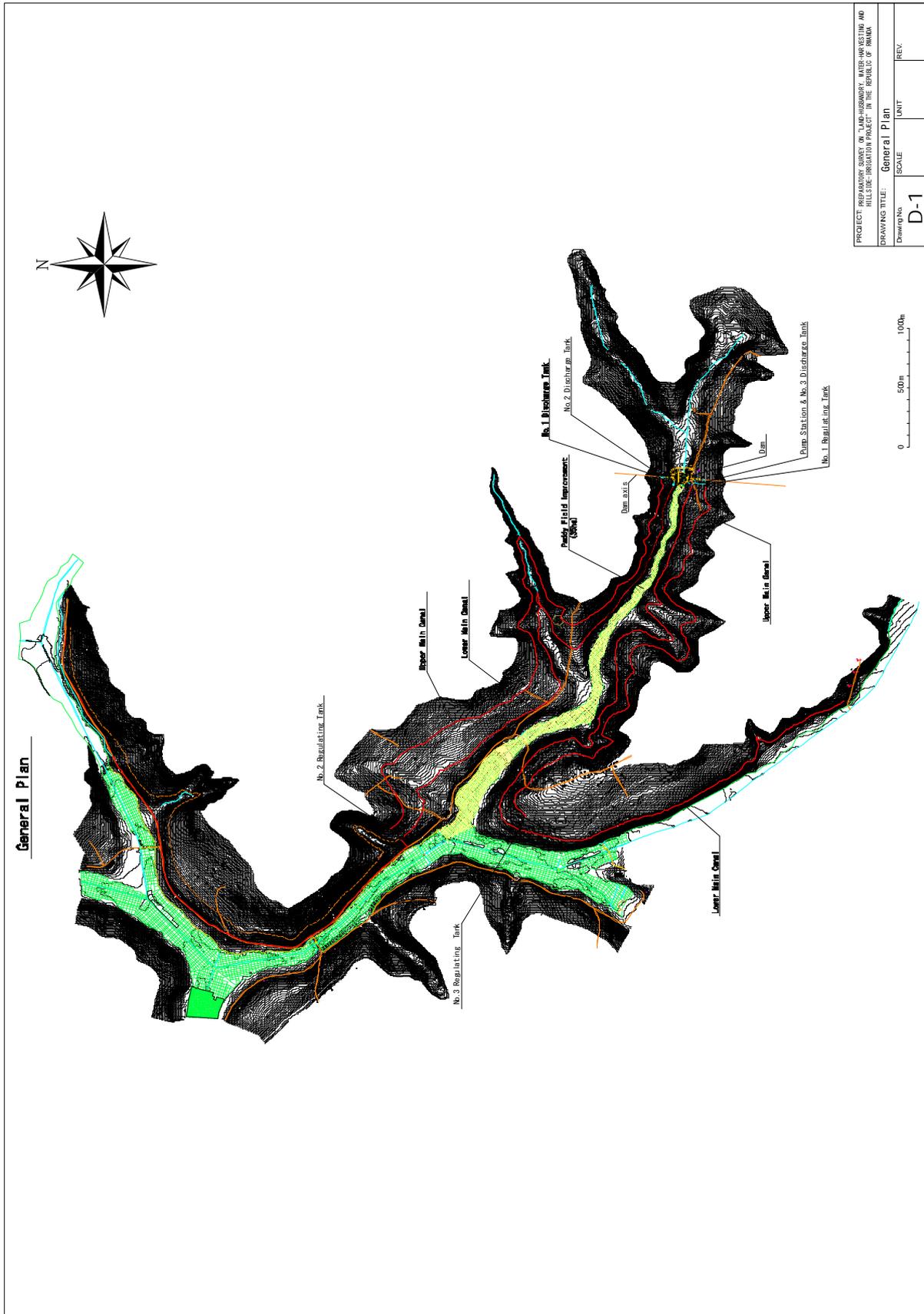
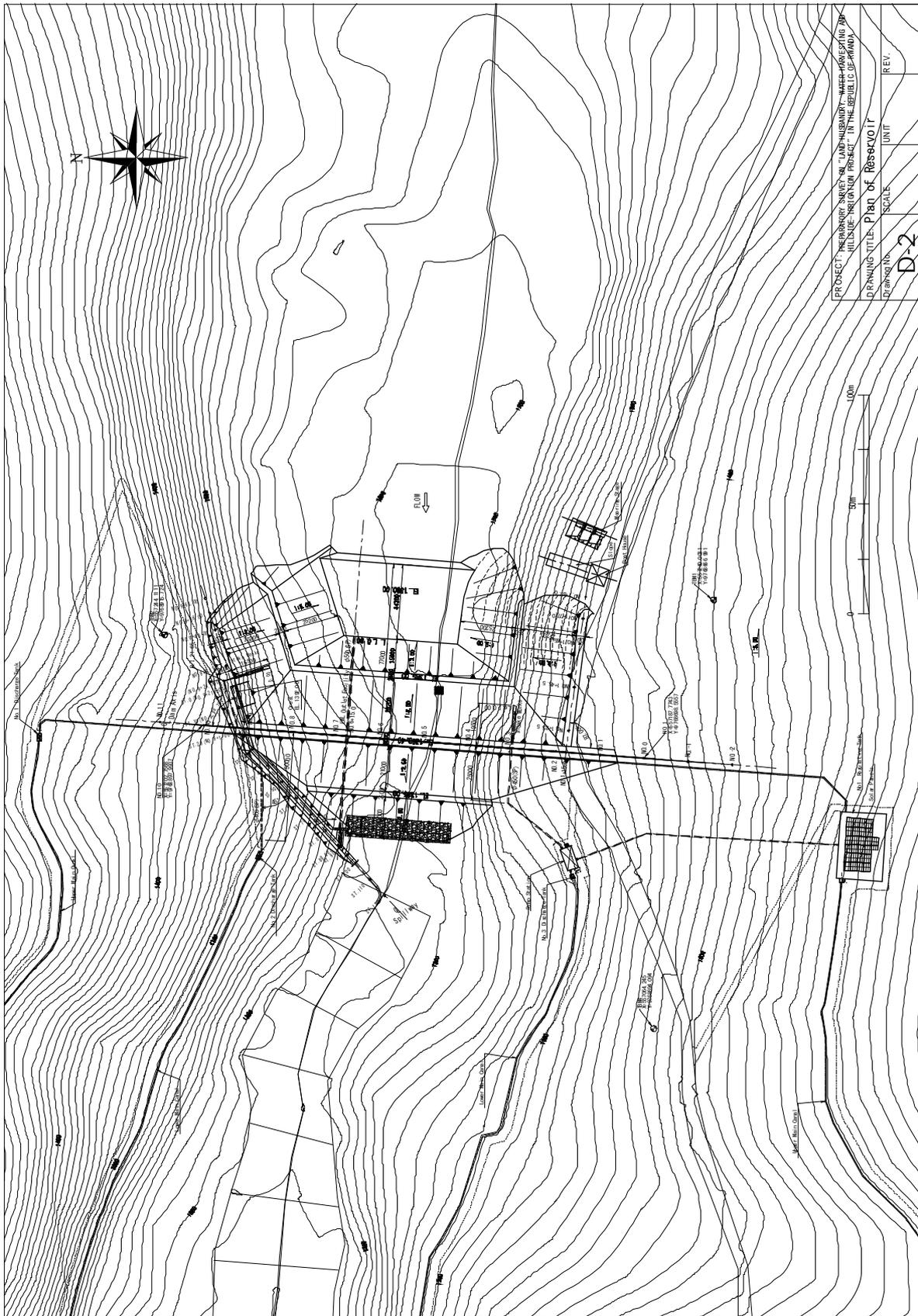


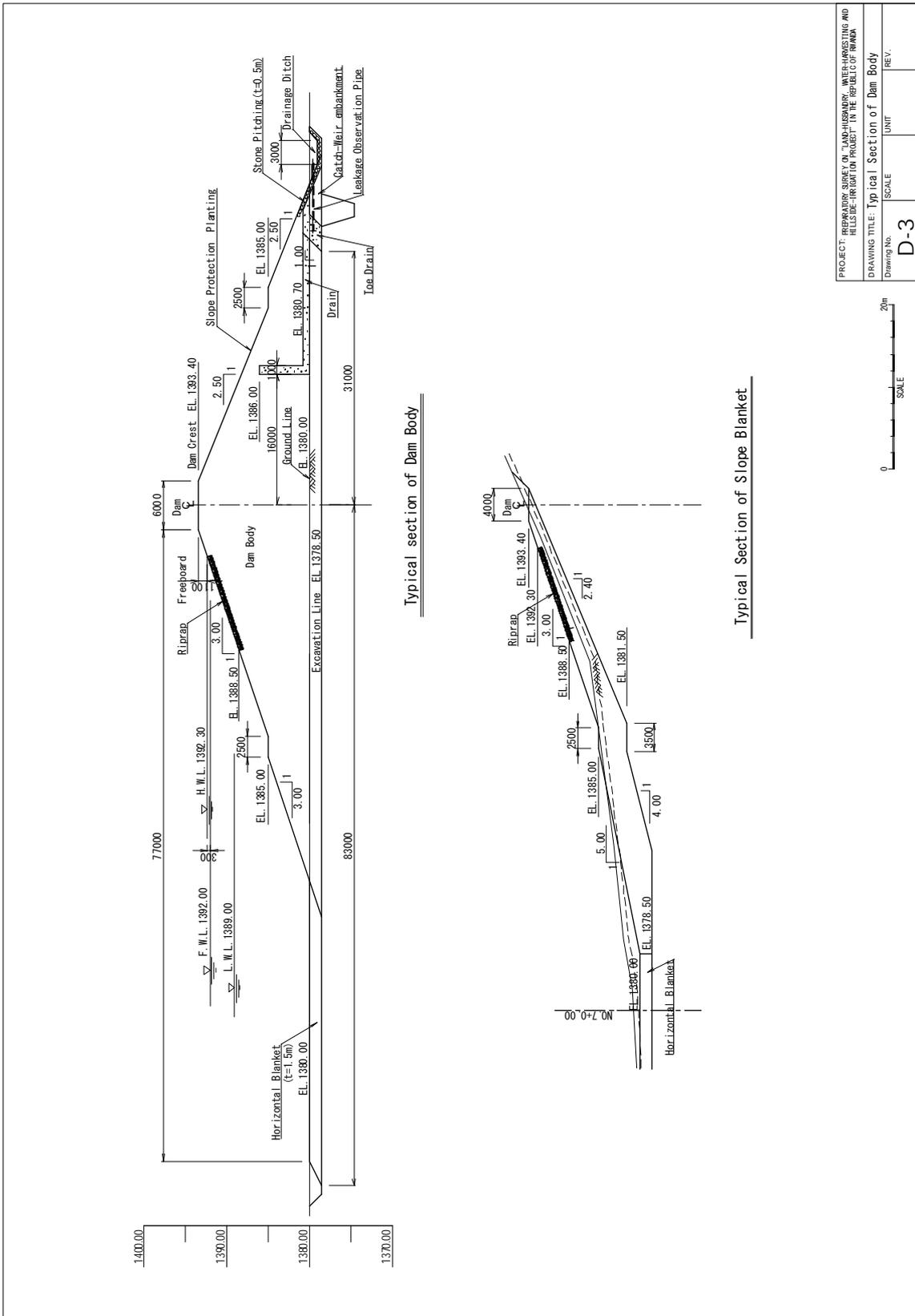
Figure 2.2.1.31 Profil en travers type d'aménagement des parcelles et Partage des rôles entre le Rwanda et le Japon

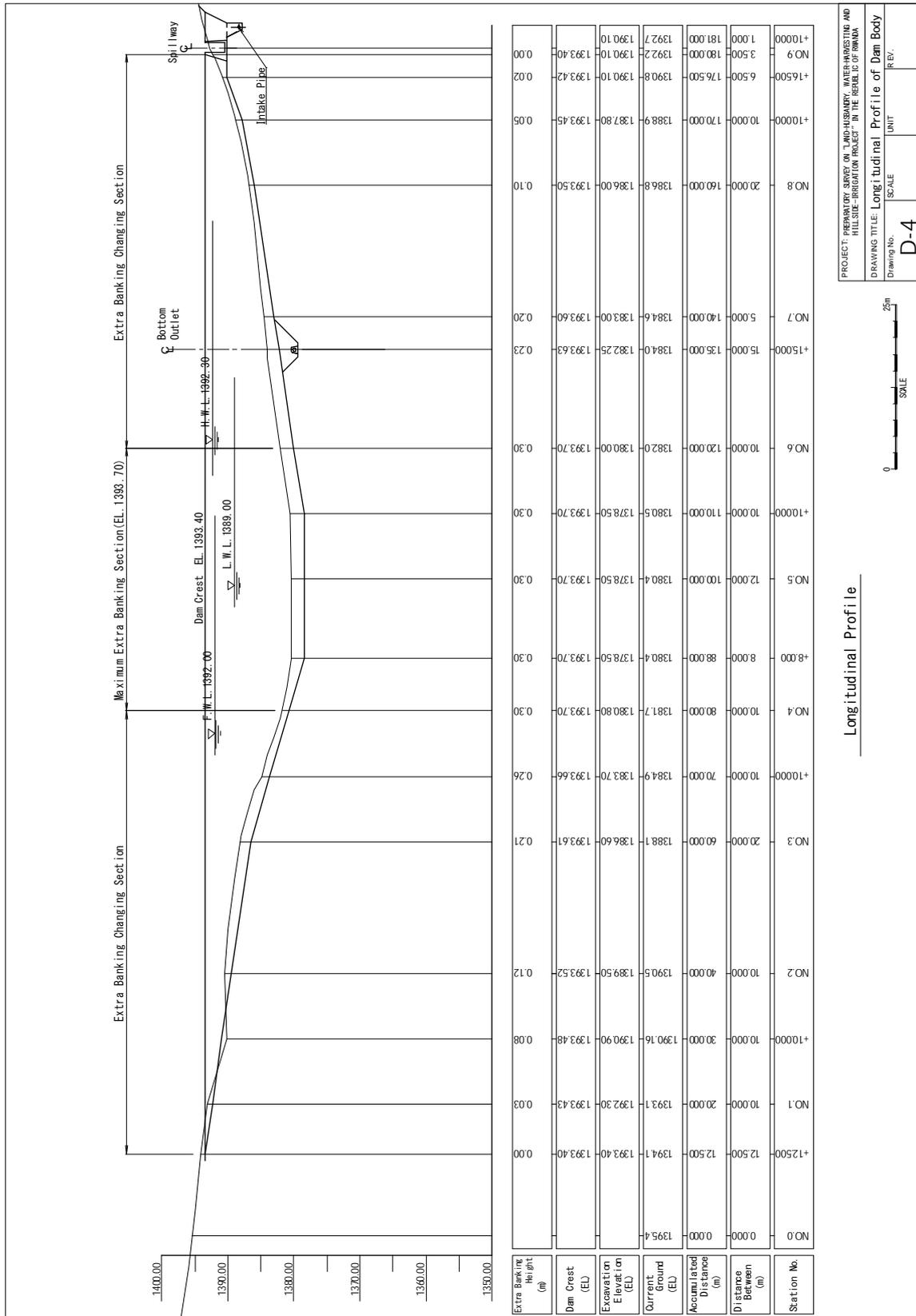
**2-2-2 Plan de la conception générale****Liste des plans**

No	Nom du plan	Fiches
<b>Réservoir</b>		
D-1	Plan général	1
D-2	Plan du réservoir	1
D-3	Section typique du corps du barrage	1
D-4	Profil longitudinal du corps du barrage	1
D-5	Plan et section du déversoir	3
D-6	Section de l'installation de sortie du bas niveau d'eau	3
D-7	Plan et profil des ouvrages de prise à la rive droite	1
D-8	Plan et profil des ouvrages de prise à la rive gauche	1
<b>Installations des canaux</b>		
C-1	Plan du canal d'irrigation	3
C-2	Section typique du canal principal	1
C-3	Section de la station de pompage et No.3 Réservoir du débit	1
C-4	Section du Réservoir du débit	1
C-5	Section du Réservoir régulateur	2
C-6	Schéma unifilaire	1
<b>Amélioration des rizières</b>		
L-1	Plan d'aménagement des parcelles	1
L-2	Profil en travers des rizières	3
	<b>Total</b>	<b>25</b>





