



République du Burundi

**PROJET RÉGIONAL DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE INTÉGRÉ  
DANS LES GRANDS LACS (PRDAIGL)**

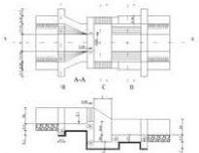
***ETUDES DE FAISABILITÉ TECHNIQUE DÉTAILLÉES DES  
TRAVAUX DE DÉVELOPPEMENT ET/OU RÉHABILITATION  
DES INFRASTRUCTURES D'IRRIGATION DANS LA PROVINCE  
DE CIBITOKÉ (LOT #1)***

**Rapport d'Avant-Projet Sommaire**



**Version Finale**

**Janvier 2023**



## Fiche signalétique

<b>Pays</b>	BURUNDI
<b>Projet</b>	Projet Régional de Développement Agricole Intégré dans les Grands Lacs (PRDAIGL)
<b>Étude</b>	Etudes de faisabilité technique détaillées des travaux de développement et/ou réhabilitation des infrastructures d'irrigation dans la Province de Cibitoke (Lot #1)
<b>Phase</b>	Phase 1 - Etudes
<b>Document</b>	Rapport d'Avant-Projet Sommaire
<b>Version</b>	Version Finale
<b>Consultant</b>	Groupement SHER Ingénieurs Conseils s.a. / Artelia Madagascar

***SHER Ingénieurs-conseils S.A.***  
***ARTELIA Madagascar***

***Référence :*** BUR 57  
***Tel :*** +32 (0) 81 327 980  
***E-mail :*** sher@sher.be

<b>N°</b>	<b>Date</b>	<b>Contenu</b>	<b>Préparé par :</b>	<b>Vérfié par :</b>
1	10/2022	Rapport d'Avant-Projet Sommaire – Version provisoire	Michel-Henri Bourge Jean-Thomas Méchin Emmanuel Nshimirimana Tharcisse Barakamfitye Nicolas Gardin Anaclet Nibasumba Leonidas Gahiro Adrien Nintunze Zoé Van Den Bossche Vyckie Moyaux	Michel-Henri Bourge
2	11/2022	Rapport d'Avant-Projet Sommaire – Version finale	Idem	Idem
3	01/2023	Rapport d'Avant-Projet Sommaire – Version finale Ajout analyse qualité eau	Idem	Idem

## Tables des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Contexte général de l'étude .....	1
1.2	Zone d'étude .....	3
1.3	Présentation de l'étude.....	6
1.3.1	Données contractuelles.....	6
1.3.2	Objectif général de l'étude.....	6
1.3.3	Objectifs spécifiques.....	6
2	Rappel des conclusions de l'étape précédente.....	8
3	Etude agro-socio-économique .....	11
4	Etude foncière .....	12
4.1	Objectif de l'étude.....	12
4.2	Méthodologie.....	13
4.2.1	Collecte des informations déjà disponibles.....	13
4.2.2	Méthodologie de collecte de données.....	14
4.3	Etat d'avancement .....	16
4.4	Résultats .....	16
5	Contexte physique.....	19
5.1	Levé topographique .....	19
5.2	Etude pédologique .....	21
5.2.1	Méthodologie mise en œuvre .....	21
5.2.2	Enseignements tirés des investigations .....	21
5.2.3	Classification des sols et aptitude à la culture du riz et du maïs.....	34
5.3	Etude hydrologique .....	43
5.3.1	Méthodologie mise en œuvre.....	43
5.3.2	Le bassin de la Kaburantwa .....	43
5.3.3	Evaluation des apports mensuels.....	46
5.3.4	Evaluation des débits de crue .....	47
5.3.5	Qualité de l'eau .....	48
5.3.6	Transport solide.....	49
6	Besoins en eau des cultures .....	51
6.1	Méthodologie mise en œuvre.....	51
6.2	Données agro-climatiques.....	51
6.2.1	Pluviométrie .....	51
6.2.2	Evapotranspiration potentielle mensuelle.....	52
6.2.3	Données sur les cultures .....	52

6.3	Calcul des besoins en eau nets des cultures .....	54
6.3.1	Riz 150 jours .....	54
6.3.2	Maïs .....	57
6.3.3	Maraîchage.....	58
6.4	Calcul du besoin en eau brut.....	59
6.5	Débit de dimensionnement.....	60
7	Principes généraux d'aménagement.....	61
7.1	Système d'irrigation .....	61
7.2	Découpage hydraulique et mode de distribution .....	61
7.3	Dimensionnement des canaux.....	62
7.4	Réseau de drainage .....	68
7.5	Pistes d'accès et de circulation.....	69
7.5.1	Piste d'accès à la prise.....	69
7.5.2	Réhabilitation des pistes transversales.....	70
7.6	Ouvrages types.....	71
7.6.1	Ouvrages du réseau d'irrigation et de drainage.....	72
7.6.2	Ouvrages du réseau de circulation.....	74
7.7	Entretien des infrastructures .....	75
8	Propositions d'aménagement .....	83
8.1	Présentation de l'aménagement proposé.....	83
8.1.1	Organisation du réseau d'irrigation .....	83
8.1.2	Synthèse des superficies aménagées .....	88
8.1.3	Bilan hydrique.....	91
8.1.4	Débits d'équipement.....	95
8.2	Infrastructures pour la mobilisation de la ressource en eau .....	98
8.2.1	Dimensionnement du déversoir du seuil de prise .....	100
8.2.2	Dimensionnement du canal d'aménée .....	102
8.2.3	Dimensionnement du dessableur .....	103
8.2.4	Dimensionnement du partiteur.....	105
8.2.5	Dimensionnement de l'aqueduc CTM-RD sur la Kaburantwa.....	105
8.2.6	Dimensionnement des siphons (franchissement Kansega et Kagengwa).....	106
8.2.7	Canal tête morte en rive droite.....	108
8.2.8	Canal tête morte en rive gauche .....	112
8.3	Réseau d'irrigation .....	121
8.3.1	Débits de dimensionnement des canaux .....	121
8.3.2	Terrassement des canaux.....	132
8.3.3	Ouvrages du réseau d'irrigation .....	137
8.3.4	Métré récapitulatif des travaux sur le réseau d'irrigation .....	143