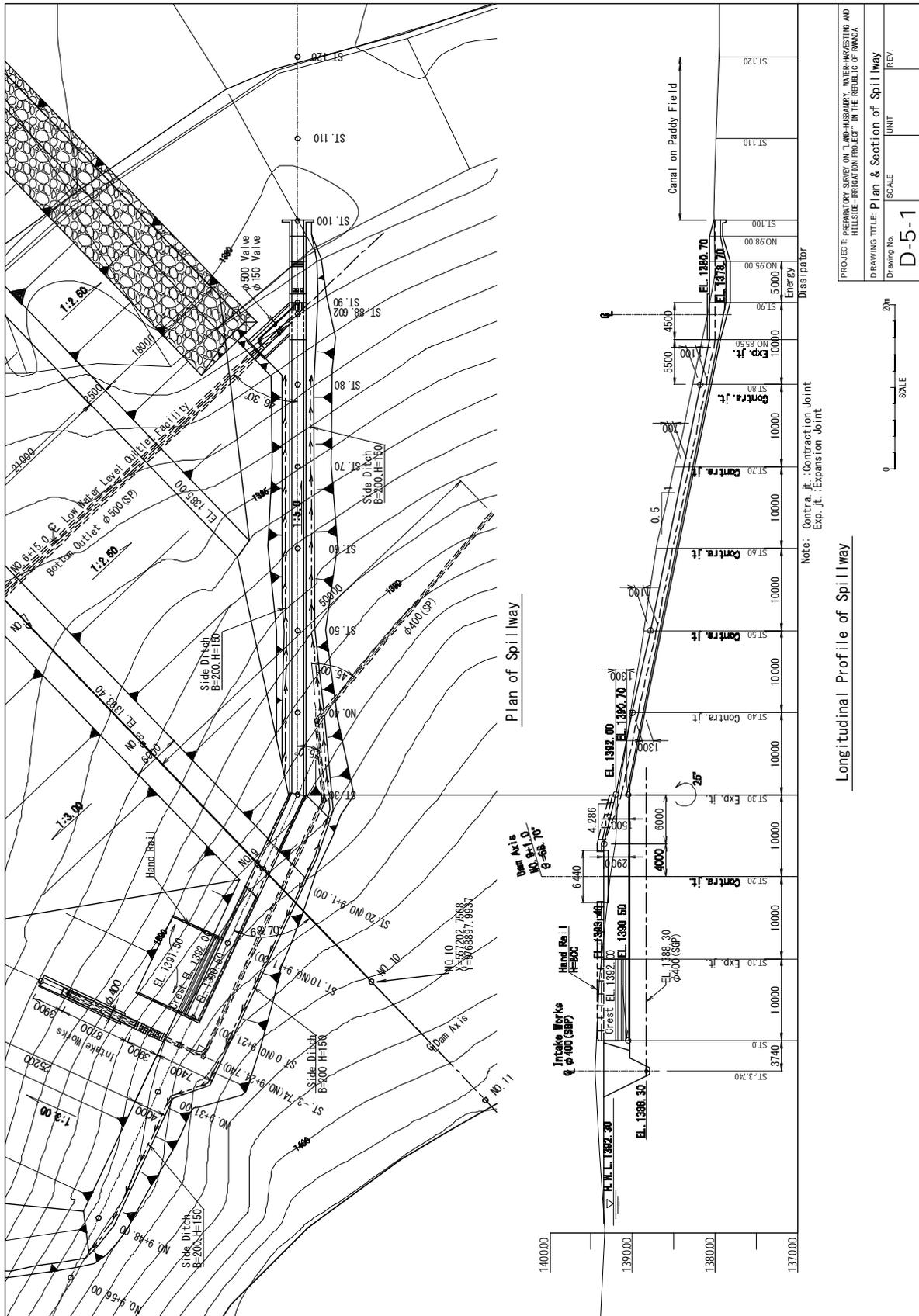


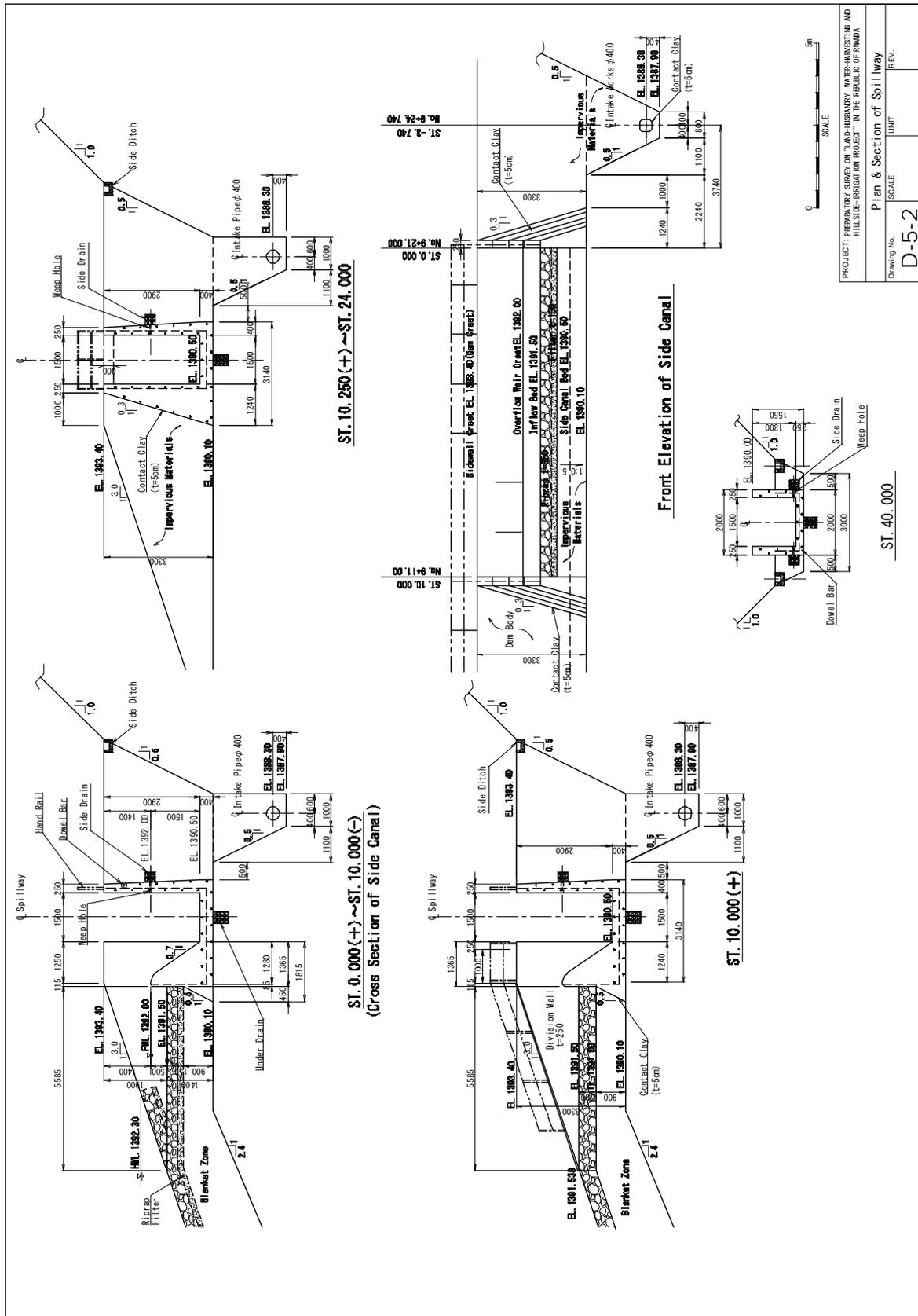


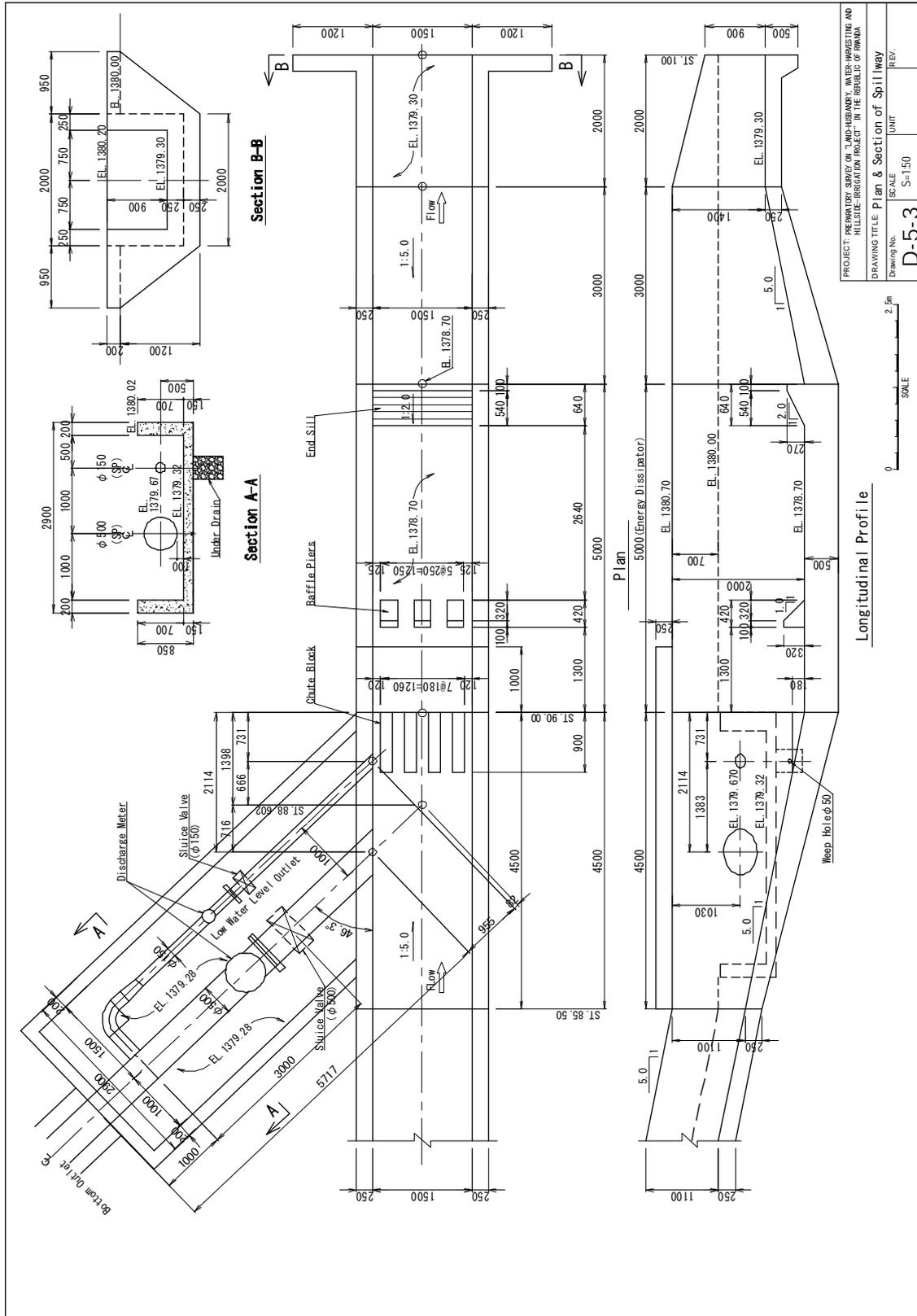
PROJECT: PREPARATORY SURVEY FOR WATER SUPPLY, WATER SANITATION AND ILLUMINATION PROJECT IN THE REGION OF RWANDA  
 DRAWING TITLE: Longitudinal Profile of Dam Body  
 Drawing No. D-4  
 UNIT: SCALE: R EV.

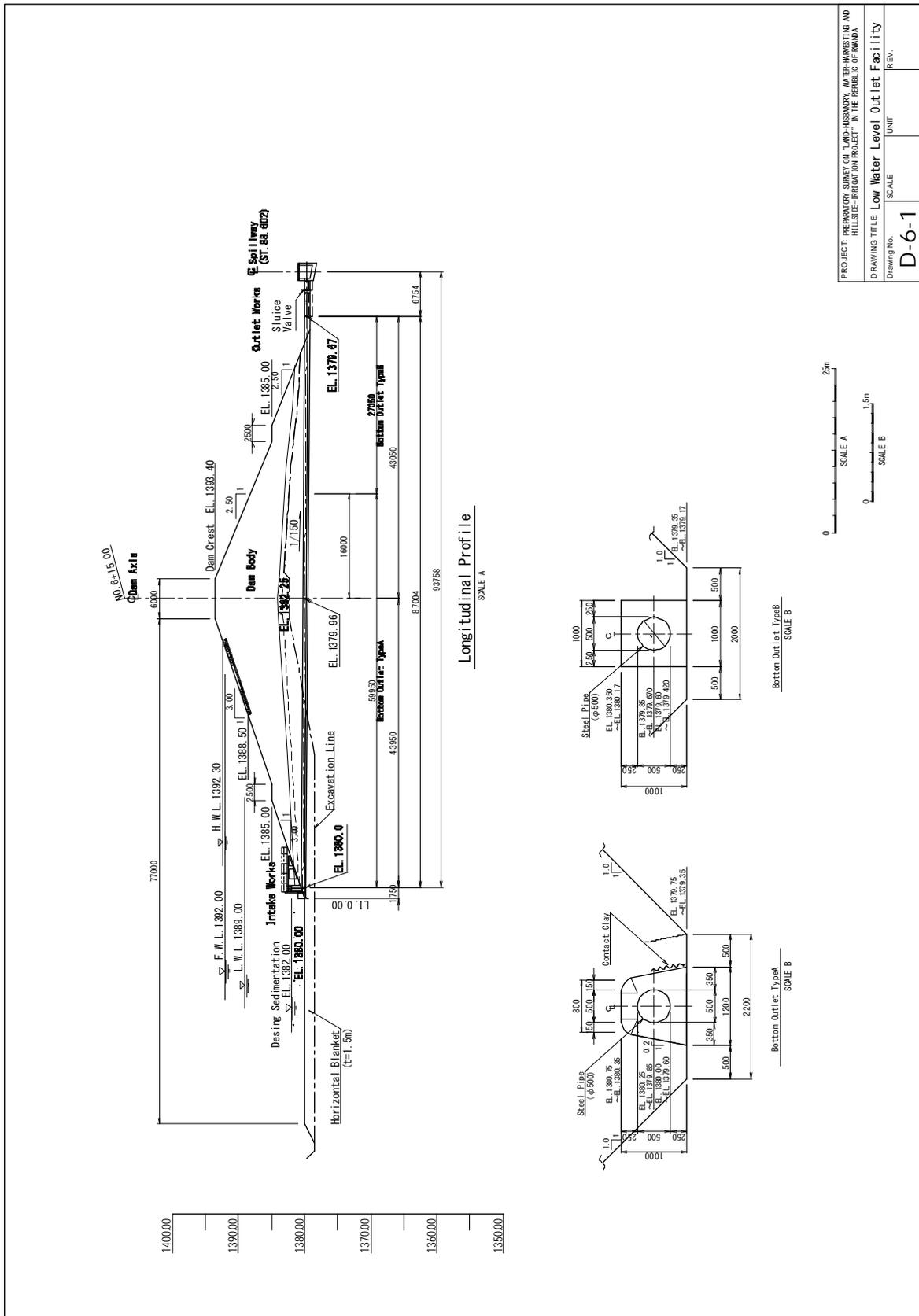
Longitudinal Profile



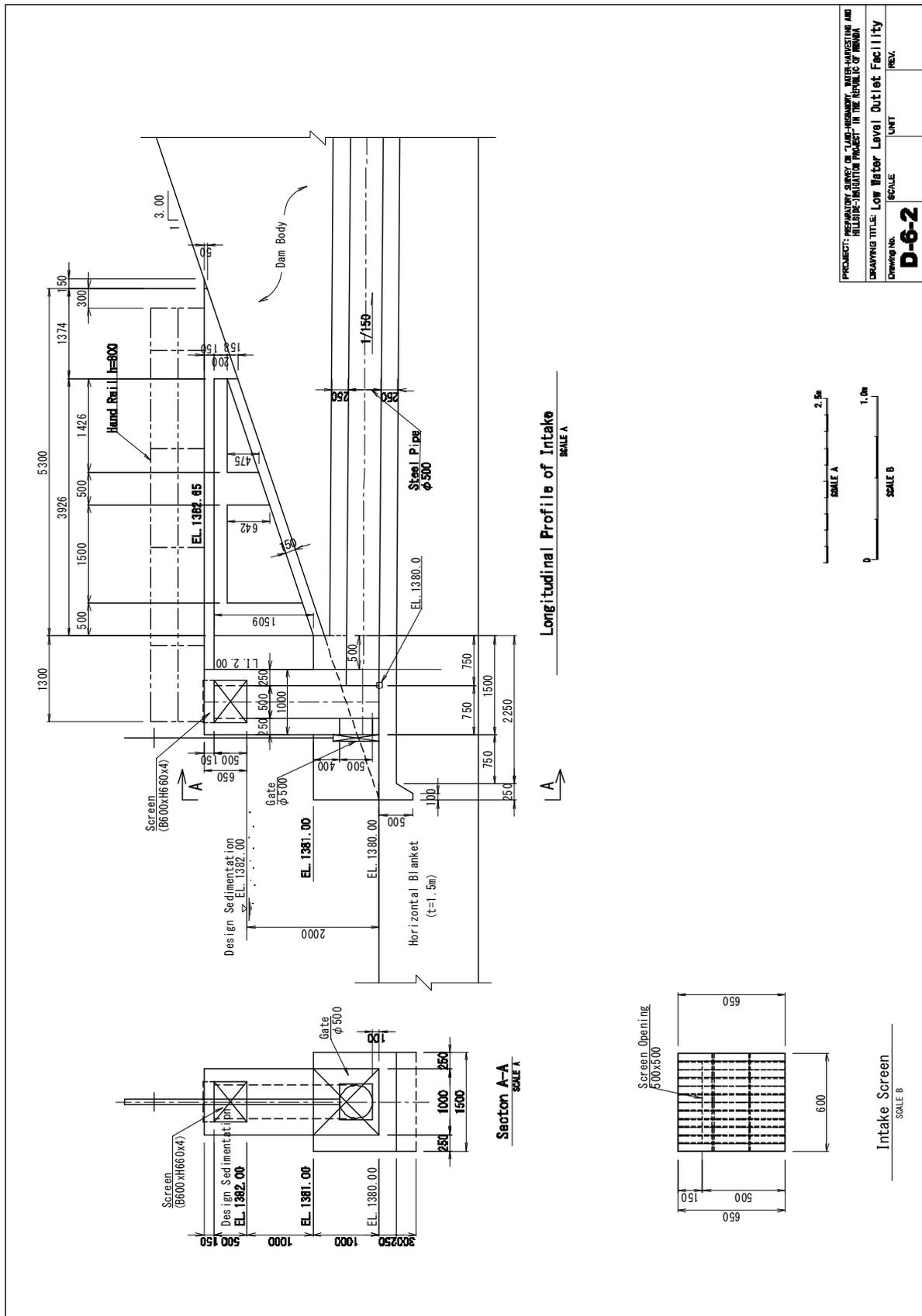


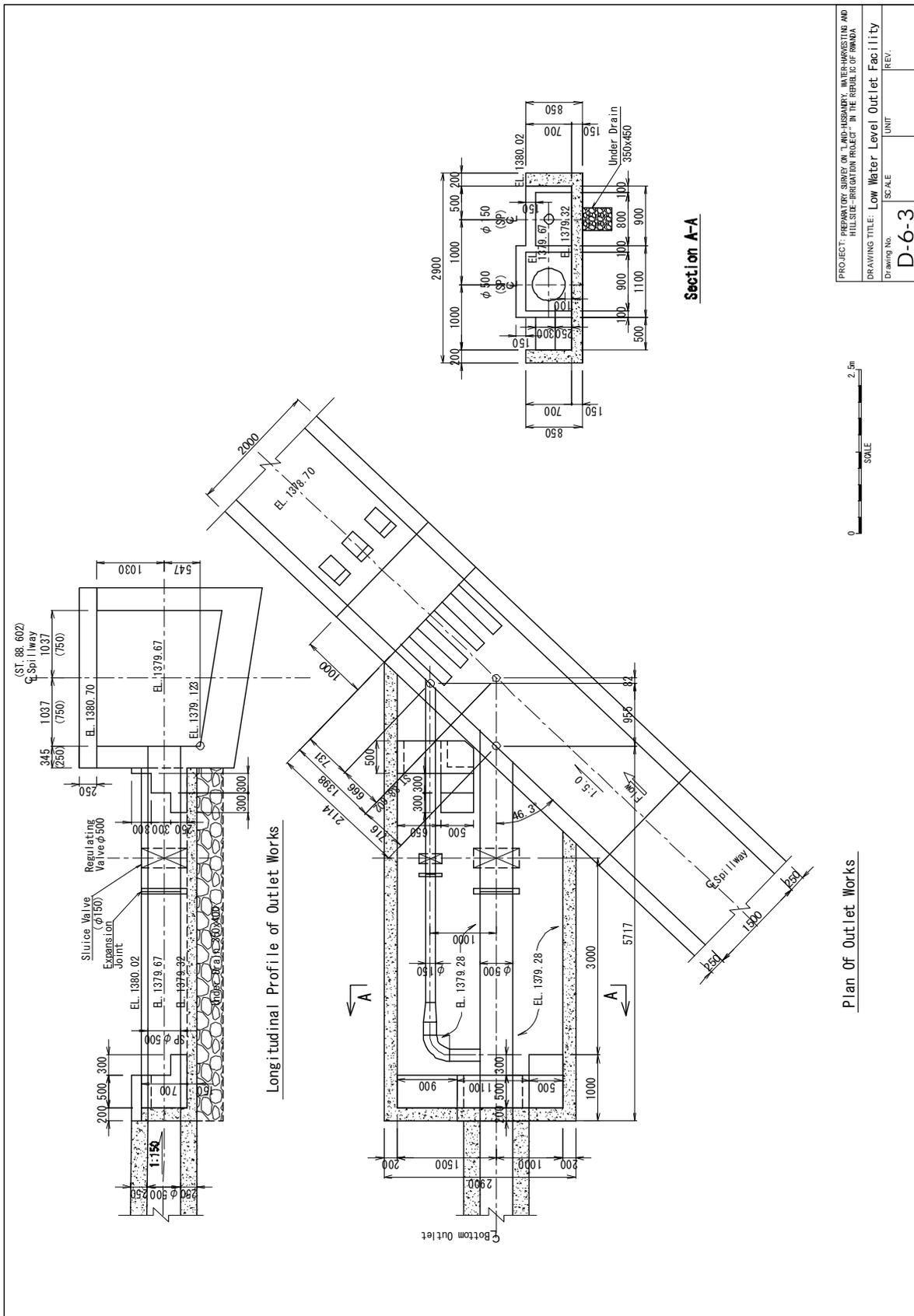




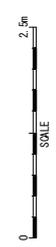


PROJECT: PRELIMINARY SURVEY ON A MAINTENANCE AND REPAIRS PROJECT AT THE FERRELLS OF RWANDA			
DRAWING TITLE: Low Water Level Outlet Facility			
Drawing No.	SCALE	UNIT	REV.
D-6-1			

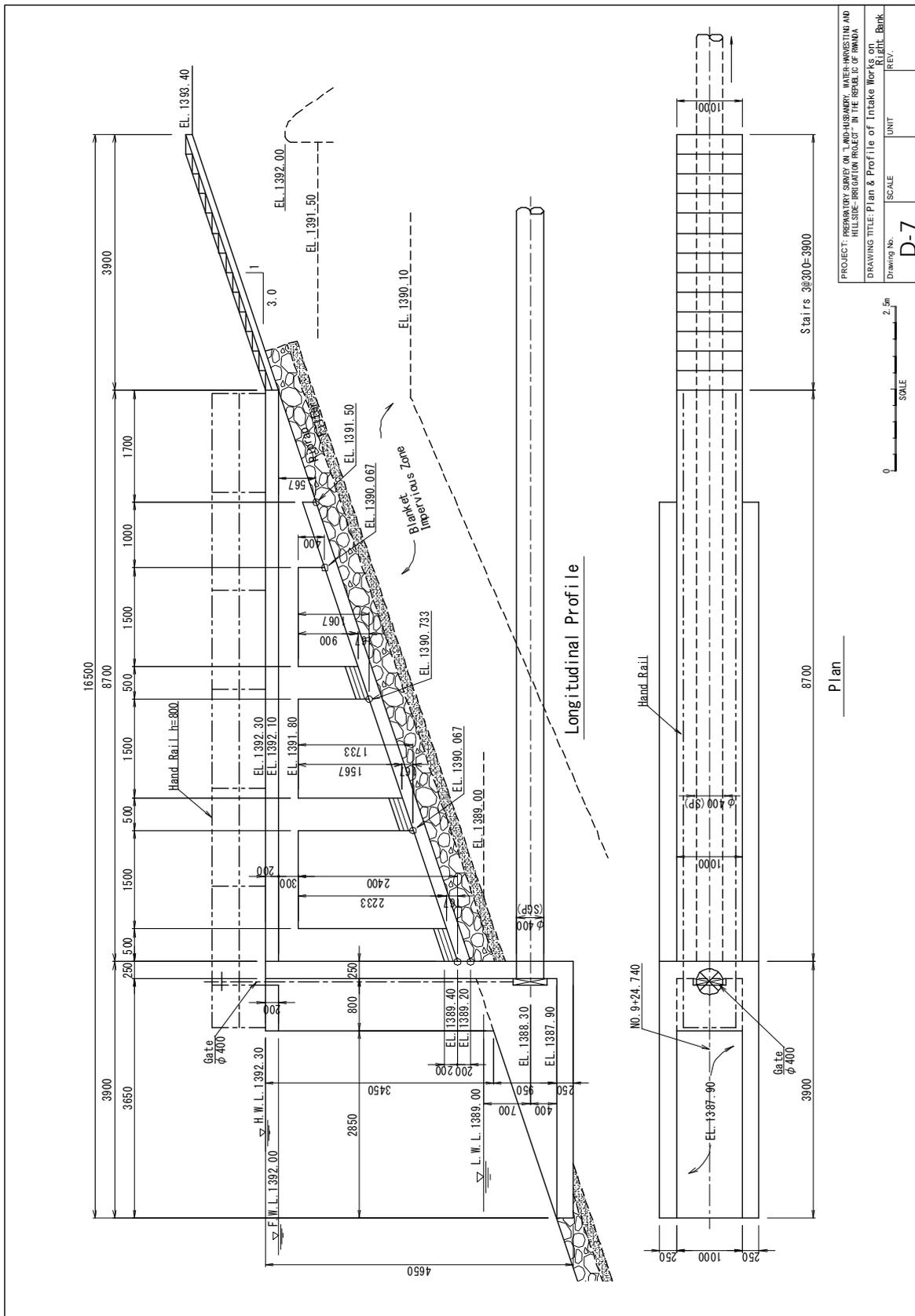


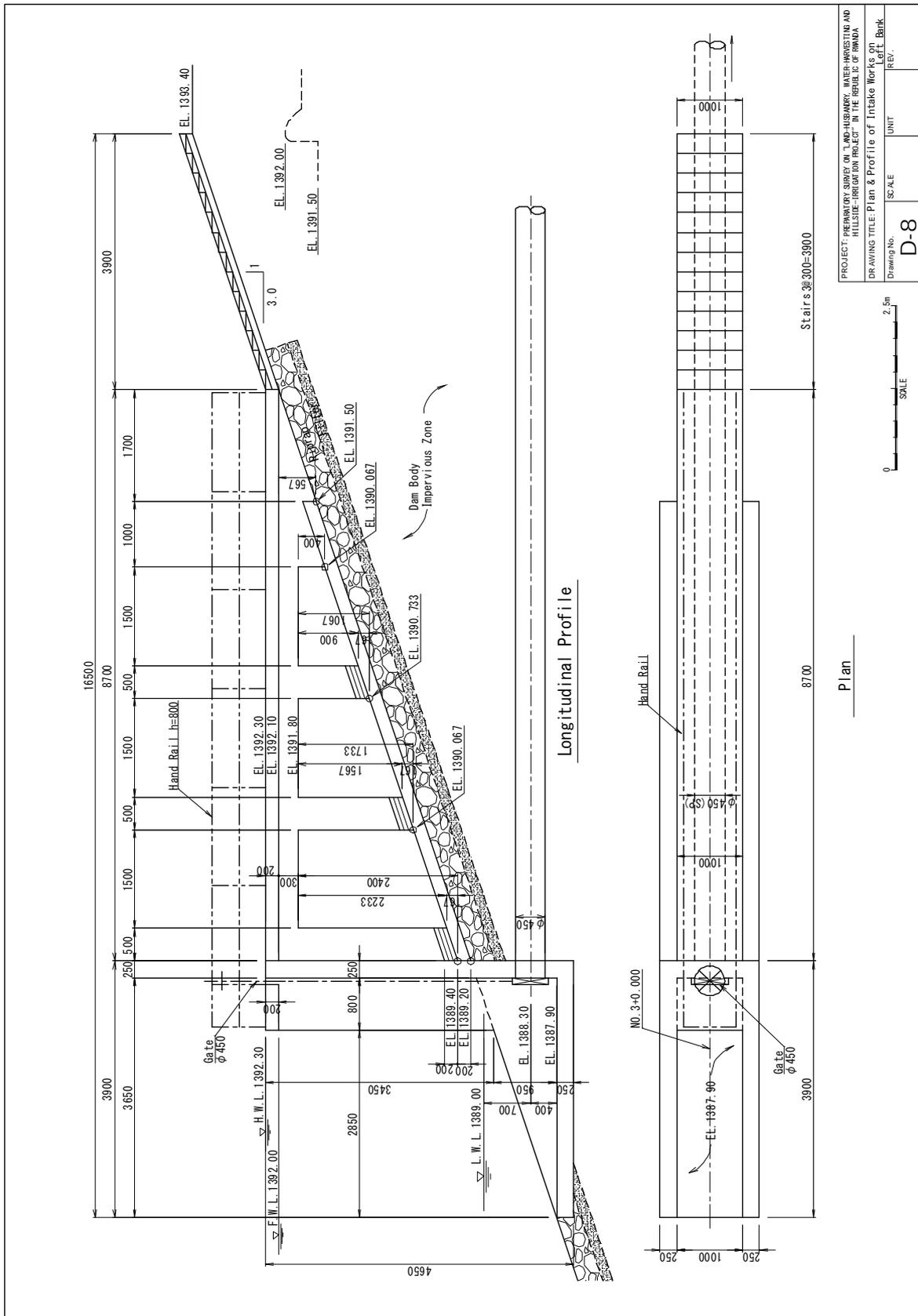


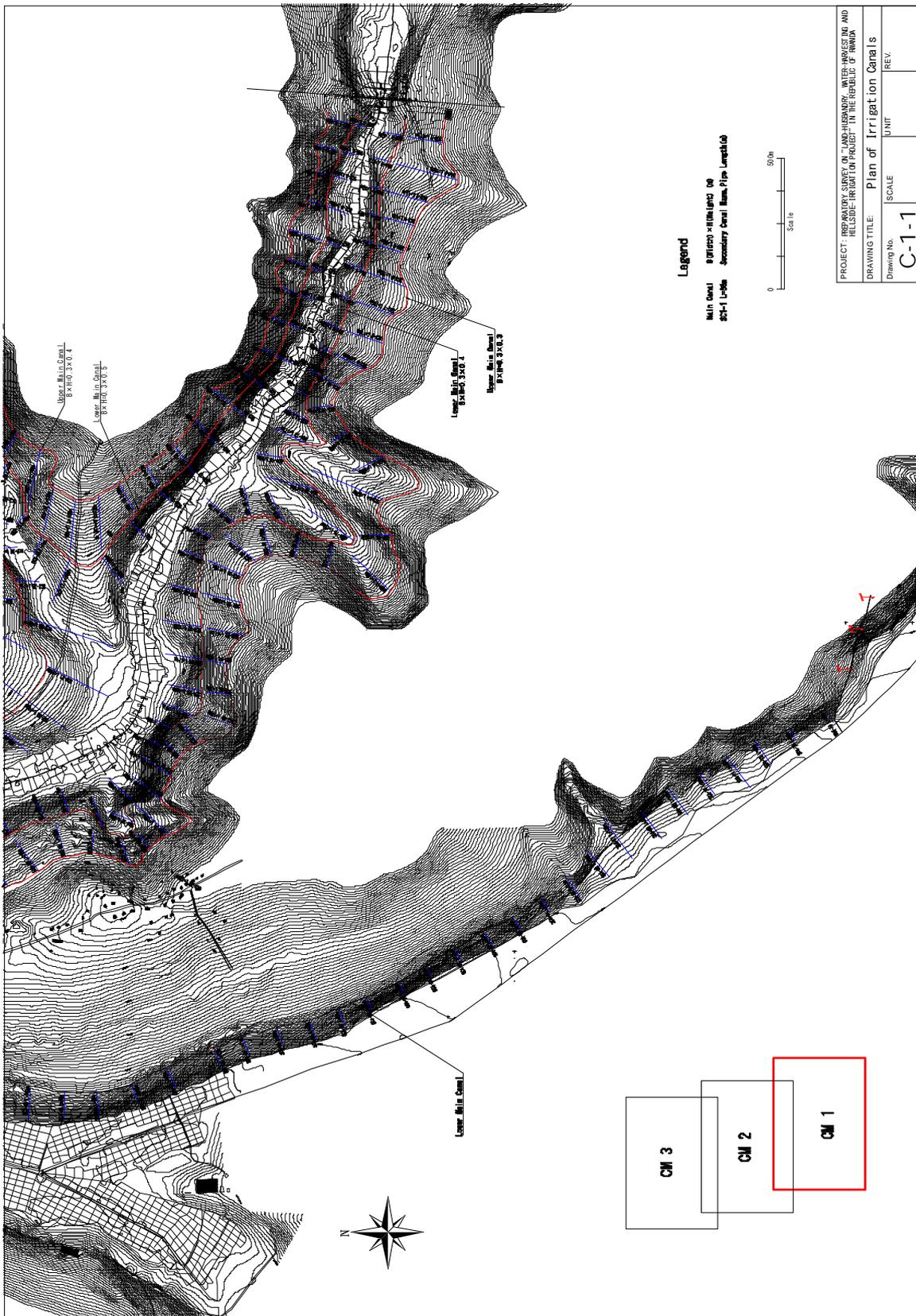
PROJECT: PREPARATORY SURVEY ON "MID-HILLSMERRY WATER HARVESTING AND HILLSIDE-IRRIGATION PROJECT" IN THE REPUBLIC OF RWANDA.		
DRAWING TITLE: Low Water Level Outlet Facility	SCALE	UNIT
Drawing No. D-6-3		REV.