8.4	Réseau de drainage .....	146
8.4.1	Débits de dimensionnement des drains.....	146
8.4.2	Terrassement des drains .....	149
8.4.3	Ouvrages du réseau de drainage.....	149
8.5	Réseau de circulation .....	152
8.5.1	Piste d'accès à la prise .....	152
8.5.2	Réhabilitation des pistes transversales .....	153
8.6	Devis estimatif .....	157
8.6.1	Récapitulatif général .....	157
8.6.2	Infrastructures pour la mobilisation de la ressource en eau .....	159
8.6.3	Aménagements rive gauche de la Kaburantwa.....	161
8.6.4	Aménagements rive droite de la Kaburantwa .....	164
9	Analyse économique .....	167
9.1	Hypothèses pour l'analyse économique .....	167
9.1.1	Production agricole .....	167
9.1.2	Calcul des charges .....	168
9.1.3	Redevance eau .....	170
9.1.4	Analyse de sensibilité et autres paramètres .....	171
9.2	Résultats .....	171
9.2.1	Récapitulatif des coûts .....	171
9.2.2	Résultat de l'analyse financière.....	172
10	Conclusion .....	174
Annexe 1.	Bibliographie.....	175
Annexe 2.	Liste des plans .....	177
Annexe 3.	Comptes d'exploitation des différentes cultures .....	178

## Liste des Figures

Figure 1 – Collines de la Commune de Buganda .....	4
Figure 2 – Présentation de la zone d'étude .....	5
Figure 3 – Extrait de la carte pédologique au 1/50.000 pour la zone d'étude (ISABU, 2014) .....	22
Figure 4 – Sols dominants le long de la coupe transversale de la rive droite de l'Est à l'Ouest .....	25
Figure 5 – Courbes d'infiltration des deux principaux types de sols rencontrés en rive droite de la Kaburantwa .....	27
Figure 6 – Recommandations de fertilisation de la culture du riz sur ferralsols (représentés par le profil 34) .....	28
Figure 7 – Recommandations de fertilisation de la culture du maïs sur les sols d'altération récente (représenté par le profil 02) .....	29
Figure 8 – Occupation des terres observée en rive droite de la Kaburantwa.....	30
Figure 9 – Courbes d'infiltration des deux principaux types de sols rencontrés en rive gauche de la Kaburantwa .....	31
Figure 10 – Recommandations de fertilisation de la culture du riz sur régosols (représenté par le sondage 73).....	32
Figure 11 – Recommandations de fertilisation de la culture du maïs sur les sols d'altération récente (représenté par le profil 01).....	33
Figure 12 – Occupation des terres observée en rive gauche de la Kaburantwa .....	34
Figure 13 – Cartographie des sols de la rive droite .....	36
Figure 14 – Carte d'aptitude à la riziculture en rive droite de la Kaburantwa .....	37
Figure 15 – Carte d'aptitude à la culture du maïs en rive droite de la Kaburantwa .....	38
Figure 16 - Cartographie des sols de la rive gauche.....	39
Figure 17 – Carte d'aptitude à la riziculture en rive gauche de la Kaburantwa .....	40
Figure 18 – Carte d'aptitude à la culture du maïs en rive gauche de la Kaburantwa .....	41
Figure 19 – Bassin versant de la Kaburantwa : contexte générale .....	44
Figure 20 – Bassin versant de la Kaburantwa : caractéristiques topographiques .....	45
Figure 21 – Bassin versant de la Kaburantwa : occupation du sol .....	46
Figure 22 – Statistiques mensuelles moyennes à la station de Kaburantwa (IGEBU).....	46
Figure 23 - Mparambo - Précipitations mensuelles garanties pour le calcul des apports directs à l'aménagement .....	52
Figure 24 - Réseau d'irrigation et de drainage - Schéma de principe .....	62
Figure 25 - Caractéristiques principales des canaux .....	63
Figure 26 - Profil type des canaux d'irrigation .....	68
Figure 27 - Profil type des arroseurs .....	68
Figure 28 - Piste d'accès au site de la prise .....	70
Figure 29 - Prise pour arroseur.....	73
Figure 30 – Présentation schématique de l'aménagement proposé .....	84
Figure 31 – Environnement du site de dérivation et infrastructures annexes .....	86
Figure 32 - Site de prise – Réhabilitation des anciennes carrière d'orpillage. ....	98
Figure 33 - Abaque pour la détermination du coefficient de débit .....	100
Figure 34 - Dimensions principales (USBR).....	101
Figure 35 - Coefficient de trainée pour une particule sphérique.....	104
Figure 36 – Coupe en travers type du canal tête morte en rive droite.....	109
Figure 37 – Coupe en travers type du canal tête morte en rive gauche .....	114
Figure 38 – Tracé retenu pour le CTM-RG en aval de la Kansega .....	117
Figure 39 – Profil en long du CTM-RG en aval du siphon sur la Kansega .....	118
Figure 40 - Réseau de drainage en rive droite de la Kaburantwa : Synthèse superficies drainées et débits de projet .....	146
Figure 41 – Réseau de drainage : localisation des ravines problématiques .....	150

Figure 42 - Illustrations de la ravine sur le tracé de la SD-TR3 .....	155
--	-----