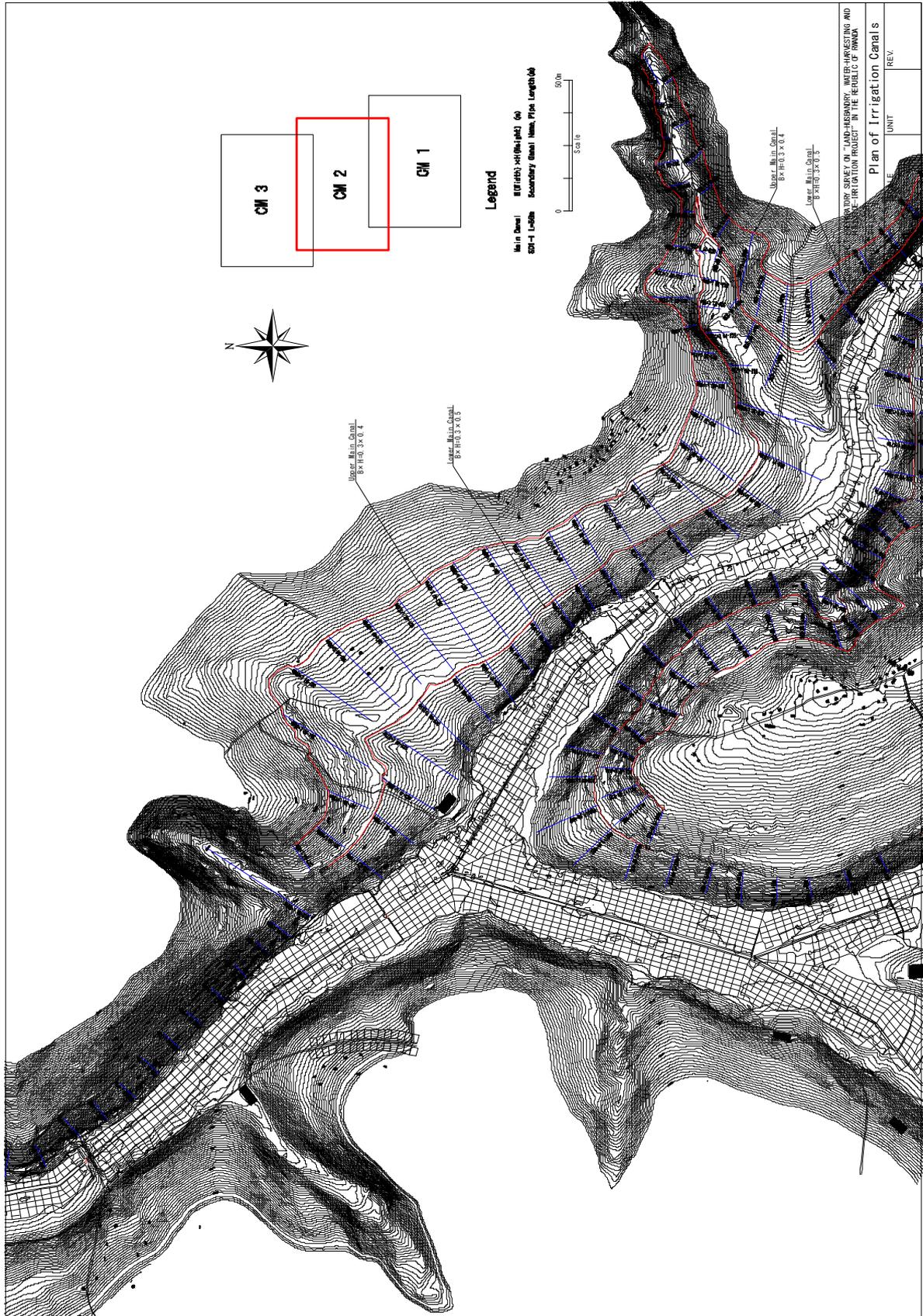


Plan of Outlet Works

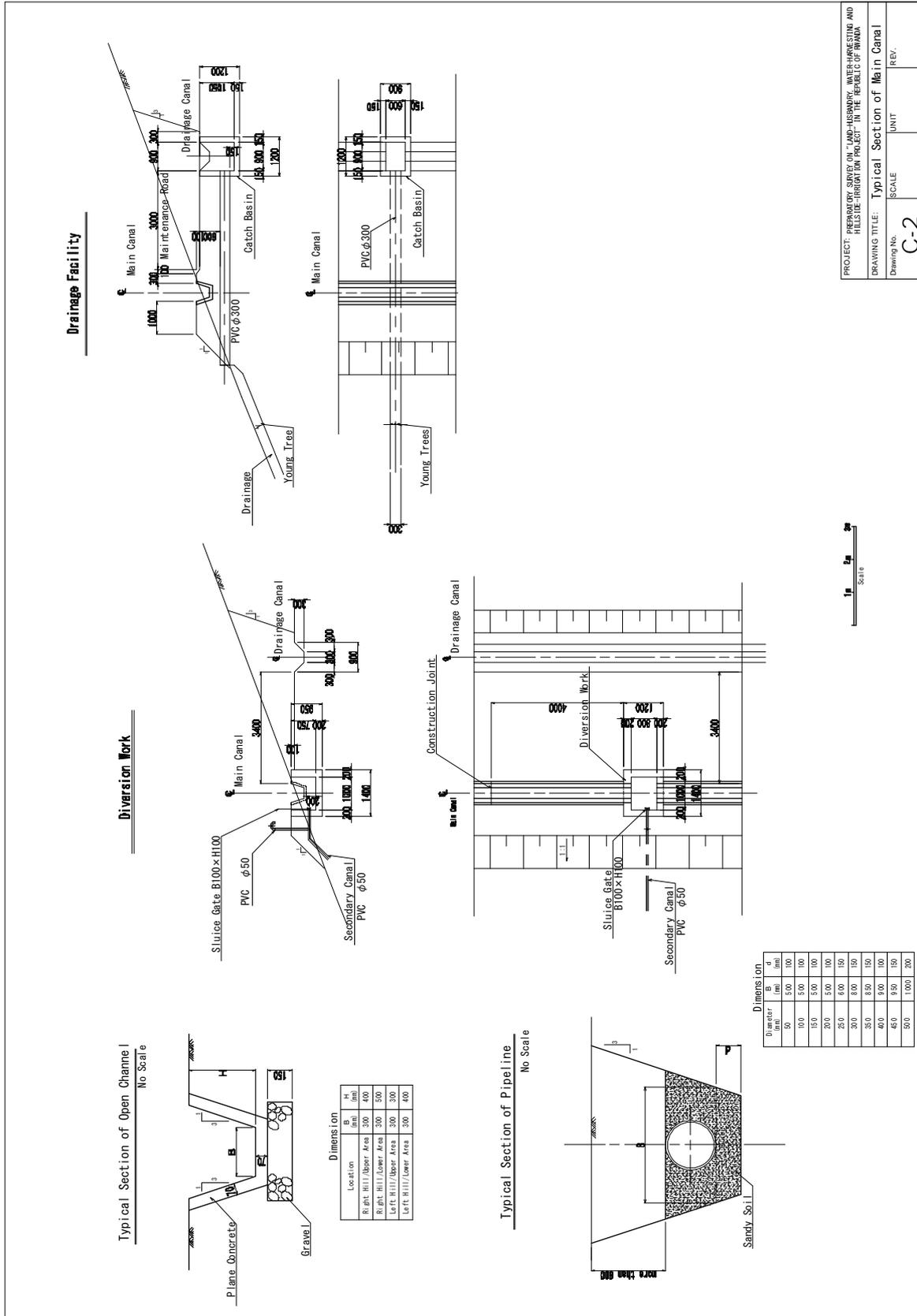




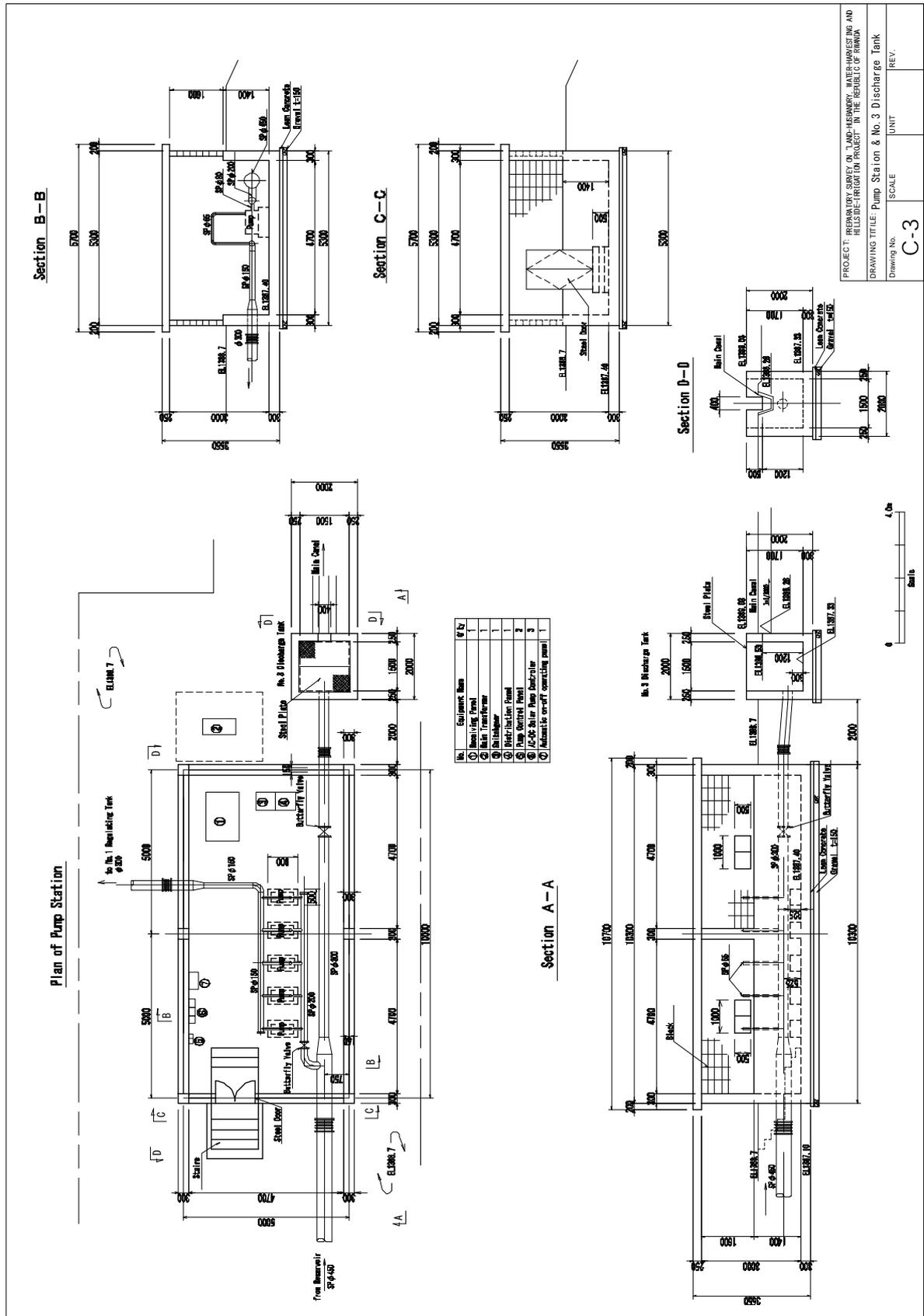


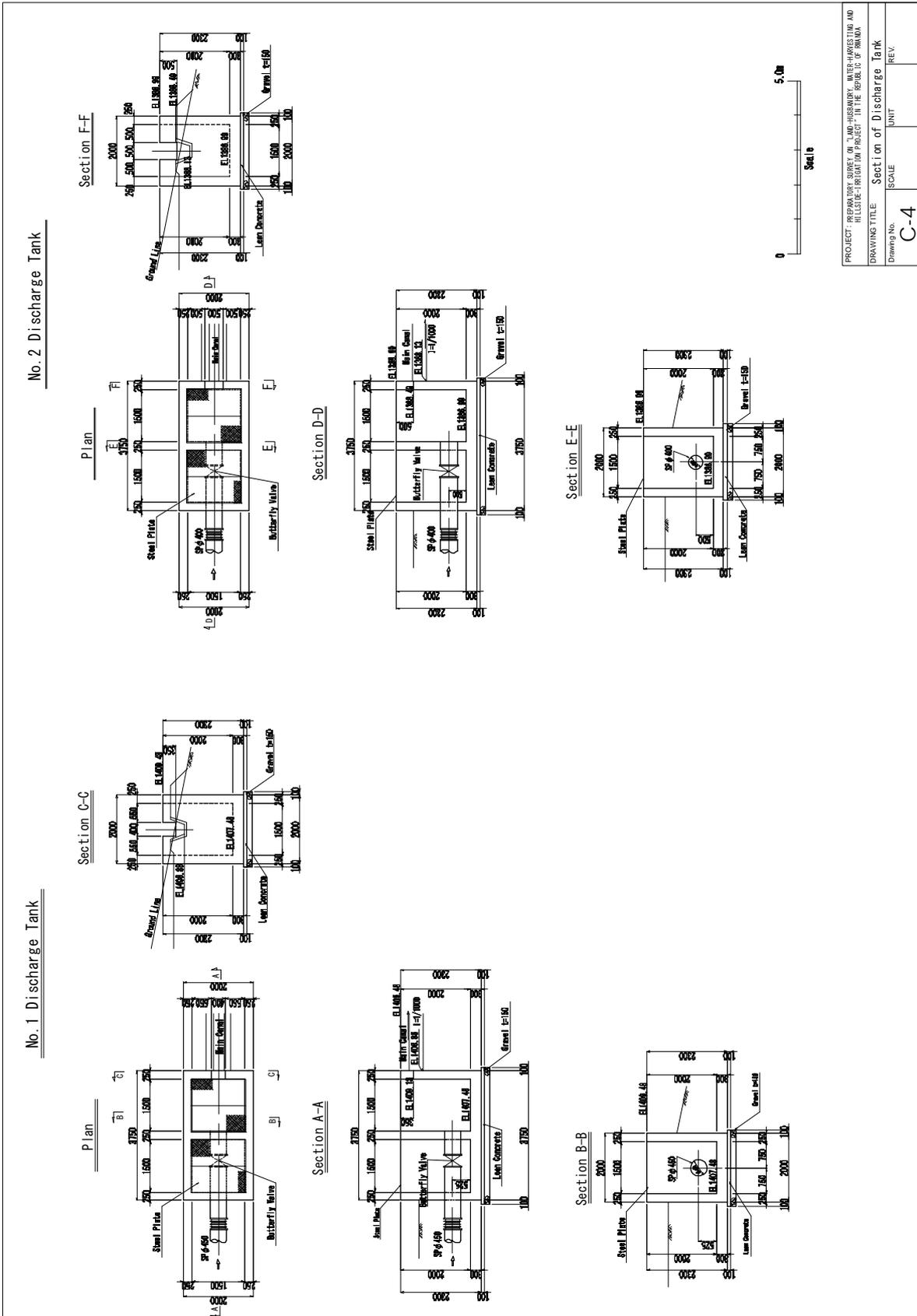






PROJECT: PRELIMINARY SURVEY ON "LAND-HUSBANDRY, WATER-HARVESTING AND HILLSIDE-IRRIGATION PROJECT" IN THE REPUBLIC OF RWANDA	
DRAWING TITLE: Typical Section of Main Canal	
Drawing No.:	UNIT
<b>C-2</b>	SCALE
REV.	

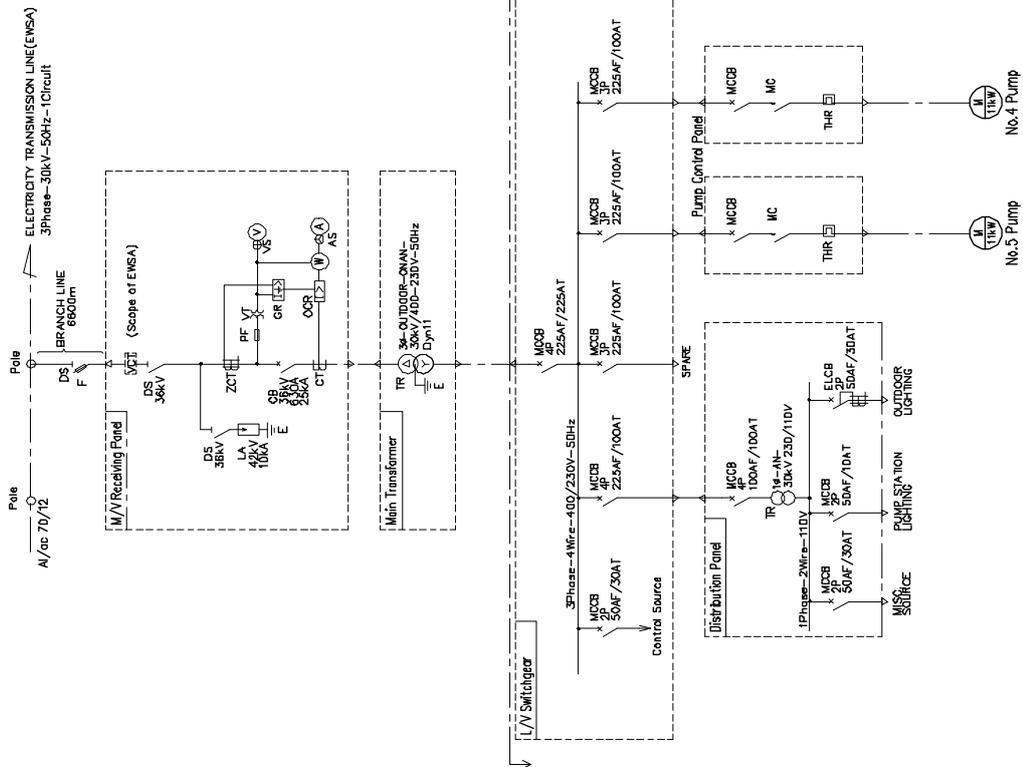








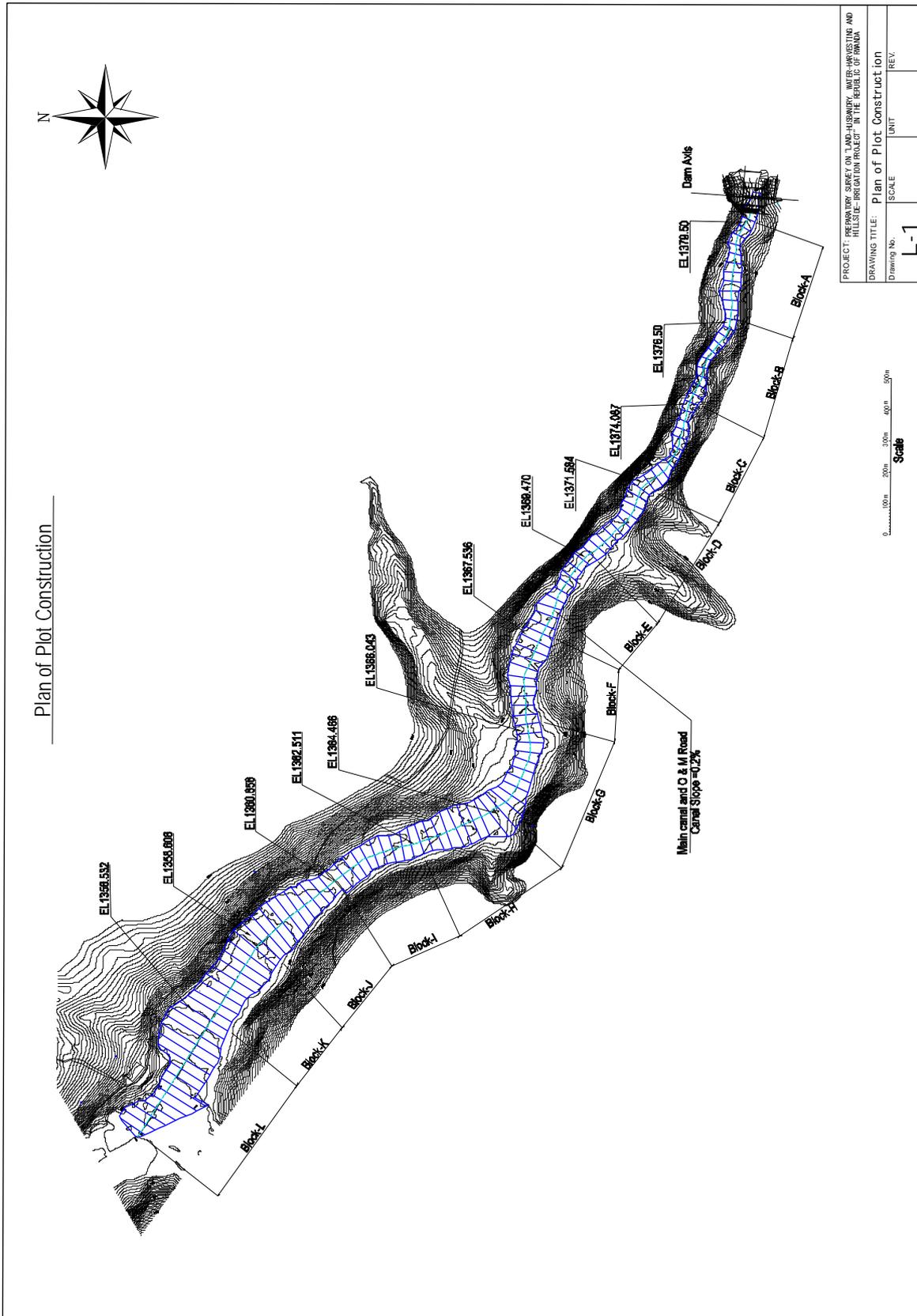
Single Line Diagram



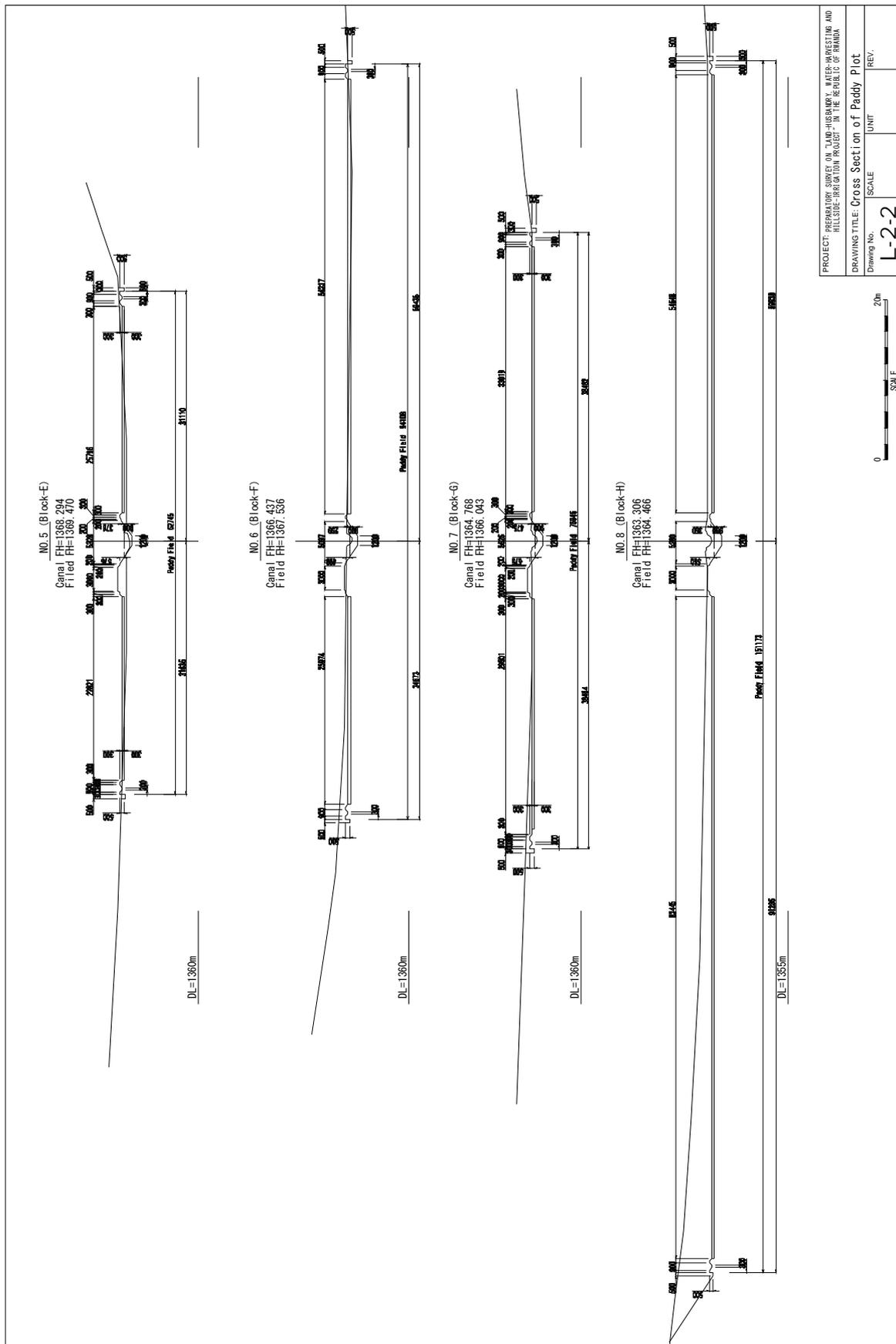
Legend

Abbreviation	Description	Description	
TR	Transformers	Relay/Current-Operated Circuit Breaker	
VCT	Instrument Transformers for Metering Service	MC	Electromagnetic Contactor
VT	Voltage Transformers	CCR	Overcurrent Relays
CT	Current Transformers	GR	Ground Relays
ZPT	Zero-Phase Sequence Current Transformers	THR	Thermal Relays
LA	Lightning Arresters	M	Motors
DS	Disconnecting Switches	A	Ammeters
CB	Circuit Breakers	V	Voltmeters
F	Fuses	W	Watt Meters
PF	Power Fuses	AS	Ammeter Change-over Switches
MCCB	Molded-Case Circuit Breakers	VS	Voltmeter Change-over Switches

PROJECT: PRELIMINARY SURVEY ON "LAND-HUSBANDRY, WATER-HARVESTING AND HILLSIDE-IRRIGATION PROJECT" IN THE REPUBLIC OF RWANDA		
DRAWING TITLE: Single Line Diagram		
Drawing No.	SCALE	UNIT
C-6		







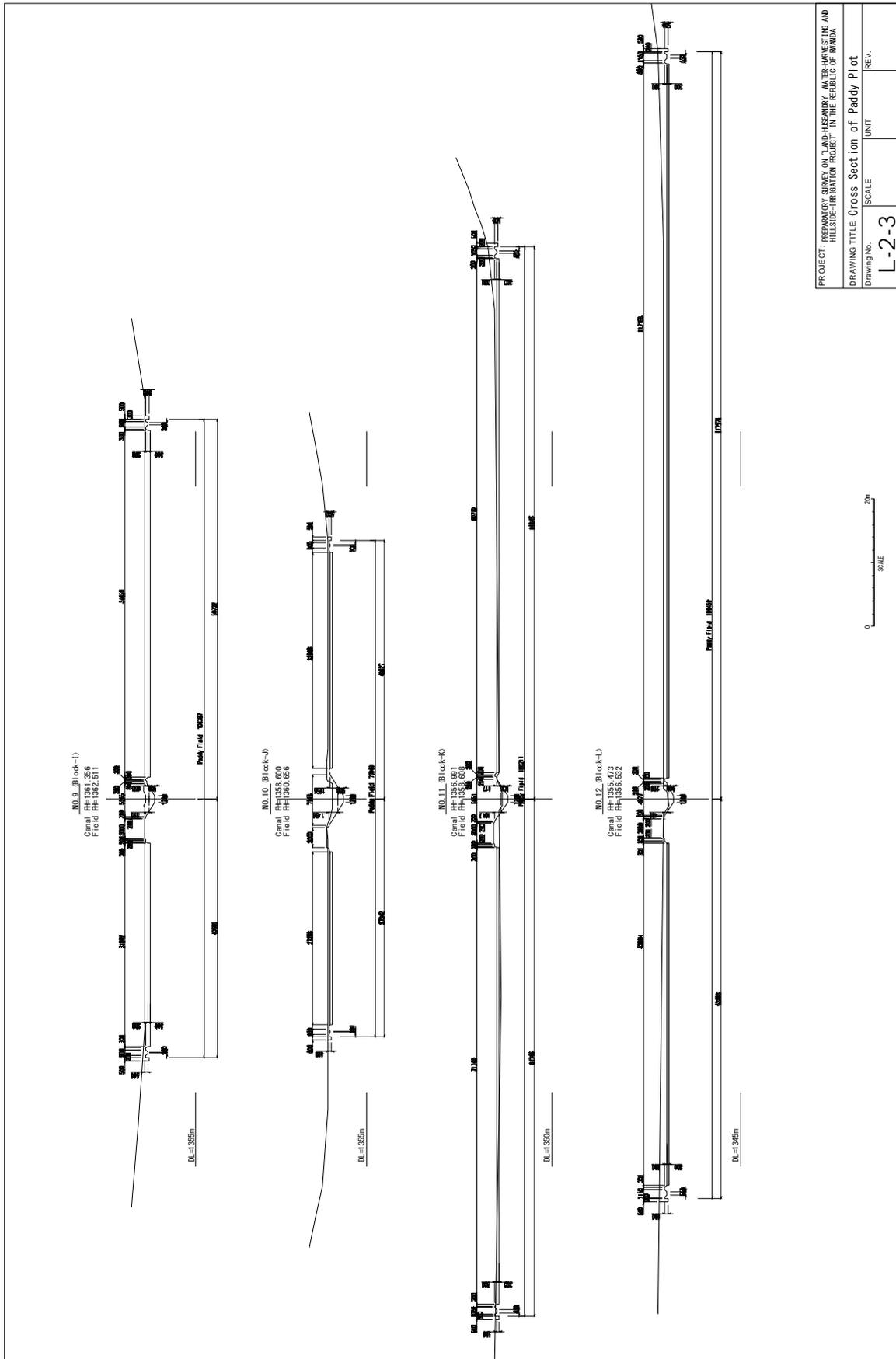
PROJECT: PREPARATORY SURVEY ON "LAW-HUSBANDRY, WATER-HARVESTING AND HILLSIDE-IRRIGATION PROJECT" IN THE REPUBLIC OF RWANDA.

DRAWING TITLE: Cross Section of Paddy Plot

Drawing No. UNIT SCALE REV.

L-2-2





## **2-2-3 Plan d'exécution**

### **2-2-3-1 Politique de mise en exécution**

#### **1) Généralité**

L'activité du Projet va continuer avec l'étape de mise en exécution après les discussions sur l'échange d'observations relatif à l'approbation du Gouvernement japonais afin d'esquisser un plan. Le formulaire du contrat de mise en exécution du Projet constitue un système de contrat à prix forfaitaire.

#### **2) Disponibilité d'un entrepreneur local**

Le Rwanda a été membre de la Communauté Est-Africaine (EAC) depuis 2007. Depuis lors, les interactions logistiques et humaines sont devenues actives. D'une façon particulière, les matériaux et la technologie de construction variés ont été introduits depuis le Kenya, et par après, les entrepreneurs locaux ont amélioré leurs expériences et capacités dans le domaine de construction. Ils ont aussi empilé des performances dans le domaine des travaux d'ingénierie de construction. Par conséquent, en se basant sur cet historique, le Projet prévoit d'utiliser effectivement les entrepreneurs locaux qui résident à Kigali. Certains d'entre eux ont déjà acquis des expériences dans les infrastructures d'irrigation identiques à celles prévues par ce Projet.

#### **3) Agence d'exécution de la partie rwandaise**

L'agence d'exécution de la partie rwandaise dans ce Projet est le MINAGRI (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales) qui a la responsabilité de promouvoir et de mettre en exécution le Projet de type LWH.

### **2-2-3-2 Conditions de mise en exécution**

#### **1) Points à tenir en considération dans la construction**

Il est prévu un barrage homogène de remblai ayant une hauteur de 14,9 m. Le puits d'emprunt et le puits de décharge du sol seront placés dans un endroit submergé créé par la construction du barrage. Le matériau de remblai sera remblayé tout en maintenant l'humidité du sol par l'aspersion. En ce qui concerne les engins lourds dans les travaux de remblai du corps du barrage, un bulldozer de type 21 tonnes et un cylindre vibrant de type 10 tonnes seront utilisés dans l'épandage et le bourrage pour atteindre l'épaisseur finie de 20 cm.

L'énergie solaire et l'électricité commerciale seront utilisées dans les opérations du système de pompage. L'extension de la ligne électrique commerciale (de type triphasée) de 6,6 km jusqu'au site de construction est prévue. En tenant compte du délai des travaux d'extension d'électricité commerciale et de sa coupure, un groupe électrogène sera installé comme dépanneur.

Les canaux principaux qui consistent en canaux à ciel ouvert coulant en amont de la zone d'intérêt et le système de pipeline souterrain situé en aval dans la zone du Projet sont alignés le long de la ligne de contour du terrain de versant de colline. La construction des canaux principaux devra commencer depuis le canal à ciel ouvert qui couvre l'endroit de niveau bas d'élévation (zone d'irrigation par poids) de chaque rive en amont de la zone d'intérêt. Par après, les travaux de construction progresseront vers un plus haut endroit d'élévation (zone d'irrigation par pompage) de deux rives en amont de la zone bénéficiaire. Les parties du pipeline seront traitées après l'achèvement de construction d'un canal à ciel ouvert.

Les canaux secondaires de 27 km de longueur qui sont en tuyaux PVC seront posés à chaque intervalle de 100 m le long du canal principal. Le système d'irrigation dans le champ après l'abstraction de l'eau d'irrigation dans les prises d'eau le long des canaux secondaires sera effectué en utilisant le tuyau

d'arrosage et les arrosoirs pour mettre en pratique le système d'irrigation qui épargne l'eau. La construction du canal secondaire sera exécutée en utilisant la main d'œuvre seulement parce qu'il est difficile d'acheminer des engins lourds dans le chantier de construction.

En ce qui a trait à la parcelle de construction (à retracer) du champ rizicole de paddy, les travaux de réhabilitation du canal d'irrigation et de drainage ainsi que des opérations de construction d'une route et de sa maintenance seront à charge de la partie japonaise, alors que le coût des travaux de nivellement des parcelles rizicoles sera partagé entre les deux parties : la partie japonaise (2 ha) et la partie rwandaise (30 ha) après la mise en exécution du transfert des techniques en utilisant les engins comme le tracteur, le niveleur laser, etc. qui seront remis à la partie rwandaise après l'achèvement de tous les travaux de construction.

## 2) Considérations à tenir en compte en matière d'approvisionnement

Puisque les résidents vivant autour de la zone de construction seront obligés de cesser de cultiver pendant la période de construction, le Projet prévoit de les employer comme travailleurs. Alors que la main d'œuvre qualifiée qui sera employée provient du District de Ngoma et/ou du District de Kirehe, des ingénieurs seront recrutés à Kigali suite à la difficulté de les trouver dans la région de Ngoma.

### 2-2-3-3 Etendue des travaux

Les travaux de construction sont partagés entre le Japon et le Rwanda comme ce tableau l'indique.

**Tableau 2.2.3.1 Plan de construction, d'approvisionnement et d'infrastructures**

Infrastructures	Partie japonaise	Partie rwandaise
Totalité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pavement avec des graviers du chemin d'accès (L=2,2km)</li> <li>- Route vers la construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acquisition du terrain</li> <li>- Enlèvement des obstacles du site et nivellement</li> <li>- Préparation de la cour temporaire</li> </ul>
Barrage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barrage, Prise, voie de déversions</li> </ul>	
Station de pompage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Station de pompage, Réservoir de réception (No.1), Tuyau de conduit</li> <li>- Equipement de la pompe, équipement électrique</li> <li>- Extension de la ligne de grille (prenant la source en EWSA)</li> <li>- Clôture de sécurité du réservoir régulateur(No.1) avec le panneau solaire</li> </ul>	
Canal principal, canal secondaire, infrastructures dans les champs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canal principal (canal à ciel ouvert, pipeline), réservoir de réception (No.2, No.3), canal secondaire, prise d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrassement</li> <li>- Clôture de sécurité du réservoir régulateur (No.2, No.3)</li> </ul>
Construction de la parcelle de rizière existante remplie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canal d'irrigation et de drainage, fonctionnement et maintenance, boîte de détournement</li> <li>- Nivellement des terrains de parcelles rizicoles comme transfert technique (2 ha)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivellement du terrain des parcelles rizicoles (28 ha)</li> </ul>

### 2-2-3-4 Supervision des consultants

#### 1) Points à tenir en considération dans la supervision des travaux de construction

##### a) Calendrier de Construction

- Il faut confirmer des procédures de dédouanement et d'exonération d'impôts requises pour l'importation des équipements/matériels du Projet et la consultation nécessaire doit se faire avec le MINAGRI.
- Travaux de talus du corps principal du barrage s'effectuent surtout pendant la saison sèche de juin à septembre. En particulier, en avril, les travaux de terres ne sont pas effectués à cause d'une forte pluie.

#### b) Contrôle de qualité

- Les travaux de talus du barrage nécessitent un compactage avec suffisamment de teneur en humidité grâce à l'aspersion.
- La qualité du béton doit être assurée en faisant attention à la température et aux conditions de travail
- Dans l'exécution d'essai de nouvelles pompes, il faut confirmer si les capacités obtenues sont telles que planifiées

#### c) Contrôle de sécurité

- Pendant la période des travaux de construction, il faut faire plus d'attention pour ne pas causer des accidents de circulation et des court-circuits électriques
- Un réseau de communication en cas d'urgence doit être mis en place

#### d) Documentation/enregistrements

- Des documents, des dessins et des enregistrements comme dessin d'atelier, dessin de construction, dessin de recollement, enregistrement d'inspection, procès-verbaux des réunions et rapports d'avancement des activités seront convenablement gérés et tenus en ordre.

## 2) Organisation de la supervision et des travaux de construction/d'approvisionnement

Les services des consultants de supervision de construction du projet comprennent les éléments suivants :

- Réunion de consultation parmi les parties concernées avant le début des travaux
- Approbation des dessins d'atelier et des dessins de construction
- Supervision des contrôles de calendrier /qualité/sécurité des travaux de construction
- Inspection des articles avant leur transport, vérification, de la qualité des travaux, des essais variés, inspection de qualité et inspection de l'achèvement des travaux.
- Préparation des rapports requis pendant la période de construction
- Etablissement d'un certificat d'achèvement des travaux de construction et de paiement

Pour les arrangements organisationnels de la supervision des travaux de construction, un superviseur résident sera désigné pour les arrangements généraux des travaux de construction au site du Projet pendant toute la période de construction. Pour des occasions de lancement et d'achèvement des travaux de construction, l'ingénieur-conseiller superviseur sera impliqué et appuiera le superviseur résident. Quant à l'excavation et au talus du corps du barrage, à l'installation des instruments de mesure combinés dans le corps du barrage, l'ingénieur des travaux de barrage sera détaché pour un objectif spécifique du travail de supervision. Egalement, pendant des travaux d'installation du système de pompage et de l'énergie solaire, un mécanicien-ingénieur électrique sera désigné pour gérer et

vérifier la qualité et la sécurité des travaux. De plus, un ingénieur local en travaux publics sera désigné comme assistant à l'ingénieur résident.

Quant aux travaux de supervision pour lesquels la fourniture des équipements/matériels, les tâches du service de consultance sont les suivantes.

- Les services de consultance pour la supervision d'approvisionnement comprennent la vérification et l'inspection des biens/matériels approvisionnés du Japon à une période spécifique et les éléments d'attribution indiqués ci-dessous à travers la référence convenable aux spécifications et aux documents relatifs au contrat à établir. Dans chaque étape d'approvisionnement d'un bien, il s'avère nécessaire au consultant d'être en communication constante et étroite avec les autorités rwandaises impliquées.

**Tableau 2.2.3.2 Occasions et éléments d'attribution pour le travail d'inspection/vérification**

Occasions	Eléments d'attributions
Interim	Avant la fabrication, vérifier si les spécifications du contrat et les dessins sont consistants avec le contrat et les dessins contractuels ou pas.
Usine	Après la fabrication, les documents d'inspection de l'usine doivent être vérifiés. Pour les articles majeurs, il faut participer dans le test de capacité.
Avant leur transport	Avant le transport des biens/matériels, il faut confirmer les apparences, les quantités et les résultats de tests de capacité et seuls les éléments qui ont été approuvés seront embarqués.
Pendant l'installation	Ces tâches sont 1) confirmation du calendrier de travail d'installation et d'ajustement, 2) confirmation des inspections effectuées avant et après l'installation et le guidage des opérations et maintenance, 3) confirmation du déroulement/ opération initiale, 4) confirmation du guidage des opérations et maintenance et 5) Inspection du retour d'équipement/matériels.

- En ce qui concerne les biens et matériels approvisionnés au Rwanda, les documents relatifs sont vérifiés en se basant sur les spécifications, le contrat et les plans du contrat.
- L'entrepreneur gère les approvisionnements et la construction de toute sorte avec la supervision du consultant.

### 2-2-3-5 Plan de contrôle de qualité

Les points de contrôle de qualité du remblai du corps du barrage, des travaux de terres, de la construction bétonnée, etc. soumis au plan de contrôle de qualité par la supervision des travaux de construction sont les suivants. Le test d'humidité du remblayage du barrage se fera chaque jour de construction. Un test de compression pour bétonnage s'effectuera avec l'échantillon une fois par jour pour chaque niveau de résistance. Un test de pression d'eau doit se faire pour une certaine distance de la longueur du tuyau afin de confirmer la fuite.

**Tableau 2.2.3.3 Plan de contrôle de qualité (Construction)**

Type de travail	Objet de contrôle	Méthodes	Fréquence
Remblayage	Travaux achevés	Inclinaison de la pente, Mesurage d'élévation du remblai	Chaque grande étape
	Matériel	Distribution de niveaux	3 échantillons/1 fois / 15.000m <sup>3</sup>
		Rapport d'humidité	Chaque jr de construction
	Degré de compactage	Test de densité du terrain, test de damage	3 trous / 1 fois / 2.500m <sup>3</sup>

Type de travail	Objet de contrôle	Méthodes	Fréquence
	Perméabilité	Test de perméabilité du terrain	3 trous / 1 fois / 2.500m <sup>3</sup>
Travaux de nivellement	Etat du sol	Inspection visuelle, Mesurage	Chaque grande étape
	Capacité portante	Essai à la plaque	Chaque grande étape
	Largeur/hauteur	Mesurage	Chaque grande étape
Béton	Agrégats	Analyse granulométrique	1 fois
	Ciment	Physique/chimique	1 fois/mois
	Béton	Affaissement Test de compression (7 jrs, 28jrs)	1 fois/jr de placement/niveau 1 fois/jr de placement/niveau
Renforcement	Résistance	Résistance à la traction	Chaque fournisseur
	Position d'arrangement	Inspection	Toutes les parties
Cadre, travaux d'appui	Lieu d'arrangement	Niveau de fixation / méthode	Chaque partie principale
	Résistance	Plan, rapport de calcul	Si nécessaire
Travaux de structure achevés	Taille complète	Mesurage	Chaque partie principale
Pompe	Précision dans l'installation	Mesurage de la position d'installation	Tous les équipements
Equipement électrique	Fonctionnement	Test des charges	Tous les équipements lors du déroulement de test
Matériels de tuyauterie, Plomberie	Résistance, Taille	Rapport d'inspection de l'usine	Chaque moment d'approbation
	Apparence, Taille	Visuel, mesurage de la taille	Chaque livraison
	Couple	Clef à choc	Chaque site de construction
	Jonction	Jauge d'épaisseur	Chaque site de construction
	Soudure	Vérification des couleurs	Chaque site de construction
	Fuite d'eau	Test visuel	Tous les sites

### 2-2-3-6 Plan d'approvisionnement

#### 1) Equipements et matériels pour les travaux de construction

C'est mieux de se procurer des matériels et équipements disponibles aux marchés locaux tels que les matériaux de remblayage, les granulats, le ciment, le fer à béton, les tuyaux, et ainsi de suite. Pour des équipements de pompage, une pompe fabriquée en Italie, un tableau de commande d'une pompe fabriqué en Allemagne, un panneau solaire fabriqué en Chine, peuvent être facilement achetés aux marchés locaux parce qu'ils ne sont pas beaucoup recherchés. D'autre part, la soupape, l'ampèremètre ultrasonique et le tableau de régulation à basse tension se procurent au Japon pour des raisons de garantie et de demande exigées par le MINAGRI.

**Tableau 2.2.3.4 Plan d'approvisionnement en matériels principaux**

Matériel	Source			Observations
	Locale	Japon	Pays tiers	
Matériels de remblayage	●			
Granulats fins, gros granulats	●			
Ciment Portland	●			
Fer à béton	●			
Bois	●			
Contreplaqué	●			

Matériel	Source			Observations
	Locale	Japon	Pays tiers	
Matériels d'échaffaudage	●			
Matériels de cadrage	●			
Tuyau	●			
Pompe, Moteur, panneau solaire, panneau de contrôle de la pompe	●			
Bac, Gril		●		Introuvable localement
Soupape		●		Idem
Equipement électrique (Panneau de basse tension)		●		Idem
Tuyau de raccordement, arrosoir	●			

## 2) Machines utilisées dans la construction

Les entrepreneurs locaux possèdent des machines communément utilisées dans la construction comme pelle équipée en retro, le bulldozer et la grue et peuvent les rendre disponibles pour la location. Cependant, c'est difficile de se procurer du tracteur et du niveleur laser pour les travaux de construction des parcelles ; ainsi, ils seront achetés au Japon ou à un pays tiers.

**Tableau 2.2.3.5 Plan d'approvisionnement en équipements de construction**

Equipement	Source			Observations
	Local	Japon	Pays tiers	
Pelle rétrocaveuse	●			Classe: 0,28m <sup>3</sup> , 0,8m <sup>3</sup> , 1,4m <sup>3</sup>
Buldozeur	●			Classe: 15t, 21t
les camions à benne	●			Classe: 4t, 10t
Camion grue	●			Classe: 4,9t, 20t, 25t
Cylindre vibrant	●			Classe: 0,8-1.1t, 3-4t
Rouleau à pieds dameurs	●			Classe: 10t
Grue des terrains grossiers	●			Classe: 25t
Groupe électrogène	●			Classe: 125kVA, 200kVA
Camion sprinkler	●			Classe: 10m <sup>3</sup>

## 3) Equipements à se procurer

Les équipements à se procurer se trouvent sur la liste du tableau ci-dessous et ils seront donnés à la partie rwandaise après l'achèvement des travaux de construction.

**Tableau 2.2.3.6 Approvisionnement en équipements à fournir**

Equipement	Source			Observations
	Locale	Japon	Pays tiers	
Tracteur	●			
Niveleur laser		●		
Machine à tranchées		●		
Bac		●		
Gril		●		
Ordinateur portable	●			
Imprimante	●			
Arrosoir	●			
Tuyau de raccordement (y compris la tête de conduit)	●			

## 4) Plan de transport

Les équipements et matériels à se procurer au Japon comme la soupape, le panneau de régulation

électrique, le niveleur laser, etc. seront transportés en utilisant un conteneur de 20 pieds (7,69m).

### **2-2-3-7 Plan de formation sur l'initiation aux opérations et à la maintenance**

#### **2-2-3-7-1 Infrastructures de pompage**

- Installation: L'entrepreneur doit entreprendre tous les travaux sous la supervision à l'aide d'un consultant.
- Installation et inspection avant l'opération: l'inspection et les enregistrements doivent se faire pour s'assurer que l'équipement et les matériels sont installés correctement ou non selon les spécifications. Pour le fonctionnement, les travaux mécaniques et électriques doivent s'effectuer d'une façon intégrée puisque une fonction unifiée et systématique est nécessaire pour un même système de pompage. Pour ce faire, l'entrepreneur entreprendra le guidage et la formation pour le personnel de fonctionnement et de maintenance de la partie rwandaise sur le fonctionnement, opération et maintenance des infrastructures.
- Opération d'essai: Pour unifier les infrastructures de la station de pompage en un seul système, l'opération d'essai continuera pour une durée suffisante pouvant aboutir à une conclusion convenable. Dans les opérations, la confirmation se basera sur les cinq sens et les enregistrements ne seront pas requis.
- Opération initiale: cette opération aura lieu après l'opération d'essai. La confirmation et l'inspection vérifieront si oui ou non les infrastructures de pompage fonctionnent sans défauts. L'opération couvre plusieurs heures de durée jusqu'à ce que les températures de chaque partie du moteur électrique soient stabilisées comme spécifiées. Pendant cette période, l'entrepreneur gardera régulièrement les enregistrements de confirmation et d'inspection. De plus, l'entrepreneur fournira au personnel d'opérations et de maintenance de la partie rwandaise une guidance pendant la période d'essai sur les méthodes de fonctionnement ainsi qu'une confirmation/manipulation des appareils de protection.
- Guidance de fonctionnement: ceci s'appliquera sur le mode d'opération actuel. D'abord, l'entrepreneur opérera le système et ensuite il sera substitué par le personnel de fonctionnement et de maintenance de la partie rwandaise. Dans cette guidance, l'opérateur sera pratiquement formé sur la maintenance et l'inspection avant les opérations, le mesurage pendant les opérations et les travaux de confirmation continus et une explication convenable est requis pour que le personnel d'opérations et de maintenance soit totalement conscient de la nécessité et de l'importance des travaux ci-haut mentionnés.

Pour toutes ces étapes de formation, le personnel chargé du fonctionnement et de maintenance de la partie rwandaise pourra participer. En tenant compte de l'expertise des aspects mécaniques et électriques, la formation s'effectue séparément et/ou combiné ensemble selon qu'il est adéquat ou non. Le nombre de participants dans la formation sera nombreux pour chaque étape et finalement sujet à l'intention de l'entrepreneur. La partie rwandaise doit soumettre à l'entrepreneur à travers le consultant un document montrant le nombre de participants et la liste de noms afin d'en discuter jusqu'à aboutir à un accord.

#### **2-2-3-7-2 Autres infrastructures d'irrigation**

Certaines infrastructures d'opérations et de maintenance comme les vannes de prises, les vannes de diversion et des soupapes de régulation seront installées dans ce Projet. Toutes ces infrastructures sont manuellement opérées et les techniciens japonais de l'entrepreneur guideront le fonctionnement lorsqu'ils délivrent ces infrastructures à la partie rwandaise. Cependant, la guidance technique sur les méthodes opérationnelles des vannes et des soupapes le long du plan d'irrigation doit être appliquée

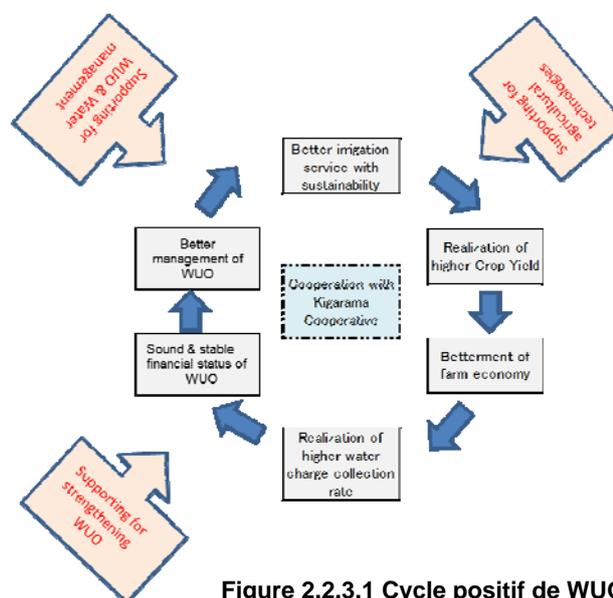
selon le plan de la composante 'soft'.