### Liste des Tableaux

Tableau 1 – Liste des collines composant la Commune de Buganda .....	3
Tableau 2 - Répartition des sites à aménager au niveau de la commune Buganda .....	12
Tableau 3 - Exemple de résultat du questionnaire d'enquête .....	15
Tableau 4 - Répartition des parcelles inventoriées en rive droite de la Kaburantwa par classes de superficie .....	17
Tableau 5 - Nombre de parcelles par propriétaire en rive droite de la Kaburantwa .....	17
Tableau 6 - Répartition des parcelles inventoriées en rive gauche de la Kaburantwa par classes de superficie .....	18
Tableau 7 - Nombre de parcelles par propriétaire en rive gauche de la Kaburantwa .....	18
Tableau 8 – Coordonnées des bornes du levé topographique .....	19
Tableau 9 – Extrait de la légende de la carte pédologique au 1/50.000 (ISABU, 2014) .....	23
Tableau 10 – Principales caractéristiques physiques des sols rencontrés en rive droite de la Kaburantwa .....	26
Tableau 11 – Caractéristiques physico-chimique des sols de la rive droite .....	27
Tableau 12 – Principales caractéristiques physiques des sols rencontrés en rive gauche de la Kaburantwa .....	31
Tableau 13 – Caractéristiques physico-chimiques des sols de la rive gauche .....	32
Tableau 14 – Produits de l'étude hydrologique .....	43
Tableau 15 – Bassin de Kaburantwa : caractéristiques morphologiques et topographiques .....	44
Tableau 16 – Estimation du débit disponible au site de prise .....	47
Tableau 17 – Evolution des débits turbinés par la centrale KABU-16 en année sèche .....	47
Tableau 18 – Synthèse de l'estimation des débits de crue de la Kaburantwa .....	48
Tableau 19 – Qualité de l'eau de la Kaburantwa – Aptitudes pour l'irrigation .....	49
Tableau 20 – Mesures du transport solide sur la Kaburantwa .....	50
Tableau 21 - Evapotranspiration de référence pour les sites de Kaburantwa .....	52
Tableau 22 – Calendriers culturaux recommandés pour la zone d'étude .....	53
Tableau 23 - Coefficients culturaux décennaux (Kc) utilisés .....	53
Tableau 24 - Besoins en eau nets pour le riz 150j - Saison A .....	54
Tableau 25 - Besoins en eau moyens à l'échelle de l'aménagement pour le riz 150j - Saison A .....	55
Tableau 26 - Besoins en eau nets pour le riz 150j - Saison B .....	56
Tableau 27 - Besoins en eau moyens à l'échelle de l'aménagement pour le riz 150j - Saison B .....	57
Tableau 28 - Besoins en eau nets pour le maïs - saison A .....	57
Tableau 29 - Besoins en eau nets pour le maïs - saison B .....	58
Tableau 30 - Besoins en eau nets pour le maraîchage - saison A .....	58
Tableau 31 - Besoins en eau nets pour le maraîchage - saison B .....	58
Tableau 32 - Besoins en eau nets pour le maraîchage - saison C .....	59
Tableau 33 - Besoins en eau de pointe des cultures – Synthèse .....	60
Tableau 34 - Caractéristiques des canaux en terre (1/2) .....	65
Tableau 35 - Caractéristiques des canaux en terre (2/2) .....	65
Tableau 36 - Caractéristiques des canaux en maçonnerie de moellons (1/2) .....	66
Tableau 37 - Caractéristiques des canaux en maçonnerie de moellons (2/2) .....	67
Tableau 38 - Vitesse en fonction de la pente dans les canaux arroseurs .....	68
Tableau 39 - Ouvrages types – Codes et description .....	72
Tableau 40 - Intervenants et rôles dans les opérations d'entretien .....	77
Tableau 41 - Etapes à suivre lors de l'entretien .....	78
Tableau 42 - Besoins et quantités pour travaux d'entretien courant .....	79
Tableau 43 – Inventaire des canaux de distribution en rive droite de la Kaburantwa .....	87
Tableau 44 – Inventaire des canaux de distribution en rive gauche de la Kaburantwa .....	88

Tableau 45 – Récapitulatif des superficies dominées par le réseau d'irrigation proposé .....	89
Tableau 46 – Bilan hydrique de l'aménagement proposé : année sèche / double riziculture .....	93
Tableau 47 – Débits d'équipement en tête de réseaux primaires et secondaires.....	96
Tableau 48 – Evolution quotidienne du débit disponible à la prise et du débit détourné (première décade d'octobre / année sèche).....	96
Tableau 49 – Evolution quotidienne des débits délivrés aux canaux secondaires (première décade d'octobre / année sèche) .....	97
Tableau 50 – Métré pour la réalisation du seuil et de la prise d'eau.....	101
Tableau 51 – Métré pour la réhabilitation des anciennes carrières d'orpillage à proximité du seuil de prise .....	102
Tableau 52 – Calcul hydraulique du canal d'amenée rectangulaire en béton .....	103
Tableau 53 – Métré pour la réalisation du canal d'amenée .....	103
Tableau 54 – Métré pour la réalisation du dessableur .....	104
Tableau 55 – Métré pour la réalisation du partiteur .....	105
Tableau 56 – Métré pour la réalisation de l'aqueduc sur la Kaburantwa .....	106
Tableau 57 – Métré pour la réalisation du siphon en rive droite (Kagengwa).....	107
Tableau 58 – Métré pour la réalisation du siphon en rive gauche (Kansega).....	108
Tableau 59 – Dimensionnement du CTM-RD .....	109
Tableau 60 – Métré pour la réalisation de la plateforme du CTM en rive droite .....	109
Tableau 61 – Métré pour la réalisation du canal CTM en rive droite .....	109
Tableau 62 – Métré pour la réalisation du contre-drain du CTM en rive droite.....	110
Tableau 63 – Ouvrage pour drainage sous CTM-RD .....	110
Tableau 64 – Aqueducs- Dalots pour CTM-RD .....	111
Tableau 65 – Caractéristiques des dalots pour passage CTM-RD sous pistes et métré correspondant .....	111
Tableau 66 – Métré des travaux pour la réalisation du CTM-RD .....	112
Tableau 67 – Dimensionnement du CTM-RG en amont de la Kansega .....	113
Tableau 68 – Métré pour la réalisation de la plateforme du CTM-RG en amont de la Kansega entre PM 5+900 et 7+557 .....	114
Tableau 69 – Métré pour la réalisation du contre-drain du CTM-RG en amont de la Kansega entre PM 5+900 et 7+557 .....	114
Tableau 70 – Métré pour la réalisation du canal CTM-RG en amont de la Kansega.....	114
Tableau 71 – Ouvrage pour drainage sous CTM-RD .....	115
Tableau 72 – Aqueduc pour CTM-RG .....	116
Tableau 73 – Caractéristiques des dalots pour passage CTM-RG sous pistes et métré correspondant .....	116
Tableau 74 – Dimensionnement du CTM-RG en aval du franchissement de la Kansega et métré correspondant .....	119
Tableau 75 – Dimensionnement des drains et métré correspondant .....	119
Tableau 76 – Dimensionnement du dalot et métré correspondant .....	120
Tableau 77 – Paramètres dimensionnels des travaux de terrassement et métré correspondant .....	120
Tableau 78 – Métré des travaux pour la réalisation du CTM-RG en aval de la Kansega.....	120
Tableau 79 – Métré des travaux pour la réalisation du CTM-RG .....	121
Tableau 80 – Canal primaire en rive droite - Synthèse superficies dominées et débits de projet .....	122
Tableau 81 – Canal primaire en rive gauche - Synthèse superficies dominées et débits de projet ...	122
Tableau 82 – Bloc 01 : Synthèse superficies dominées et débits de projet .....	123
Tableau 83 – Réseau d'irrigation Bloc 02 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	124
Tableau 84 - Réseau d'irrigation Bloc 03 : Synthèse superficies dominées et débits de projet .....	124
Tableau 85 – Réseau d'irrigation Bloc 04 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	125
Tableau 86 – Réseau d'irrigation Bloc 05 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	126
Tableau 87 – Réseau d'irrigation Bloc 06 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	127
Tableau 88 – Réseau d'irrigation Bloc 07 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	127