### 2-2-3-8 Plan de composante 'soft'

#### 1) La nécessité de la composante 'soft'

Pour maintenir l'agriculture par irrigation au site du Projet, il y a eu une proposition d'intégrer 1) la mise en place et le renforcement d'une OUE dont la formation en aquaculture, 2) le fonctionnement et la maintenance des infrastructures d'irrigation, la gestion de l'eau et la technologie agricole, et 3) le remplissage d'essai du barrage dans la composante 'soft' du Projet. Fig. 2.2.4.1 montre un cycle positif visant à l'amélioration des revenus à travers la gestion convenable de l'OUE et la culture par irrigation.

La proposition 1) suggérée au-dessus consiste à s'assurer comment obtenir une somme de revenus nécessaire pour payer les frais de fonctionnement et de maintenance à travers la collecte des frais d'eau. La seule source de revenus de l'OUE est les frais d'eau recueillis auprès des membres, mais l'OUE n'a pas encore été organisée dans le site du Projet. Par conséquent, il faut dans l'immédiat organiser une OUE de nouveau avec l'appui de l'Unité d'Appui des OUEs du MINAGRI. Par la suite, les ressources humaines pour la composante 'soft' seront introduites pour renforcer l'OUE et ses opérations et maintenance comme cela figure dans la proposition 2). Quant au 2), la formation sur les technologies agricoles améliorées pour les cultures de hautes terres et du paddy aboutira à la gestion durable des infrastructures d'irrigation à travers la production stable des cultures qui, espérons-le, atteindra 100% des collectes de frais d'eau.



**Figure 2.2.3.1 Cycle positif de WUO**

#### 2) Le contenu du plan de la composante 'soft'

##### (1) Appui pour la mise en place de l'OUE et le renforcement de la formation en aquaculture

- a) Encouragement du leadership
- b) Compilation et gestion des bases de données des membres
- c) Formation sur la gestion des OUEs
- d) Concept de PIM (Gestion participative d'irrigation)
- e) Préparation des arrêtés
- f) Formation sur l'évaluation des besoins des agriculteurs
- g) Formation sur la valeur ajoutée
- h) Acquisition des méthodes avantageuses du système de collecte de frais d'eau et sa gestion et enregistrement
- i) Préparation d'un plan d'action annuel et d'un plan d'affaires
- j) Acquisition des méthodes de préparation des réunions de l'Assemblée Générale, des réunions

mensuelles et des procès-verbaux

k) Formation sur la gestion du livre-comptable, des chèques et des reçus

l) Préparation des rapports mensuels de comptabilité

m) Formation des comptables et auditeurs sur le maintien de transparence dans les affaires financières

n) Méthode d'enregistrement des prix de cultures et des engrais, etc.

o) Voyage d'étude pour les Projets précédents

p) Formation sur l'Aquaculture

### **(2) Appui relative au fonctionnement et maintenance des infrastructures, gestion de l'eau et technologies agricoles**

Il est prévu des séances de formation suivante:

a) Préparation d'un inventaire des infrastructures d'irrigation

b) Compréhension des lois et directives régissant l'OUE et la Coopérative

c) Préparation du calendrier agricole

d) Acquisition des méthodes d'enregistrement des opérations de pompes

e) Formation du gestionnaire d'eau et d'autres membres

f) Préparation du plan de fonctionnement et de maintenance annuel

g) Formation sur la gestion de l'eau à base élargie

h) Acquisition des méthodes de monitoring et de communication pour les activités annuelles d'opérations

i) Formation sur l'utilisation des ordinateurs portables avec des programmes de gestion d'eau

j) Distribution équitable d'eau

k) Manipulation et fonctionnements et maintenance des pompes

l) Formation sur la technologie de réparation des canaux

m) Technologies de consolidation des champs rizicoles

n) Voyage d'étude pour le projet précédent

o) Formation sur les technologies agricoles,

A part tout ceci, les technologies agricoles améliorées pour les cultures de hautes terres seront aussi dispensées pour les cultures horticoles telles que les légumineuses, les arbres fruitiers et le café, etc. Comme le site de Ngoma22 n'a pas assez de place pour développer le terrain agricole, l'accroissement du rendement sera un meilleur choix. Les bénéficiaires dans le site gèrent généralement de petits lopins de terre et l'engrais n'est pas une solution adéquate suite aux prix exorbitants. Ainsi donc, la réduction du coût et l'environnement qui utilise des engrais organiques seront pris en considération lors de la planification des formations. A travers les formations suivantes, la mentalité de l'agriculteur qui consiste en méthodes agricoles traditionnelles devra changer.

### **(3) Appui pour les essais de remplissage de réservoirs:**

Pendant la période d'environ une année de stockage d'eau au barrage, les essais de remplissage des

réservoirs doivent s'effectuer. L'essai est important pour confirmer et assurer la sécurité du barrage. C'est pourquoi il faudra engager un ingénieur pour mener des formations en faveur des agents du MINAGRI et des membres des OUEs. Avant de commencer des services d'irrigation, la sécurité des rives du barrage, du sous-sol et de la structure de décharge sera pratiquement confirmée en stockant et en dégageant l'eau en changeant le niveau d'eau.

### 3) Ressources requises pour la composante 'soft' du Projet

#### (1) Sous-secteurs requis

Dans la composante 'soft' du Projet, les ressources pour 1) la mise en place et le renforcement d'une OUE dont la formation en aquaculture, 2) le fonctionnement et maintenance des infrastructures d'irrigation, la gestion de l'eau et les technologies agricoles améliorées pour les cultures de hautes terres et du paddy, et 3) le test de remplissage du barrage seront nécessaires. Les ressources japonaises sont prévues comme le tableau ci-dessous le montre. En plus, un (1) agent local pour l'interprétation et deux (2) chauffeurs seront engagés.

**Tableau 2.2.3.7 Ressources requises**

Domaine	Japonais	Rwandais	Cible
1. Renforcement de WUO  Pêcherie à terre ferme (Aquaculture)	1 personne x 3 mois	1 personne x 3 mois  1 personne x 2 mois	Représentants de l'OUE Représentants de la Coopérative Agronomes du District, Secteur Représentants des agriculteurs Représentants du DISC
2. Fonctionnement et maintenance des infrastructures et gestion de l'eau  Technologies agricoles améliorées	1 personne x 3 mois  - Agronome en Horticulture: 1 personne x 3 mois  - Agronome en Paddy: 1 personne x 3 mois	1 personne x 3 mois  - Horticulture: 1 personne x 3 mois  - Paddy: 1 personne x 6 mois	Représentants de l'OUE Représentants de la Coopérative Agronomes du District, Secteur Représentants des agriculteurs Représentants du DISC
3. Remplissage d'essai	Ingenieur en barrage: 1 personne x 1 mois	Ingenieur en barrage: 1 personne x 1 mois	Personnel du MINAGRI Représentants de l'OUE représentants de la Coopérative Représentants du DISC

#### (2) Approvisionnement en ressources de mise en exécution

Seule la langue Kinyarwanda est disponible pour toutes les communications avec les villageois au site. Par conséquent, les matériels de formation en anglais sont nécessaires pour être traduits en Kinyarwanda par les agents locaux.

Comme indiqué dans le tableau ci-dessus, les experts qui couvrent 1) la mise en place et le renforcement d'une OUE et 2) l'aquaculture, 3) le fonctionnement et maintenance des infrastructures d'irrigation, la gestion de l'eau, 4) les technologies agricoles améliorées pour les cultures de hautes terres et du paddy, et 5) l'essai de remplissage du barrage seront désignés. Les experts japonais vont gérer 1, 3, 4, et 5) tandis que les ressources locales vont gérer 2) ci-dessus.

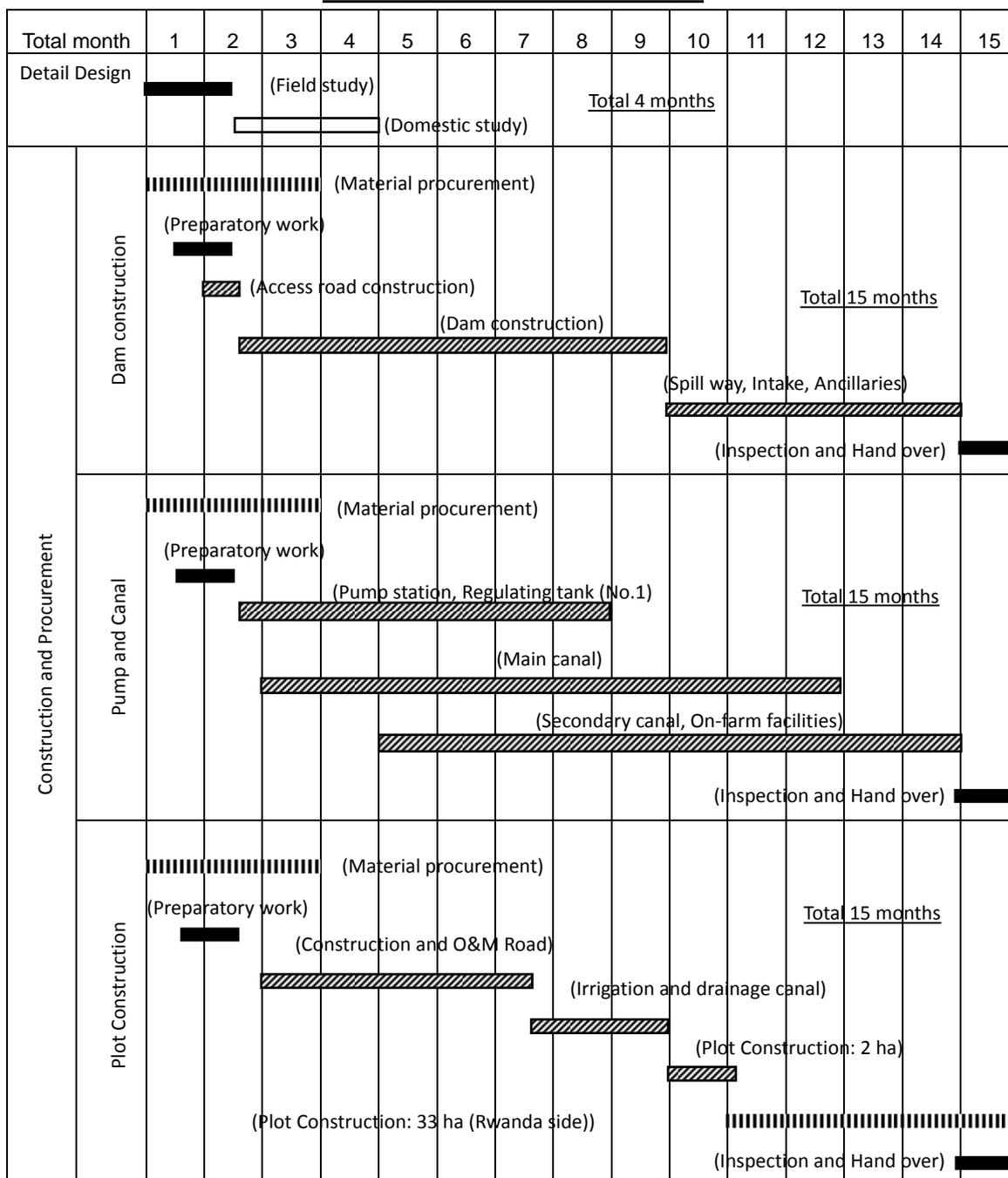
Il y a des sociétés locales de consultance (fournisseurs de services) dans le sous-secteur de la composante 'soft' au Rwanda, mais les experts japonais et les ressources locales des agences concernées seront impliquées dans l'exécution de la composante 'soft' du Projet, en tenant en considération la qualité de formation et le gagne-temps.

### 2-2-3-9 Calendrier d'exécution

Comme le remblayage du barrage est une partie prenante du Projet, les travaux de construction des infrastructures d'irrigation seront effectués efficacement pendant la saison sèche. Pendant l'exécution des travaux de remblayage, les autres composants comme les pompes, la construction des canaux et des parcelles pour des champs rizicoles existants seront exécutés. Le calendrier général d'exécution est prévu comme le tableau ci-dessous le montre.

- Plan détaillé : 4,0 mois
- Appel d'offre et Contrat : 3,0 mois
- Construction : 15,0 mois (depuis le contrat à l'achèvement de construction)

**Tableau 2.2.3.8 Calendrier d'exécution**



## **2-3 Obligations qui incombent au pays bénéficiaire**

### **2-3-1 Les engagements principaux que le Gouvernement rwandais doit prendre**

Dans cette période des travaux de construction et de l'exécution du projet d'irrigation agricole en cours par les bénéficiaires eux-mêmes, le Gouvernement rwandais met en application certaines activités qui permettent au Projet de progresser librement et d'une façon durable. Les engagements majeurs que le Gouvernement rwandais doit prendre se résument comme suit. Les détails et le budget alloué à ces activités sont présentés dans le tableau ci-dessous.

- 1) Mise en œuvre de la compensation et d'expropriation pour les personnes affectées au site du Projet
- 2) Mise en œuvre de l'abattage et la transplantation des arbres dans la zone du projet
- 3) Mise en œuvre de l'EIE et obtention d'une approbation par RDB
- 4) Fournir un terrain alternatif ou une compensation aux propriétaires de terrain pendant la période de construction
- 5) Formulation d'une liste de vérification environnementale et une fiche du monitoring environnemental.
- 6) Demande et acquisition du droit d'utilisation d'eau auprès de RNRA
- 7) Distribution du courant électrique au site du Projet
- 8) Affectation du personnel de contrepartie au Projet et des dépenses y afférentes.
- 9) Mise en œuvre du fonctionnement et de la maintenance des infrastructures d'irrigation après la période d'achèvement des travaux de construction
- 10) Mise en œuvre du monitoring environnemental après la période d'achèvement des travaux de construction
- 11) Exécution des plans et construction d'infrastructures d'aménagement des terres (sauf le plan qui doit être effectué dans la zone de commande par la partie japonaise)
- 12) Mise œuvre de l'appui pour l'établissement des OUEs
- 13) Construction de la clôture autour des réservoirs régulateurs (No.2 et No.3) et des réservoirs de décharge (No.1, No.2 et No.3)
- 14) Construction des parcelles de la rizière en aval
- 15) Commission chargée des arrangements (B/A) à la banque et autorisation de paiement (A/P)

**Tableau 2.3.1.1 Résumé des principaux engagements à prendre par le Gouvernement rwandais**

Libellés	Procédures d'exécution	Calendrier d'exécution	Organisation responsable	Dépenses requises (Frw)	Prévision budgétaire
1) Mise en œuvre de la compensation et de l'expropriation pour les personnes affectées au site du Projet	(1) Enquête finale sur l'infrastructure (2) Compensation pour les personnes affectées (3) Formation des autorités locales sur le règlement des conflits à l'amiable	(1) Après la décision officielle du projet (2) Dans 4 mois après l'enquête finale de recensement (3) Avant la compensation	MINAGRI /District	(1) 1.210.700 (2) 24.213.500 (3) 941.600	MINAGRI
2) Mise en œuvre de l'abattage et la transplantation des arbres dans la zone du projet	(1) Enquête finale sur l'infrastructure (2) Compensation des personnes affectées qui ont planté les arbres (3) Le dégagement des arbres sera effectué par l'entrepreneur	(1) Après la décision officielle du Projet (2) Dans 4 mois après l'enquête finale de recensement (3) Après le paiement de compensation	MINAGRI /District	(1) 610.600 (2) 12.212.400 (3) Inclus dans le coût de construction	1) MINAGRI 2) MINAGRI 3) Entrepreneur
3) Mise en œuvre de l'EIE et obtention d'une approbation par RDB	(1) Soumission du rapport d'EIE	(1) Fin décembre 2013 (DEJA FAIT)	MINAGRI	Aucune	-
4) Fournir un terrain alternatif ou une compensation aux propriétaires de terrain pendant la période de construction	(1) Pas de perte temporaire de terrain	Aucun	Aucune	Aucune	-
5) Formulation d'une liste de vérification environnementale et une fiche de monitoring environnemental	(1) Formulation de la liste de vérification environnementale (2) La feuille de monitoring préparée dans le rapport de l'EIE et RAP en collaboration avec le MINAGRI	(1) Après la soumission du rapport d'EIE La fiche de vérification est incluse dans le rapport d'EIE et RAP	MINAGRI et Equipe d'étude de JICA	Aucune	-
6) Demande et acquisition du droit d'utilisation d'eau auprès de la RNRA	(1) Demande et acquisition du droit d'utilisation d'eau a la RNRA	(1) Après l'approbation du rapport d'EIE par RDB	MINAGRI	35.000 sont le coût d'introduction de la demande auprès de la RNRA	MINAGRI
7) Distribution du courant électrique au site du Projet	(1) Sources d'énergie pour le pompage: énergie solaire et électricité commerciale (2) Extension de la ligne électrique commerciale d'environ 6 km effectuée par la partie japonaise à partir du site de construction du barrage. (3) Les travaux d'extension doivent	(1) Les travaux d'extension effectués par EWSA doivent être finis avant le début de la période de construction.	MINAGRI EWSA	(environ 94 million de Frw)	(Partie japonaise)

Libellés	Procédures d'exécution	Calendrier d'exécution	Organisation responsable	Dépenses requises (Frw)	Prévision budgétaire
	être effectués par EWSA.				
8) Affectation du personnel de contrepartie et des dépenses y afférentes	(1) MINAGRI affecte le personnel de contrepartie pour l'exécution de la composante 'soft' du Projet	14 mois	MINAGRI RAB NAEB	2.992.000	MINAGRI
9) Mise en œuvre du fonctionnement et maintenance des infrastructures d'irrigation après l'achèvement de la période de construction	(1) L'OUÉ obtiendra un Certificat de personnalité juridique (Certificat d'enregistrement) par l'Office rwandais de la gouvernance (2) MINIRENA donnera un permis d'exploitation d'eau au MINAGRI (OUÉ) et les infrastructures d'irrigation seront transférées à l'OUÉ par le Gouvernement rwandais	(1) Pendant la période de fonctionnement et d'entretien	MINAGRI OUÉ	Le coût du S&E sera supporté par l'OUÉ	MINAGRI OUÉ
10) Mise en œuvre du monitoring environnemental après la période d'achèvement des travaux de construction	(1) Suivi des personnes affectées suite à l'expropriation des terrains (2) Monitoring du nombre de malades qui souffrent du paludisme (3) Suivi des conditions d'usage des engrais et des produits chimiques	(1) Pour 2 ans après l'achèvement du Projet	1) District/ MINAGRI 2) Ministère de la Santé/ Secteur/ Cellule 3) Secteur	(1) 2.772.000 (2) Budget ordinaire (3) Budget ordinaire	1) MINAGRI 2) Ministère de la Santé 3) District/ Secteur
11) Exécution des plans et construction d'infrastructures d'aménagement des terres (sauf le plan qui doit être effectué dans la zone de commande par la partie japonaise)	(1) MINAGRI commencera les travaux préparatifs de terrassement quand la décision de l'exécution du Projet sera prise entre le Gouvernement japonais et le Gouvernement rwandais.	9 mois	MINAGRI	311.000.000	MINAGRI
12) Mise en œuvre de l'appui pour l'établissement des OUÉs	(1) L'OUÉ obtiendra un Certificat de personnalité juridique (Certificat d'enregistrement) par l'Office rwandais de gouvernance (RGB) (2) MINIRENA donnera un permis d'exploitation d'eau au MINAGRI (l'OUÉ) et les infrastructures d'irrigation seront transférées à l'OUÉ	4 mois	Cellule d'appui à l'OUÉ	790.000	MINAGRI

Libellés	Procédures d'exécution	Calendrier d'exécution	Organisation responsable	Dépenses requises (Frw)	Prévision budgétaire
	par le Gouvernement rwandais				
13) Construction de clôture autour des réservoirs régulateurs (No.2 et No.3) et les réservoirs de décharge (No.1, No.2 et No.3)	(1) MINAGRI construira des clôtures autour de la structure bétonnée: réservoirs régulateurs (No.2 et No.3) et réservoirs de décharge (No.1, No.2 et No.3)	(1) Dès le début du fonctionnement et maintenance des infrastructures construites	MINAGRI	5.000.000	MINAGRI
14) Construction de la parcelle en aval de la rizièrre	(1) Construction d'une parcelle de démonstration par la partie japonaise et la partie restante sera sous les frais de la partie rwandaise.	(1) Pendant la construction des infrastructures d'irrigation	MINAGRI	27.000.000	MINAGRI
15) Commission chargée des arrangements a la banque (B/A) et autorisation de paiement (A/P)	(1) Le Rwanda ouvrira un compte bancaire sous le nom du Gouvernement du pays bénéficiaire dans la banque du Japon. Le Rwanda devra supporter une commission consultative chargée de l'autorisation de paiement et des frais et commissions bancaires.	(1) Un mois après que l'EN et le GA soient échangés	MINAGRI MINECOFIN	4.700.000	MINAGRI MINECOFIN
<b>Dépenses requises (Frw)</b>				<b>393.477.800</b>	

## 2-3-2 Obligations du Gouvernement Rwandais relatives à la composante 'soft' du Projet

### 1) Déploiement des contreparties

Dans le cadre d'une durabilité du projet à travers la gestion convenable des infrastructures d'irrigation après la construction, il est prévu d'organiser une composante 'soft' chargée du renforcement des capacités de OUEs et du personnel de l'état concernée.

La composante 'soft' couvrira trois (3) domaines, notamment 1) appui pour l'établissement et le renforcement de l'OUE dont la formation sur l'aquaculture, 2) Appui pour le fonctionnement & maintenance des infrastructures, de la gestion des eaux et de l'amélioration des techniques culturales relatives aux cultures horticoles et du riz, 3) Appui pour le remplissage d'essai du réservoir.

En se basant sur cette composante 'soft' prévue ci-dessus mentionnée, les contreparties rwandaises devront être impliquées dans une série de formation dans chaque domaine. Elles devront gérer les séminaires/formations avec des experts formateurs qui seront donnés par le Projet et y apprendre des connaissances et techniques dans un domaine spécifique de la composante 'soft'

### 2) Horaire

Cela prendra un (1) an pour construire un barrage et (1) un an pour stocker cette eau, deux (2) ans au total. Ainsi les services d'irrigation seront disponibles dans la troisième année. Si les travaux de

construction commencent en Mai 2015, l'eau d'irrigation sera effectivement distribuée à partir du début de Août 2017. Parallèlement à ces travaux de construction, les activités préparatoires pour la mise en place de l'OUE commencent en Mai 2015, et ensuite il est prévu que son entrée en fonction officiellement et en Août 2015. Pendant la mise en exécution de la composante 'soft', l'unité d'appui des OUEs, du MINAGRI et des contreparties s'effectueront comme illustré dans le tableau suivant:

**Tableau 2.3.2.1 Horaire de la composante 'soft' et des agents prévus en contrepartie**

Work Process	Year/Month	2014				2015												2016											
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Detail Design,Bidding,Contract etc.		→																											
Construction Period						→																							
Preparation of WUO Establishment																													
Initial Supporting by WUS for establishment of WUO																													
Establishment of WUO																													
Implementation of the Soft-Components																													
(1)-1: Supporting for WUO Establishment and Strengthening																													
(1)-2: Supporting for Aquaculture Training																													
(2)-1: Supporting for O&M of the Facilities, Water Management																													
(2)-2: Supporting for Improved Paddy Techniques																													
(2)-3: Supporting for Improved Horticulture Techniques																													
(3): Supporting for Water Filling Test																													
Completion of Construction Period																													

Note: WUSU, Water Users Organization Supporting Unit (MINAGRI), Blue, Japanese expert, Yellow, Local resources

### 3) Prévision des coûts qui incombent la partie rwandaise

Avant l'exécution de la composante 'soft', les séminaires-ateliers seront organisés pour expliquer le Projet aux bénéficiaires. D'une façon spécifique, un atelier de lancement et un autre de clôture seront respectivement organisés avant les séances de formation proposées et après l'achèvement de toutes les séances de formation. Le personnel de l'Etat devra appuyer pendant les séances de formation qui seront organisées par les formateurs du secteur privé (formateurs japonais et locaux) et un agent de l'Etat sera désigné pour chaque thème de formation. Le coût de la salle de formation est à la charge de la partie rwandaise. En plus, les perdiems et les frais de logement pour le personnel de contrepartie pour la composante 'soft' seront aussi à charge de la partie rwandaise. La prévision des coûts de la contrepartie est présentée dans le tableau suivant.

**Tableau 2.3.2.2 Prévision des coûts à charge de la partie rwandaise pour les opérations de la composante 'soft'**

Activité	Fréquence, CP & MM	Coûts prévus
Séminaires-ateliers	Deux fois	Salle : 30.000Frw/jr x 2=60.000Frw Perdiems des participants : 2.000Frw/capita x 61 personnes/fois x 2=244,000Frw Perdiems & logement pour CP : 32.000Frw/jr/personne x 7 x 2=448.000Frw Total : 688.000 Frw (participants: bénéficiaires : 5personnes/village x 9 villages=45、 District : 2personnes, Secteur:3personnes x 2=6、 Cellule : 2 personnes x 4=8, Total : 61 personnes)

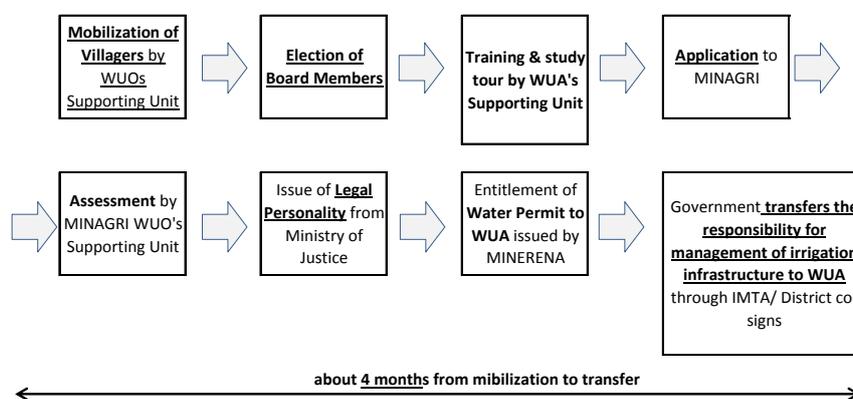
Activité	Fréquence, CP & MM	Coûts prévus
Contrepartie: Etablissement et Renforcement de l'OUE / et formation sur l'aquaculture	1 personne x 3mois	Perdiem & logement : 32.000Frw/jr x 4jrs/mois x 3 =384.000 Frw
	1 personne x 2 mois	Perdiem & logement : 32.000Frw/d jr x 4 jrs/mois x 2 = 256.000 Frw
Contrepartie: Fonctionnement et maintenance des infrastructures, gestion de l'eau et Technologies agricoles	1 personne x 3mois	Perdiem & logement : 32.000Frw/day x 4days/mois x 3 =384.000 Frw
	Paddy: 1personne x 6mois	Paddy: Perdiem & logement : 32.000Frw/jr x 4jrs/mois x 6 = 768.000 Frw
	Horticulture: 1personne x 3mois	Horticulture: Perdiem & logement : 32.000Frw/jr x 4djr/mois x 3 = 384.000 Frw
Contrepartie: Essai de remplissage du réservoir	1personne x 1 mois	Perdiem & logement : 32.000Frw/jr x 4jrs/mois x 1 =128.000 Frw
<b>Total Général</b>		<b>2.992.000 Frw</b>

NB: Le Perdiem et les frais de logement sont prévus en se basant sur 4 jours par mois dans chaque sous-domaine

## 2-3-3 Mise en place de l'OUE et le coût

### 1) Procédures de mise en place de l'OUE

Une nouvelle OUE sera mise en place avant les opérations des infrastructures d'irrigation. Les OUEs doivent obtenir le certificat de personnalité juridique (Certificat d'enregistrement) auprès de RGB, le permis d'exploitation de l'eau auprès du MINIRENA et le IMTA (Transfert de gestion des travaux d'irrigation) auprès du Gouvernement. Le déroulement des procédures est le suivant:



**Figure 2.3.3.1 Diagramme du déroulement de la mise en place d'une OUE**

Pour mettre en place une OUE, l'Unité d'Appui aux OUEs en Irrigation et à l'équipe spécialisée chargée de la mécanisation sous la tutelle du MINAGRI est chargée de la mobilisation et gestion financière, des formations et du fonctionnement et maintenance des infrastructures d'irrigation. Le prix unitaire du coût d'eau d'irrigation agricole devant être payé par les bénéficiaires fait présentement l'objet de discussion entre le MINIRENA et le MINAGRI et il faut prêter attention à son avancement.

### 2) Horaire

Provisoirement, il est prévu une mise en place d'une nouvelle OUE en Août 2015 comme précité.

### 3) Organisation responsable

L'Unité d'Appui des OUEs du MINAGRI est responsable de la mise en place de l'OUE. L'OUE obtiendra l'approbation d'enregistrement de RGB (Office Rwandais de la Gouvernance) et du permis d'utilisation d'eau auprès de RNRA (Office Rwandais des Ressources Naturelles) après la formation par l'Unité d'appui des OUEs à l'intention des membres du Conseil d'administration et des membres ordinaires. Cette formation s'effectuera avant la mise en place de l'OUE. Il sera organisé la mobilisation des membres, les séances de formation sur la comptabilité et la gestion des infrastructures et le voyage d'étude.

Il n'y a aucune OUE au site jusqu'à présent. Après l'achèvement des infrastructures d'irrigation, l'OUE sera mise en place prochainement et sera composée des membres d'agriculteurs des versants de colline et ceux de la Coopérative des riziculteurs de Kigarama.

#### 4) Coûts et allocation du budget

Dans la préparation de la mise en place de l'OUE au site, les coûts de formation de l'Unité d'Appui aux OUEs du MINAGRI et du voyage d'étude sont prévus comme suit et seront sous la charge du Gouvernement rwandais.

**Tableau 2.3.3.1 Coûts pour la mise en place de l'OUE**

Libellé	Nombre (personne / temps)	Fréquence (temps)	Prix unitaire (Frw / capita / temps)	Montant (Frw)
Formation 1 : fonctionnement -maintenance des infrastructures d'irrigation	55	1	2.000	110.000
Perdiems des participants				
Frais de location salle	1	1	30.000	30.000
Formation 2 : Gestion des OUEs			Prix unitaire	
Perdiems des participants	55	1	2.000	110.000
Frais de location salle	1	1	30.000	30.000
Formation 3 : Voyage d'étude	55	1	2.000	110.000
Location des bus	4	1	100.000	400.000
Total				790.000

Le coût de fonctionnement-maintenance, le coût des opérations de pompage et le coût des réparations seront sous la charge des membres des OUEs. Le coût de fonctionnement-maintenance des infrastructures proposées peut être prévu en tenant compte des OUEs précédentes, notamment l'OUE DE APIISAMAK au barrage de Kanyonyomba. 40% des frais d'eau recueillis seront alloués au fonctionnement-maintenance, 30% à la gestion de l'OUE, 20% seront réservés à l'épargne pour l'amortissement, et 10% pour les Fonds en Fidéicommiss d'Irrigation (Trust Fund). Les Fonds en Fidéicommiss seront dépensés dans l'aménagement des marais par le Gouvernement. Il est prévu que la nouvelle OUE va gérer le budget ainsi que l'OUE D'APIISAMAK. Le coût des opérations de pompage (coût d'électricité) pour l'irrigation des versants de colline prévu s'élève à 725,418 Frw par an. La prévision détaillée est présentée dans la section de 2-5-2.

#### 2-4 Plan opérationnel du Projet

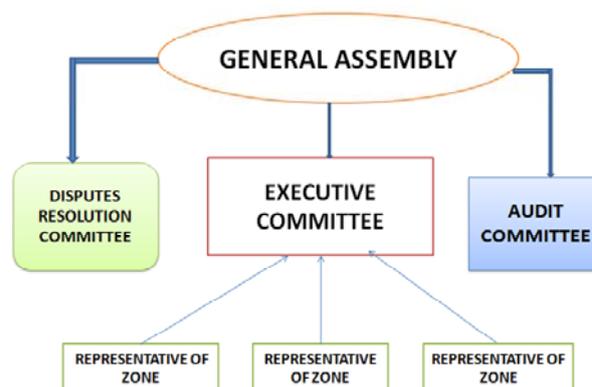
##### 2-4-1 Plan structurel du fonctionnement-maintenance

Comme condition préalable, il faut que l'OUE nouvellement mise en place choisisse des cadres nécessaires pour le fonctionnement-maintenance des infrastructures telles que les membres du conseil d'administration, le comptable, les opérateurs des infrastructures etc. dès le début des travaux de construction des infrastructures puisque l'OUE est responsable de la gestion du programme d'irrigation au site de Ngoma22 par l'IMTA (Accord de transfert de gestion d'irrigation) avec le Gouvernement. Ainsi, l'Unité d'Appui des OUEs du MINAGRI est requise de former les agriculteurs des versants bénéficiaires et la Coopérative des riziculteurs de Kigarama qui deviendront membres de

la nouvelle OUE selon l'organigramme de déroulement des opérations vu dans la section précédente. Ensuite, la composante 'soft' du Projet s'effectuera sur la gestion des OUEs, le fonctionnement-maintenance et la gestion de l'eau, etc. avec la délégation des experts japonais dans les sous-domaines requis pour renforcer la capacité des membres. En faisant ainsi, la capacité des membres du Conseil d'administration et des membres ordinaires sera accrue convenablement pour mieux opérer et entretenir les infrastructures construites après l'achèvement des travaux et le stockage maximum de l'eau dans le barrage. L'organisation de base d'une OUE se présente comme suit:

L'Unité d'Appui des OUEs du MINAGRI doit visiter le site une fois les trois mois pour effectuer des inspections et suivi-évaluations de l'état de l'OUE (surtout l'état financier et ses enregistrements) comme la gestion d'eau, la gestion des infrastructures, etc. et s'il y a des problèmes, ils devront prodiguer des conseils à l'OUE sur comment les résoudre.

De plus, DISC (Le Comité de direction d'Irrigation du District) doit aussi visiter le site et l'OUE une fois les trois mois pour effectuer une inspection et un monitoring de l'état de l'OUE du point de vue gestion, fonctionnement-maintenance et gestion de l'eau et en informer des résultats au MINAGRI.



**Figure 2.4.1.1 Organigramme de base de l'OUE**

#### 2-4-2 Méthode de fonctionnement-maintenance

Les infrastructures d'irrigation construites seront opérées et entretenues par les membres de l'OUE et les employés engagés. La gestion pratique de l'OUE se trouve dans les mains des membres du Comité Exécutif, des comptables, des auditeurs, des membres du comité de résolution des conflits et des représentants de chaque zone. Dans le plan de la composante 'soft', les ordinateurs portables sont prévus pour introduire une gestion efficace des données de base, un inventaire des équipements et des enregistrements variés tels que les données financières, le calendrier culturel, le niveau d'eau, le volume de l'eau au barrage, les opérations de pompage, le plan d'affaires, les documents relatifs aux réunions de l'Assemblée et des réunions mensuelles, pour évoluer des enregistrements manuscrits. La formation sur la manipulation des ordinateurs portables pour introduire et gérer des données variées sera effectuée dans le cadre de la composante 'soft'.

En plus de la guidance initiale sur comment manipuler et entretenir des pompes, des portails, des travaux de division, du panneau solaire, etc. qui doivent être effectués par les fabricants et les entrepreneurs, les formations pratiques sur le fonctionnement-maintenance de ces infrastructures seront organisées en faveur des membres du Conseil d'administration et des membres ordinaires dans le cadre de la composante 'soft' aussi.

Le coût du fonctionnement-maintenance et de gestion dépendra des frais d'eau collectée qui doit atteindre 100% à travers la distribution d'eau à temps plein et sur demande, la distribution équitable pour satisfaire la demande des cultivateurs ainsi qu'à travers l'introduction des technologies agricoles améliorées sur les versants et dans les rizières (voir Fig. 2.2.4.1 dans la section précédente). Les prévisions montrent qu'environ 40% des revenus (prix d'eau) est dépensé sur le fonctionnement-maintenance selon les OUES précédentes. La fiabilité de la situation financière des OUES sera inspectée et contrôlée par DISC (le Comité directeur d'Irrigation du District) et sera communiquée régulièrement aux membres afin d'assurer la transparence.

### 2-4-3 Plan de renforcement des capacités du personnel en fonctionnement-maintenance

Les cultivateurs des versants se joindront en une nouvelle OUE en plus de la Coopérative existante des Riziculteurs de Kigarama. Ils n'ont jusqu'ici aucune expérience en fonctionnement-maintenance des infrastructures d'irrigation. Par conséquent, le personnel nécessaire en opérations et maintenance comprenant les gardiens, les opérateurs de pompes, le personnel chargé du panneau solaire, etc. sera doté du renforcement des capacités à travers la prévision de la composante 'soft' du Projet ainsi qu'une formation en maçonnerie pour réparer les canaux. Pour les horticulteurs, ils seront pratiquement formés sur la façon d'utiliser le tuyau d'irrigation avec la technologie d'épargne d'eau pour garder eux-mêmes le tuyau d'irrigation au siège du groupe.

A côté des domaines d'ingénierie, le personnel de l'OUE recevra une formation institutionnelle qui se focalisera sur la garantie de transparence dans les affaires financières et la gestion impeccable de l'OUE. La formation éducative sera organisée en faveur du personnel de l'OUE manipulant les ordinateurs sur la gestion de l'OUE, la gestion financière, la préparation des données de base et la préparation de différents types de documents.

### 2-5 Prévision des coûts du projet

#### 2-5-1 Prévision des coûts initiaux

Le coût total à encourir pendant l'exécution du Projet est environ \*\*\* millions de Yen (la partie japonaise donnera \*\*\* millions de Yen et la partie rwandaise 58 millions de Yen), avec les lignes budgétaires à charge des deux parties (japonaise et rwandaise) sur base des obligations démarquées telle que discutée précédemment. La prévision s'est effectuée en appliquant les conditions de prévision comme présentées ici-bas. Cependant, le montant prévu ne montre pas la limite plafond dans l'E/N devant être signé.

#### 1) Coûts à charge de la partie japonaise

**Tableau 2.5.1.1 Le coût du projet sous forme de subvention**

		Coût total prévu Environ *** millions de Yen	
Coûts des libellés	Contenu	Montant (millions de Yen)	
Travaux publics	Coût direct de construction	Barrage	***
		Station de pompage	***
		Egout principal (Canal à ciel ouvert)	***
		Canal d'écoulement principal (Pipeline)	***
		Infrastructure de drainage	***
		Canal secondaire, infrastructures installées sur le champ	***
		Consolidation du terrain rizicole	***
		Travaux temporaires directs, Transport et infrastructure des pompes	***
		Coût indirect de construction	***
	Frais généraux	***	
Sous-Total	***		
Frais d'approvisionnement en équipements		***	
Etude, Supervision, Composante 'soft'		***	

## 2) Coûts à charge du Gouvernement rwandais: 393,48 Million Frw (Environ 58 Millions de Yen)

(1)	Mise en œuvre de la compensation et d'expropriation pour les personnes affectées au site du Projet	Frw	26,37	Millions	(3,9 Millions de Yen)
(2)	Mise en œuvre de l'abattage et la transplantation des arbres dans la zone du projet	Frw	12,82	Millions	(0,4Million de Yen)
(3)	Mise en œuvre de l'EIE et obtention d'une approbation par la RDB	Frw	-		-
(4)	Fournir un terrain alternatif ou une compensation aux propriétaires de terrain pendant la période de construction	Frw	-		-
(5)	Formulation d'une liste de vérification environnementale et une fiche du monitoring environnemental	Frw	-		-
(6)	Demande et acquisition du droit d'utilisation d'eau auprès de la RNRA	Frw	0,04	Million	-
(7)	Distribution du courant électrique au site du Projet	Frw	-		-
(8)	Affectation du personnel de contrepartie et affectation des dépenses au Projet	Frw	2,99	Millions	(0,4Million de Yen)
(9)	Mise en œuvre du fonctionnement et maintenance des infrastructures d'irrigation après la période d'achèvement des travaux de construction	Frw	-		-
(10)	Exécution du monitoring environnemental après la période d'achèvement des travaux de construction	Frw	2,77	Millions	(0,4 Million de Yen)
(11)	Exécution des plans et construction d'infrastructures d'aménagement des terres (sauf le plan qui doit être effectué dans la zone de commande par la partie japonaise)	Frw	311,00	Millions	(46,0 Million de Yen)
(12)	Mise œuvre de l'appui pour l'établissement des OUEs	Frw	0,79	Millions	(0,1 Million de Yen)
(13)	Construction des clôtures autour des réservoirs de régulateurs et des réservoirs de décharge	Frw	5,00	Millions	(0,7 Million de Yen)
(14)	Construction de la parcelle en aval de la rizière	Frw	27,00	Millions	(4,0 Million de Yen)
(15)	Commission chargée des arrangements a la banque (B/A) et autorisation de paiement (A/P)	Frw	4,70	Million	(0,7 Million de Yen)

NB: (8) veut dire que les C/Ps doivent organiser les formations de la composante 'soft'. (11) sauf la construction des terrassements au sein de la zone de commande.