Tableau 89 – Réseau d’irrigation Bloc 08 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	128
Tableau 90 – Réseau d’irrigation Bloc 09 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	129
Tableau 91 – Réseau d’irrigation Bloc 10 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	130
Tableau 92 – Réseau d’irrigation Bloc 11 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	130
Tableau 93 – Réseau d’irrigation Bloc 12 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	131
Tableau 94 – Réseau d’irrigation Bloc 13 : Synthèse superficies dominées et débits de projet.....	131
Tableau 95 – Réseau d’irrigation Canal primaire en rive droite de la Kaburantwa : Terrassements..	132
Tableau 96 – Réseau d’irrigation Canal primaire en rive gauche de la Kaburantwa : Terrassements	132
Tableau 97 – Réseau d’irrigation Bloc 01 : Terrassements .....	132
Tableau 98 – Réseau d’irrigation Bloc 02 : Terrassements .....	133
Tableau 99 – Réseau d’irrigation Bloc 03 : Terrassement .....	133
Tableau 100 – Réseau d’irrigation Bloc 04 : Terrassement.....	133
Tableau 101 – Réseau d’irrigation Bloc 05 : Terrassement.....	134
Tableau 102 – Réseau d’irrigation Bloc 06 : Terrassements .....	134
Tableau 103 – Réseau d’irrigation Bloc 07 : Terrassements .....	135
Tableau 104 – Réseau d’irrigation Bloc 08 : Terrassements .....	135
Tableau 105 – Réseau d’irrigation Bloc 09 : Terrassements .....	135
Tableau 106 – Réseau d’irrigation Bloc 10 : Terrassements .....	136
Tableau 107 – Réseau d’irrigation Bloc 11 : Terrassements .....	136
Tableau 108 – Réseau d’irrigation Bloc 12 : Terrassements .....	137
Tableau 109 – Réseau d’irrigation Bloc 13 : Terrassement.....	137
Tableau 110 - Réseau d’irrigation Canal primaire en rive droite de la Kaburantwa : Ouvrages.....	137
Tableau 111 - Réseau d’irrigation Canal primaire en rive gauche de la Kaburantwa : Ouvrages .....	137
Tableau 112 - Réseau d’irrigation Bloc 01 : Ouvrages.....	138
Tableau 113 - Réseau d’irrigation Bloc 02 : Ouvrages.....	138
Tableau 114 - Réseau d’irrigation Bloc 03 : Ouvrages.....	138
Tableau 115 - Réseau d’irrigation Bloc 04 : Ouvrages.....	139
Tableau 116 - Réseau d’irrigation Bloc 05 : Ouvrages.....	140
Tableau 117 - Réseau d’irrigation Bloc 06 : Ouvrages.....	140
Tableau 118 - Réseau d’irrigation Bloc 07 : Ouvrages.....	140
Tableau 119 - Réseau d’irrigation Bloc 08 : Ouvrages.....	141
Tableau 120 - Réseau d’irrigation Bloc 09 : Ouvrages.....	141
Tableau 121 - Réseau d’irrigation Bloc 10 : Ouvrages.....	141
Tableau 122 - Réseau d’irrigation Bloc 11 : Ouvrages.....	142
Tableau 123 - Réseau d’irrigation Bloc 12 : Ouvrages.....	142
Tableau 124 - Réseau d’irrigation Bloc 13 : Ouvrages.....	142
Tableau 125 – Avant-Métri récapitulatif : Travaux de terrassements sur le réseau d’irrigation en rive droite de la Kaburantwa.....	143
Tableau 126 – Avant-Métri récapitulatif : Travaux de terrassements sur le réseau d’irrigation en rive gauche de la Kaburantwa .....	143
Tableau 127 - Avant-Métri récapitulatif: Ouvrages sur le réseau d'irrigation en rive droite de la Kaburantwa .....	144
Tableau 128 - Avant-Métri récapitulatif: Ouvrages sur le réseau d'irrigation en rive gauche de la Kaburantwa .....	145
Tableau 129 - Réseau de drainage en rive gauche de la Kaburantwa : Synthèse superficies drainées et débits de projet.....	148
Tableau 130 – Avant-Métri récapitulatif : Travaux de terrassements sur le réseau de drainage en rive droite de la Kaburantwa.....	149
Tableau 131 – Avant-Métri récapitulatif : Travaux de terrassements sur le réseau de drainage en rive gauche de la Kaburantwa .....	149
Tableau 132 - Avant-Métri récapitulatif: Ouvrages sur le réseau de drainage en rive droite de la Kaburantwa .....	151

Tableau 133 - Avant-Métré récapitulatif: Ouvrages sur le réseau de drainage en rive gauche de la Kaburantwa .....	151
Tableau 134 – Caractéristiques géométriques de la piste d'accès à la prise et métré correspondant	152
Tableau 135 – Piste d'accès – Métré des ouvrages de franchissement - Dalots pour thalweg .....	153
Tableau 136 – Piste d'accès - Métré des ouvrages de drainage - Buses .....	153
Tableau 137 - Liste des pistes transversales soumises à une intervention .....	153
Tableau 138 - Interventions sur les pistes transversales en rive droite de la Kaburantwa .....	154
Tableau 139 – Interventions sur les pistes transversales en rive gauche de la Kaburantwa .....	154
Tableau 140 – Avant-Métré récapitulatif : interventions sur la ravine de la SD-TR3 .....	155
Tableau 141 – Avant-Métré récapitulatif : interventions sur les pistes transversales en rive droite de la Kaburantwa - .....	155
Tableau 142 - Avant-Métré récapitulatif : interventions sur les pistes transversales en rive gauche de la Kaburantwa .....	156
Tableau 143 – Devis estimatif – récapitulatif général (USD).....	157
Tableau 144 – Devis estimatif (USD) – Infrastructures pour la mobilisation de la ressource en eau .	159
Tableau 145 – Devis estimatif (USD) – Aménagements rive gauche de la Kaburantwa .....	161
Tableau 146 – Devis estimatif (USD) – Aménagements rive droite de la Kaburantwa .....	164
Tableau 147 - Caractéristiques technico-économiques des spéculations principales .....	167
Tableau 148 - Taux d'augmentation du rendement durant les premières années de fonctionnement de l'aménagement .....	168
Tableau 149 - Prix unitaires pour frais de fonctionnement de l'AUE.....	169
Tableau 150 - Augmentation du montant des coûts d'entretien lors de la période de démarrage du périmètre.....	171
Tableau 151 – Montant de la redevance .....	171
Tableau 152 – Assolement sélectionné (% et superficie irrigable) .....	172
Tableau 153 – Production et valorisation par option d'aménagement (en tonnes et BIF) .....	172
Tableau 154 – Taux de Rentabilité Interne .....	172
Tableau 155 – Valeur Actualisée Nette (10 <sup>3</sup> BIF) .....	173
Tableau 156 – Nombre d'années nécessaires pour une Valeur Actualisée Nette positive .....	173
Tableau 157 – Synthèse des coûts d'aménagement (USD).....	174

### Liste des Prises de vue

Prise de vue 1 – Particularité de la zone de pente à gauche vue de la surface du sol et à droite vue de loin de la zone de pente .....	25
Prise de vue 2 - Ravin formé à la transversale 4B sur la zone de pente.....	26
Prise de vue 3 - Zone marécageuse entre la transversale 6B et 7B de la rive droite .....	26
Prise de vue 4 – Haricot semé dans les tiges de sorgho.....	30
Prise de vue 5 – Périmètres rizicoles de la rive gauche.....	34

### Liste des abréviations

ACSA	Agent Communautaire de Santé Animale
AEP	Adduction en Eau Potable
APD	Avant-Projet Détaillé
APS	Avant-Projet Sommaire
AUE	Association des Usagers de l'Eau
AUM	Association des usagers des Marais
BCG	Bureau Central de Géomatique
BEC	Besoins en eau des Cultures
BPEAE	Bureau Provincial de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage (ex DPAE)
BV	Bassin Versant
CAPAD	Confédération des Associations des Producteurs Agricoles pour le Développement
CIKAR	Complexe Industriel de Karonda
CLA	Chenille Légionnaire d'Automne
CM	Chef de ménage
CTM	Canal tête morte
DAO	Dossier d'Appel d'Offre
DPAE	Direction Provinciale de l'Agriculture et de l'Elevage
EIES	Etudes d'Impact Environnemental et Social
ETO	Evapotranspiration potentielle
FAO	Food and Agriculture Organization
FIDA	Fonds International pour le Développement Agricole
FOMI	Fertilisants organo-minéraux Industriels
GE	Google Earth
GPS	Global Positioning System
IGEBU	Institut Géographique du Burundi
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
ILRI	International Livestock Research Institute
IRRI	International Rice Research Institute
ISABU	Institut des Sciences Agronomiques du Burundi
Kc	Coefficient Cultural
MNT	Modèle Numérique de Terrain
OBPE	Office Burundais pour la Protection de l'Environnement
ODECA	Office pour le Développement du Café du Burundi
ODP	Objectifs de Développement du Projet
OHP	Office de l'Huile de Palme du Burundi
ONCCS	Office National de Contrôle et de Certification des Semences
ONG	Organisation Non Gouvernementale
OP	Organisation des Producteurs
PADANE	Projet d'Appui au Développement de l'Agriculture, de la Nutrition et de l'Entrepreneuriat
PAR	Plan d'Action de Réinstallation
PDNE	Plan Directeur National de l'Eau
Pe	Pluie efficace
PNSADR-IM	Programme National pour la Sécurité Alimentaire et le Développement Rural des régions de l'Imbo et du Moso
PRDAIGL	Projet Régional de Développement Agricole Intégré dans les Grands Lacs
PROPA-O	Projet pour Accélérer l'Atteinte de l'OMD1c
PROSECEAU	Programme Sectoriel Eau et Assainissement
RDC	République Démocratique du Congo
REGIDESO	Régie de Distribution de l'Eau et de l'Electricité
RN	Route Nationale
SIG	Système d'Information géographique
SRD	Société Régionale de Développement
TDR	Termes de Références
UE	Union Européenne
UP	Unité de production

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte général de l'étude

Le Programme Régional de Développement Agricole Intégré dans les Grands Lacs (PRDAIGL) est financé par la Banque Mondiale pour : i) revitaliser le développement économique, ii) créer des emplois, et partant, iii) améliorer les conditions de vie des populations dans la région des grands lacs.

Globalement, le projet intervient dans les zones que se partagent les trois pays membres de la Communauté Economique des Pays des Grands Lacs (CEPGL), en l'occurrence : le Burundi, le Rwanda et la République Démocratique du Congo (RDC).

Spécifiquement, au Burundi le programme PRDAIGL intervient dans les zones frontalières du Rwanda, de la RDC et de la Tanzanie. Ces zones se situent dans les provinces de Bujumbura, Cibitoke, Bubanza, Rumonge et Makamba, particulièrement dans la plaine de la Rusizi, dans la plaine de l'Imbo et le long du Lac Tanganyika.