## 3) Condition de prévision

- (1) Prévision effectuée : Novembre 2013
- (2) Taux de change : 1\$ américain = 99,27Yen = 670,7Frw (1Frw = 0,148Yen)
- (3) Période de construction et d'approvisionnement: Comme indiqué dans l'horaire d'exécution dans la Section 2-2-3-9.
- (4) Autres : La prévision des coûts s'est opérée selon les directives relatives aux subventions et aux projets adoptées par le Gouvernement japonais

## 2-5-2 Coût du fonctionnement et maintenance

### 1) Coût annuel des opérations de pompage

Le coût des opérations de pompage est prévu comme suit. Bien que les pompes à moteur électrique soient adoptées dans ce Projet, les frais d'électricité peuvent ne pas être normalement requis parce que le moteur fonctionne avec l'électricité générée par le système de génération de l'énergie solaire. Cependant, il serait mieux d'assurer la quantité d'eau nécessaire en faisant fonctionner des pompes avec de l'électricité de la ligne commerciale pendant les jours nuageux ou pendant la période dans laquelle les besoins en eau d'irrigation dépasse la capacité de décharge des pompes avec l'énergie solaire dans le cadre de réduction du coût initial et de diminution des risques.

La prévision ci-dessous est le résultat du calcul des heures de fonctionnement nécessaires en utilisant la ligne électrique commerciale et ses frais qui peut être obtenu par la différence entre le montant des besoins en eau d'irrigation dans les conditions climatiques moyennes et la capacité de la pompe de décharge réduite en tenant en compte l'instabilité de l'énergie du panneau solaire. Le coût des opérations de pompage est prévu à 725.418 Frw.

**Tableau 2.5.2.1 Heures de fonctionnement des pompes utilisant l'électricité  
de la ligne commerciale et le coût**

Month	Decade	Days	Irrigation Water Requirement		Pump Discharge by Solar		Balance		Operation hours of Grid		Electric Charge	
			Right Hill (m3)	Left Hill (m3)	Right:2sets (m3)	Left:1set (m3)	Right Hill (m3)	Left Hill (m3)	Right Hill (hour)	Left Hill (hour)	Right Hill (RWF)	Left Hill (RWF)
Jan	1st.	10	2,127	1,418	4,880	2,440	2,753	1,022				
	2nd.	10	1,209	806	4,880	2,440	3,671	1,634				
	3rd.	11	860	573	5,368	2,684	4,508	2,111				
Feb	1st.	10	929	619	5,300	2,650	4,371	2,031				
	2nd.	10	1,262	841	5,300	2,650	4,038	1,809				
	3rd.	8	299	199	4,240	2,120	3,941	1,921				
Mar	1st.	10	618	412	5,280	2,640	4,662	2,228				
	2nd.	10	418	279	5,280	2,640	4,862	2,361				
	3rd.	11	383	255	5,808	2,904	5,425	2,649				
Apr	1st.	10	0	0	5,320	2,660	5,320	2,660				
	2nd.	10	0	0	5,320	2,660	5,320	2,660				
	3rd.	10	4	2	5,320	2,660	5,316	2,658				
May	1st.	10	103	68	5,320	2,660	5,217	2,592				
	2nd.	10	1,316	877	5,320	2,660	4,004	1,783				
	3rd.	11	7,324	4,883	5,852	2,926	-1,472	-1,957	10.5	14.0	18,040	23,982
Jun	1st.	10	9,836	6,558	5,760	2,880	-4,076	-3,678	29.1	26.3	49,965	45,077
	2nd.	10	12,942	8,628	5,760	2,880	-7,182	-5,748	51.3	41.1	88,036	70,458
	3rd.	10	10,382	6,921	5,760	2,880	-4,622	-4,041	33.0	28.9	56,653	49,536
Jul	1st.	10	8,326	5,551	6,130	3,065	-2,196	-2,486	15.7	17.8	26,917	30,467
	2nd.	10	8,165	5,443	6,130	3,065	-2,035	-2,378	14.5	17.0	24,944	29,152
	3rd.	11	8,038	5,359	6,743	3,372	-1,295	-1,987	9.3	14.2	15,876	24,359
Aug	1st.	10	7,477	4,985	5,950	2,975	-1,527	-2,010	10.9	14.4	18,717	24,633
	2nd.	10	8,033	5,356	5,950	2,975	-2,083	-2,381	14.9	17.0	25,535	29,179
	3rd.	11	8,333	5,556	6,545	3,273	-1,788	-2,283	12.8	16.3	21,922	27,985
Sep	1st.	10	5,904	3,936	5,600	2,800	-304	-1,136	2.2	8.1	3,725	13,924
	2nd.	10	4,266	2,844	5,600	2,800	1,334	-44		0.3		541
	3rd.	10	2,948	1,965	5,600	2,800	2,652	835				
Oct	1st.	10	2,821	1,881	5,030	2,515	2,209	634				
	2nd.	10	3,000	2,000	5,030	2,515	2,030	515				
	3rd.	11	3,581	2,387	5,533	2,767	1,952	379				
Nov	1st.	10	692	461	4,620	2,310	3,928	1,849				
	2nd.	10	0	0	4,620	2,310	4,620	2,310				
	3rd.	10	329	219	4,620	2,310	4,291	2,091				
Dec	1st.	10	2,663	1,775	4,650	2,325	1,987	550				
	2nd.	10	3,812	2,542	4,650	2,325	838	-217		1.5		2,656
	3rd.	11	4,221	2,814	5,115	2,558	894	-256		1.8		3,140
Sub-total			132,619	88,413	194,184	97,092			204.2	218.6	350,331	375,087
Grand-total		365		221,032		291,276				422.7		725,418

## 2) Coût de fonctionnement et de maintenance

Le fonctionnement et la maintenance des infrastructures d'irrigation devant être construites dans le Projet seront dirigés par l'OUE qui sera mise en place dans l'avenir. Le coût nécessaire de fonctionnement et de la maintenance proviendra des frais d'eau payés par les usagers. Selon l'enquête menée auprès de l'OUE existante formée à travers la RSSP, c'est souvent le constat que 40% de toute la somme collectée est dépensée pour la maintenance, 30% pour la gestion et 20% pour l'épargne en tant que frais d'amortissement.

Sur base des résultats de l'enquête ci-dessus, les frais provenant d'eau par les membres de l'OUE sont prévus ainsi:

- Pour les versants:  $225 \text{ Frw /are} \times 100 \text{ are} \times 265 \text{ ha} = 5.962.500 \text{ Frw /an}$

- Pour la rizière:  $200 \text{ Frw /are} \times 2 \text{ fois/an} \times 100 \text{ are} \times 35 \text{ ha} = 1.400.000 \text{ Frw /an}$

Montant total  $7.362.500 \text{ Frw /an} (\doteq 7.362.000)$

Le coût annuel de fonctionnement et de la maintenance dont les frais d'électricité prévus au-dessus est supposé être ainsi, vu que le coût de la maintenance compte pour 40 % des frais totaux recueillis de l'eau dans les autres OUEs.

**Tableau 2.5.2.2 Prévision des coûts annuels de fonctionnement et de la maintenance**

Libellés	Montant (Frw/an)	Observations
Frais d'électricité (pour le fonctionnement des pompes)	725.418	
Coût de maintenance (sans frais d'électricité)	2.944.800	40% des 7.362.000 Frw prévu ci-dessus
Total	3.670.218	

## **CHAPITRE 3 EVALUATION DU PROJET**

### **3-1 Conditions préalables pour l'exécution du projet**

#### 1) Expropriation des terres et autorisation de construction

Les composantes du projet se partagent en deux parties, notamment l'irrigation pour la horticulture collinaire et la riziculture. Pour la première composante, le projet va construire de nouvelles installations de base tels que le barrage, les canaux d'irrigation des stations de pompage, le réservoir régulateur/ réservoir d'évacuation. Pour la dernière composante, la consolidation des terres de parcelles rizicoles existantes d'environ 35 ha accompagnée d'une réhabilitation du canal d'irrigation et de drainage, la construction d'une nouvelle route pour le fonctionnement et la maintenance en vue de pouvoir entrer dans la zone du projet du barrage en amont.

La propriété foncière au site du projet se divise en deux catégories. Le marais appartient au Gouvernement rwandais tandis que la partie collinaire se situe sur des terres privées. Bien que l'expropriation ne soit pas nécessaire pour les terres marécageuses, il est nécessaire de compenser les propriétaires des terres privées avant le démarrage des travaux de construction. Quant à l'autorisation de bâtir, il n'y aura pas d'obstacle tant que l'expropriation (compensation) pour les terres privées est bien menée à temps.

#### 2) Obtention du certificat d'EIE

Dans toute entreprise de développement, les responsables du projet sont tenus à soumettre le rapport d'EIE à RDB. Par conséquent, le MINAGRI a déjà soumis le rapport d'EIE répondant aux termes de référence spécifiés par RDB en dépêchant un consultant enregistré par REMA en décembre 2013. Du point de vue environnemental, il n'y a aucun obstacle pour la mise en œuvre du projet.

En plus, la liste de vérification environnementale et le plan de monitoring à mener pendant la période de construction ont été aussi créés aux fins du monitoring qui sera effectué par le MINAGRI sur base de ce plan et de la liste de vérification.

#### 3) Régime douanier et exemption des taxes

Puisqu'il s'agit d'un projet d'aide japonaise sous forme de subvention, les tarifs douaniers, les taxes domestiques et autres surtaxes sont exemptés.

#### 4) Engagements du Gouvernement Rwandais

Les engagements à remplir par le Gouvernement rwandais comprennent l'expropriation des terres privées, l'ouverture du compte bancaire, l'exemption des taxes, l'appui à l'établissement des OUEs etc. Il incombe au MINAGRI et District de Ngoma de prendre en main ces engagements. Dans l'exécution des activités de la composante 'soft', le MINAGRI et le District de Ngoma doivent encourager les personnes concernées y compris le personnel de contrepartie, les membres du conseil d'administration des OUEs, les agents des Secteurs et Cellules et autres à participer dans différentes formations visant la bonne gestion desdites activités.

### **3-2 Les engagements du Gouvernement rwandais**

En vue d'exprimer et soutenir les effets du projet, il est attendu que le Gouvernement rwandais réalise les activités suivantes.

#### 1) Mise en place et renforcement des OUEs

L'OUE doit être une entité qui va garantir la durabilité de l'agriculture irriguée dans le projet. En tant que l'une des activités principales des OUEs, l'organisation doit mobiliser les revenus nécessaires

pour la mise en œuvre du bon fonctionnement et de la maintenance des systèmes d'irrigation. Des redevances aux usagers de l'eau constituent le fond pour cet effet si bien que les membres des OUEs devront payer un certain montant de leur revenu de l'agriculture irriguée.

Bien que l'OUE assure les travaux d'entretien et/ou de réparation des infrastructures d'irrigation en utilisant les redevances payées par les membres, le système n'est pas encore établi au site du projet. Par conséquent, le projet considère la création de l'OUE comme activité importante et hautement prioritaire dans les composantes 'soft'. En vue d'établir les OUEs sans problème et éduquer ses membres, il est indispensable que les membres des OUE soient appuyés par l'Unité d'Appui aux OUEs du MINAGRI.

## 2) Appui Technique pour le fonctionnement et la gestion des structures d'irrigation

Après l'achèvement des travaux de construction des infrastructures d'irrigation, la responsabilité pour le fonctionnement et la maintenance doit être transférée du Gouvernement rwandais à l'OUE, tandis que le Gouvernement rwandais reste propriétaire des infrastructures d'irrigation. Il s'agit de la première tentative pour les bénéficiaires, membres de l'OUE de pratiquer l'agriculture irriguée en utilisant les infrastructures d'irrigation. Par conséquent, les bénéficiaires doivent apprendre comment le fonctionnement et la maintenance des infrastructures se fait.

A cet effet, le projet doit effectuer les activités de la composante 'soft' pour renforcer la capacité des agriculteurs quant au fonctionnement et maintenance des infrastructures d'irrigation, qui comprennent la formation en gestion d'eau et la formation sur des techniques culturales. Dans le cadre de bien mener la formation et/ ou atelier, le MINAGRI et le District de Ngoma sont responsables de dépêcher le personnel de contrepartie et de couvrir toutes les dépenses nécessaires.

## 3) Mesures pour la considération environnementale et sociale

Des infrastructures d'irrigation doivent être nouvellement construites par le projet sauf la réhabilitation du canal et drainage de la consolidation des terres dans le champ rizicole existant. Par conséquent, il est essentiel de considérer et prendre en compte des mesures pour l'environnement et les communautés locales par l'expropriation des terres privées et la compensation des paysans qui seront affectés par la mise en exécution du projet.

En plus, l'impact négatif sur l'environnement qui peut temporairement survenir à l'étape de la construction exige un monitoring sur base des plans de monitoring formulés en avance et en utilisant la liste de vérification environnementale.

### **3-3 Hypothèse importante**

Des hypothèses importantes pour exprimer et soutenir les effets du projet sont reprises ci-après:

- La politique du développement de l'agriculture et l'irrigation n'est pas beaucoup changée,
- Le prix du marché des produits agricoles et du matériel agricole n'est pas changé considérablement,
- Les rôles et responsabilités pour l'exploitation et l'entretien entre MINAGRI et l'OUE ne sont pas changées,
- Le personnel nécessaire pour le fonctionnement et la maintenance des infrastructures d'irrigation, les consommables, les pièces de rechange, et fonds sont continuellement fournis pour le bon fonctionnement et la maintenance, et
- Une catastrophe naturelle grave ne s'est pas produite.

### 3-4 Evaluation du projet

#### 3-4-1 Pertinence

Eu égard aux raisons mentionnées ci-après, le projet est jugé valide pour la mise en exécution en tant que projet d'aide japonaise sous forme de subvention

##### 1) Urgence du Projet

Le secteur de l'agriculture au Rwanda est une industrie importante qui représente environ 40% du ratio de la composante du PIB, qui fournit 90% d'opportunité d'emploi. La riziculture se pratique essentiellement dans les marais et les cultures horticoles sont cultivées sur la pente de 5-55 degrés, qui représentent 80% de la superficie des terres du pays. Sur la superficie des versants des collines, l'érosion du sol pendant la saison pluvieuse, le faible ratio du développement des structures d'irrigation, la dégradation du sol et autres ont constitué une contrainte pour l'amélioration de la productivité des cultures. Malgré que l'agriculture se positionne comme l'industrie clé dans le pays, le secteur a connu une faible productivité et a été caractérisé d'exploitations à petite échelle, qui a été étroitement liées aux problèmes nationaux tels que la pauvreté de la population, l'insécurité alimentaire etc.

Dans ces circonstances, le projet est responsable pour la promotion du développement d'irrigation de 10.000 ha en construisant un réservoir d'environ 100 sites suivant la politique du projet LWH si bien que l'urgence d'exécuter le projet est tellement grande dans le cadre de cette politique.

Selon le rapport de l'étude de faisabilité préparé en 2012, la dépense mensuelle moyenne par ménage dans le site du projet est estimée à 13.775 Frw qui ne sont que l'équivalent de la moitié du standard de vie de la moyenne nationale de 27.500 Frw/ménage/mois. En outre, le salaire d'un ouvrier dans la région est seulement de 800 Frw/homme/jour – 1000 Frw/homme/jour. Elle est en dessous de 2USD/homme/jour, le niveau auquel on se réfère pour la ligne de la pauvreté.

La taille des exploitations par ménage des terres agricoles au versant de la colline et des parcelles rizicoles existantes dans la zone du projet est respectivement de 34 ares/ménage et 11,7 are/ménage, qui est beaucoup plus petite que celle de l'échelle d'exploitation moyenne de niveau national de 0,76 are / ménage. En plus, les infrastructures d'irrigation qui contribue à la productivité agricole ont été faiblement développées jusqu'ici si bien que l'OEUE n'est pas encore établie au site du projet.

Comme il a été défini ci-dessus, il n'y a pas de possibilité d'élargir les exploitations agricoles et il s'agit d'une agriculture à petite échelle au site du projet de telle sorte que l'idée de promouvoir l'augmentation de la production agricole par l'amélioration du rendement par unité de surface est bonne, mais la culture pratiquée reste extensive et les infrastructures d'irrigation ne sont pas développées. De plus, le niveau de vie des bénéficiaires ciblés dans la zone du projet est inférieur à celui du niveau national. En vue d'améliorer les moyens de subsistance des bénéficiaires et rendre le consommateur stable, l'urgence de la mise en exécution du projet est élevée.

**Tableau 3.4.1.1 Comparaison de la taille économique des exploitations**

Description	Moyenne nationale	Moyenne au site du projet	Ligne de la pauvreté
Taille économique des exploitations par ménage (are/ménage)	76	Versant de colline: 34 riziculture: 11,7	Frw118.000 /Adulte/Année (Profil de la pauvreté, JICA 2012)
Dépenses moyenne des exploitations par ménage (Frw/ménage/Mois)	27.500*	13.775*	
Salaires par jour (Frw/homme/jour)		800~1.000	

Source: \*= Enquête de collecte des données sur le développement de l'irrigation dans le District de Ngoma, Province de l'Est au

Rwanda (Juillet 2012)

## 2) Consistance avec le Plan de Développement du Rwanda

Le Gouvernement rwandais a placé le développement de l'agriculture et de l'irrigation comme une politique importante en tant qu'un engin pour le développement économique et la réduction de la pauvreté. En plus, pour réaliser le système de production durable, la Politique Nationale d'Agriculture et le Plan Stratégique pour la Transformation Agricole II (SPAT-II) ont été élaborés respectivement en 2004 et 2009, et ensuite en tant que sous-programme de ces politiques, le Programme d'Appui au Secteur Rural (RSSP) et le Projet d'Aménagement des terres, Récolte d'eau et Irrigation Collinaire (LWH) ont été planifiés. Pour le moment, SPAT-II est conçu pour mettre en œuvre la réforme intégrée des systèmes de production agricole.

Sur base de la politique de LWH, ce projet vise à améliorer les moyens de subsistance des agriculteurs par l'augmentation de la production agricole en développant un réservoir et des structures d'irrigation au site du Ngoma22 dans le District de Ngoma. De ce fait, l'on peut dire que la consistance est élevée puisque le projet va contribuer à l'objectif du plan de développement national.

### 3-4-2 Efficacité

Les effets attendus de l'exécution des composantes 'soft' ainsi que la construction des infrastructures d'irrigation dans la zone du projet sont les suivantes.

#### 1) Effet quantitatif

- En tant qu'effet d'expansion de la surface irriguée, la surface irriguée des exploitations agricoles du versant de la colline a été élargie jusqu'à 265ha à partir de la surface actuelle de 26ha,
- En tant qu'effet de la superficie totale des cultures, la zone irriguée des exploitations agricoles au versant de la colline est élargie jusqu'à 610 ha à partir de la surface actuelle de 99ha,
- En tant qu'effet de l'augmentation de rendement des cultures par unité de superficie, le rendement par unité de surface des cultures planifiées a augmenté comme le montre le tableau ci-après,
- En tant qu'épargne du temps d'irrigation, le temps d'irrigation pour la culture du riz est épargné de 50 hommes par jour de 100 hommes/jour actuels, et

**Tableau 3.4.2.1 Effet quantitatif du projet ( augmentation de la production des cultures par unité et taux du transport )**

Indice	La valeur de référence (2013)		valeur cible (2019) (Après 3 ans qui suivent l'achèvement de construction)	
Effet de la production des cultures par unité (kg/ha)	Paddy :	4.000	Paddy :	6.000
	Maïs :	2.000	Maïs :	5.000
	Haricot :	1.000	Haricot :	2.000
	Choux :	8.000	Choux :	12.000
	Carotte :	10.000	Carotte :	25.000
	Tomate :	10.000	Tomate :	20.000
	Aubergine	3.500	Aubergine	7.400
	Tamallio	2.500	Tamallio	3.500
	Café :	3.500	Café :	5.500

## 2) Effet qualitatif

- Par l'introduction de la méthode d'irrigation terminale qui intègre l'arrosage à tuyaux et le développement des infrastructures d'irrigation clés y compris le réservoir, la reconversion agricole peut être effectuée au niveau des producteurs eux-mêmes en cultivant des cultures plus rentables que les cultures traditionnelles telles que le maïs, les haricots etc,
- Par l'organisation des OUEs composées de différents membres de la communauté et la gestion des infrastructures d'irrigation en tant que propriété commune des membres des OUEs, le projet contribue à la stabilisation du niveau de vie des habitants et à la stabilisation du consommateur. En plus, l'esprit de collaboration parmi les producteurs rizières et les agriculteurs du versant de la colline s'accroît, et
- Par la réalisation des activités de la composante 'soft', l'esprit d'appropriation qui considère les infrastructures d'irrigation comme une propriété collective est renforcé, ce qui conduit à une grande transparence de la gestion financière des OUEs pour les agriculteurs. En outre, le sens de la gestion agricole des agriculteurs est renforcé par la gestion judicieuse de l'eau, quantité d'eau à distribuer, distribution à temps et partage équitable d'eau, ce qui permet aux agriculteurs de renforcer le sens de la gestion agricole.