Dans ses interventions, le PRDAIGL cible prioritairement de petits exploitants agricoles où les femmes représentent au moins 35%. Les bénéficiaires sont sélectionnés en fonction d'un certain nombre de critères, notamment le fait :

D'être petit exploitant agricole : agriculteur, éleveur ou agri-éleveur

De posséder une propriété d'une superficie moyenne de 0.50 ha

De pratiquer la culture du riz, du maïs et autres cultures

De pratiquer un élevage de vaches laitières.

En plus de petits exploitants agricoles, le PRDAIGL s'adresse à des groupes vulnérables comme : les jeunes sans emplois, les femmes, les personnes déplacées et les Batwa.

Pour couronner ses interventions, le PRDAIGL apporte des appuis aux investisseurs privés de l'agro-industrie, aux petites et moyennes entreprises des zones ciblées, aux gestionnaires des coopératives et aux institutions publiques impliquées dans la vulgarisation et la recherche agricoles.

Du point de vue opérationnel, le programme PRDAIGL est structuré autour de quatre composantes comme suit :

- **Composante 1** : Amélioration de la productivité et de la production des petits exploitants agricoles
  - Sous-composante 1.1 : Renforcement des organisations de producteurs ;
  - Sous-composante 1.2 : Appui à la production de riz et de maïs ;
  - Sous-composante 1.3 : Appui au développement de la chaîne de valeur des produits laitiers.
- **Composante 2** : Appui aux investissements dans le secteur agro-alimentaire et à l'établissement de liens avec les marchés
  - Sous-composante 2.1 : Création d'un environnement général et d'un climat d'investissement plus favorable à l'agro-industrie ;
  - Sous-composante 2.2 : Appui à l'apport de valeur ajoutée et à l'établissement de liens avec les marchés ;
  - Sous-composantes 2.3 : Amélioration de l'infrastructure routière rurale pour garantir l'accès aux marchés.
- **Composante 3** : Intégration institutionnelle, acquisition de connaissances et diffusions d'informations au niveau régional

- Sous-composante 3.1 : Coopération régionale et développement des capacités des chercheurs en agriculture ;
  - Sous-composante 3.2 : Développement de technologies rentables et durables ;
  - Sous-composante 3.3 : Diagnostic et appui aux services de laboratoire.
- **Composante 4 : Gestion du projet et appui institutionnel**
- Sous-composante 4.1 : Gestion et coordination du projet ;
  - Sous-composante 4.2 : Appui institutionnel, renforcement des capacités, plaidoyer et communication ;
  - Sous-composante 4.3 : Intervention d'urgence.

Au niveau de la sous-composante 1.2 « *Appui à la production de riz et de maïs* », sous le volet « *irrigation et mise en valeur des bassins versants* », le Projet envisage le développement de l'irrigation sur environ 3000 ha de périmètres irrigués. En plus de la réhabilitation ou le développement des infrastructures d'irrigation au travers des études techniques, l'exécution et la supervision des travaux, le Projet vise à encadrer le développement institutionnel afin d'améliorer la gestion des dispositifs d'irrigation par le biais des associations d'usagers de l'eau.

L'aménagement de ces marais et plaines dont le potentiel constitue une opportunité pour la mise en place d'un système de production de riz intensif sous irrigation, permettra à la population locale une exploitation intensive des marais et des plaines par la diversification d'une agriculture à haute valeur marchande. Ainsi, en fonction de la disponibilité en eau, trois campagnes de cultures (A, B, C) seront initiées dans les sites aménagés : double culture de riz irrigué, polyculture, cultures maraichères, etc. Il faut toutefois tenir compte que les sites de marais et plaines, exploités actuellement d'une manière traditionnelle pour l'agriculture sont aussi des écosystèmes fragiles du point de vue environnemental, et que les aménagements futurs doivent, tout en assurant la maîtrise de l'eau, garantir leur protection et durabilité.

Les activités de mise en œuvre du programme d'irrigation porteront sur : (i) la pré-identification des sites, (ii) les études techniques préliminaires (diagnostic et APS, y compris cadre de l'étude d'impact environnemental et social) et études d'Avant-Projets Détaillés (APD) et Dossier d'Appel d'Offres (DAO) et enfin Plan d'Action de Relocalisation (PAR), (iii) la présentation et discussion des propositions de variantes et plans d'aménagement avec la parties prenantes, (iv) l'exécution, la surveillance et le contrôle des travaux, (v) le renforcement des capacités des associations des usagers de l'eau (AUEs) et des agents des services techniques locaux et (vi) la préparation en collaboration avec les parties prenantes d'un programme de gestion et maintenance des réseaux, ouvrages et équipements.

Les critères de sélection des sites à aménager sont basés sur (i) l'absence de conflit foncier potentiel conformément à la politique foncière du Gouvernement et aux principes guidant les financements de la Banque Mondiale, (ii) la proximité des marchés, l'existence d'une piste d'accès fonctionnelle proche du site, (iii) la viabilité économique et financière, (iv) la prise en compte des dimensions environnementales et sociales, et (v) les intérêts des AUEs exprimés et confirmés par leur engagement à réaliser eux-mêmes les travaux de planage et d'aménagement parcellaire ainsi que d'assumer la responsabilité de prendre entièrement en charge la gestion et la maintenance des infrastructures mises en place.

Au stade de la préparation du projet, les sites pré-identifiés ont fait l'objet d'une concertation avec les représentants des communautés locales et des services techniques habilités. La pré-identification s'est également référée aux données et cartes figurant dans l'Atlas Interactif des marais, plaines et bas-fonds élaboré dans le cadre du projet PAIOSA et dans le schéma directeur d'aménagement de la plaine de la Rusizi élaboré dans le cadre de la CEPGL.

Dans le cadre des présentes études techniques détaillées, une étude de diagnostic approfondie a été réalisée en vue de déterminer parmi les sites pré-identifiés ceux pouvant faire l'objet d'une étude de faisabilité/APS. Une étude d'impact environnemental et social est réalisée phase APS et finalisée à la phase d'APD afin de déterminer les impacts négatifs liés à la mise en place des schémas d'aménagements

et des ouvrages retenus et de proposer des mesures d'atténuation et les coûts et modalités de leur mise en œuvre. Enfin, un Plan d'Action de Relocalisation (PAR) des populations affectées sera élaboré en phase d'APD.

En complément des travaux de réhabilitation/développement des infrastructures d'irrigation, des activités de conservation et de protection des bassins versants seront menées sur les collines environnantes. Ce programme ne fait pas partie de la présente étude.

C'est dans ce contexte qu'ont été initiées les études techniques détaillées (Diagnostic, APS, APD et DAO) pour la réalisation des aménagements hydro-agricoles des sites de Gasenyi, Kansega, Ndava et Nyamitanga/aval en Province de Cibitoke.

## 1.2 Zone d'étude

La zone d'étude est située dans la plaine de la Rusizi au Sud de Cibitoke en commune de Buganda.

La Commune de Buganda est l'une des 6 communes qui composent la Province de Cibitoke.

Elle est située au Sud-Ouest de la province et a une superficie de 186,28 Km<sup>2</sup>. Elle est bordée :

- Au Nord-Ouest : par la commune Rugombo ;
- Au Sud : par la commune Gihanga (Province Bubanza) ;
- A l'Est : par la commune Bubanza (Province Bubanza) ;
- Au Nord-Est : par la commune Murwi ;
- A l'Ouest : la frontière avec la République Démocratique du Congo.

La Commune de Buganda est divisée en deux zones et 12 collines de recensement.

**Tableau 1 – Liste des collines composant la Commune de Buganda**

Collines	
Zone Ndava	Zone Gasenyi
Kansega	Murambi
Muremera	Ruhagarika
Mwunguzi	Gasenyi-rural
Nimba	Gasenyi-centre
Ndava-village	Kaburantwa
Nyamitanga	Cunyu

Source : PCDC commune de Buganda

**Figure 1 – Collines de la Commune de Buganda**



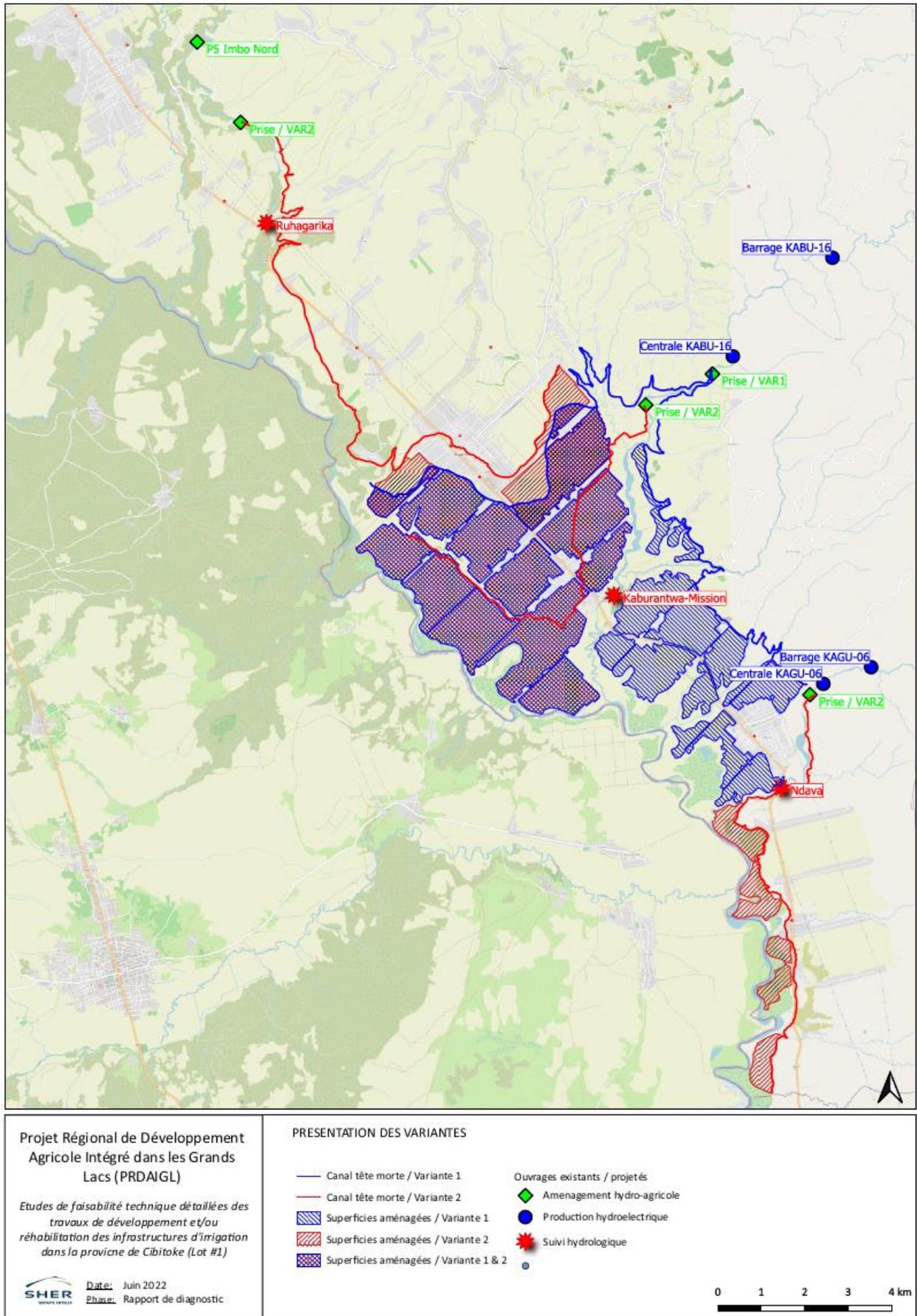
Source : Monographie de la Commune de Buganda (2014-2018)

Les sites potentiellement aménageables sont localisés dans les collines de Gasenyi-Centre, Gasenyi-Rural, Kaburantwa et Kansega et Ndava.

La commune Buganda est accessible par la Route Nationale n°5(RN5) – asphaltée - qui relie Bujumbura au Rwanda, par la frontière de Ruhwa. Cette route traverse la commune Buganda selon un axe Nord-Sud. Elle constitue la principale infrastructure de désenclavement de cette entité administrative.

L'intérieur de la commune est desservi par des pistes secondaires appelées transversales et dorsales qui ont été tracées dans le cadre de l'aménagement des paysannats.

**Figure 2 – Présentation de la zone d'étude**



## 1.3 Présentation de l'étude

### 1.3.1 Données contractuelles

La mission porte sur la réalisation des études techniques détaillées des travaux d'aménagement hydro-agricoles des marais, plaines et bas-fonds dans la Commune de Buganda en Province de Cibitoke.

La mission a été confiée au groupement SHER – Artelia Madagascar, suite à un appel d'offre lancé par le Projet Régional de Développement Agricole Intégré dans les Grands Lacs (PRDAIGL).

Le contrat N° BI-PIU-97351-CS-QCBS-Lot1/SHER\_ARTELIA/2021 a été signé le 31 Décembre 2021. Le démarrage des prestations est fixé au 25/01/2022 par ordre de service N°01 PRDAIGL/017/2022 du 10/01/2022.

Pour la Phase 1. Etudes: Conformément aux termes de référence de l'étude et à notre offre technique, les rapports ci-après indiqués, doivent être fournis par le groupement :

- Un rapport de premier établissement ;
- Un rapport de diagnostic de la situation actuelle (version provisoire et version finale) et EIES (version provisoire) ;
- Un rapport d'Avant-Projet Sommaire (APS) des aménagements (version provisoire et version finale) ;
- Un rapport d'Avant-Projet Détaillé (APD) et Dossier d'Appel d'Offre (DAO) (version provisoire et version finale) ;
- Un rapport d'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) définitif et un rapport de Plan d'Action de Relocalisation (PAR).

Le présent document constitue le "**Rapport d'Avant-Projet Sommaire – Version provisoire**".

### 1.3.2 Objectif général de l'étude

L'objectif général de l'étude est d'établir la faisabilité technique, socio-économique et environnementale de l'aménagement hydro-agricole des sites de Gasenyi, Kansega et Ndava, les avant-projets détaillés ainsi que les dossiers d'appels d'offres pour la réalisation des travaux.

Dans une seconde phase, le Consultant procédera également au contrôle des travaux d'aménagement.

### 1.3.3 Objectifs spécifiques

De façon spécifique, l'objectif de la phase d'études est d'analyser la situation actuelle des différentes zones à aménager, d'étudier les options pour les approvisionner en eau à partir des ressources en eaux disponibles et d'aboutir à un avant-projet détaillé accompagné des études d'impact environnemental et social et des mesures des sauvegardes sociales pour procéder aux appels d'offres pour les travaux d'aménagement.

Les TDRs insistent sur l'importance de prendre en compte la situation socio-foncière, la cohésion sociale et la motivation des bénéficiaires, en plus des aspects purement techniques ce qui est effectivement essentiel pour assurer une performance optimale et la durabilité de l'aménagement. L'étude devra donc procéder au recensement exhaustif des parcelles traditionnellement exploitées et préparer les plans parcellaires de remembrement en fonction du plan d'aménagement qui sera proposé.

Il sera également nécessaire de réaliser une étude d'Impact environnemental et social (EIES) des aménagements proposés. Cette étude comprendra le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES). Un Plan d'Action de Réinstallation (PAR) détaillé sera en outre réalisé afin de compenser les personnes affectées par les travaux. Une attention particulière sera portée tout au long de l'étude aux questions de genre et aux personnes et groupes vulnérables. Des actions concrètes devront être proposées en ce sens.

La phase d'étude est organisée en 3 étapes :

- **Etape 1** : le diagnostic de la situation actuelle à travers des études sectorielles et l'établissement des différentes options d'aménagement des sites ainsi que le cadrage de l'EIES ;
- **Etape 2** : les études de faisabilité/APS des aménagements des sites réalisées en prenant en compte les contraintes physiques (pédologie, hydrologie, topographie, ...), organisationnelles (foncier, mode de gestion, ...) et socio-économiques (filière existante, facilité d'entretien et de maintenance, ...) ;
- **Etape 3** : l'élaboration des études d'avant projets détaillés (APD) des solutions techniques retenues à l'issue des APS et la préparation des dossiers d'appels d'offres (DAO) pour la réalisation des travaux.

A la fin des étapes 1 et 2, il est prévu l'organisation d'un atelier de présentation et de validation. C'est lors de cet atelier que le Projet et les bénéficiaires pourront valider les propositions formulées. A l'étape 3, la validation sera assurée par la commission technique du projet.

## 2 Rappel des conclusions de l'étape précédente

L'aménagement qui sera réalisé doit permettre l'irrigation d'au moins 2000 ha en commune de Buganda. Deux variantes d'aménagement sont proposées dans les termes de référence de cette étude.

### **Variante #1 – Aménagement des sites de Gasenyi, Kansega et Ndava (2503 ha)**

Cette variante considère l'aménagement de 2503 ha de plaine dans Gasenyi, Kansega et Ndava, c'est-à-dire des rives gauche et droite de la Kaburantwa.

L'alimentation en eau est assurée par une prise unique placée sur la rivière Kaburantwa avec départ de canaux en rives droite et gauche. Cette prise est placée à quelques centaines de mètres en aval de la centrale hydroélectrique KABU-16 en cours de construction.

L'identification des superficies aménageables s'est faite en considérant les superficies dominées par une prise implantée à l'altitude 881 m et sans considération de la pente longitudinale des canaux. Les superficies réellement dominées seront donc inférieures.

### **Variante #2 – Aménagement des sites de Gasenyi et Nyamitanga/aval (2041 ha)**

Cette variante considère l'aménagement de 2041 ha de plaine dans Gasenyi et Nyamitanga, c'est-à-dire la rive droite de la Kaburantwa et la rive gauche de la Kagunuzi.

L'alimentation en eau est assurée par :

- Une prise sur la Muhira avec départ de canal en rive gauche pour irrigation de la zone Gasenyi (rive droite de la Kaburantwa – 1003 ha). Cette prise est placée à 3.200 mètres en aval de la prise construite par le Projet PAIOSA (ENABEL) pour l'irrigation de la plaine de l'Imbo ;
- Une prise sur la Kaburantwa avec départ de canal en rive droite pour irrigation de la zone Kabengwa (rive droite de la Kaburantwa – 730 ha). Il s'agit d'intégrer l'aménagement proposé par ERA International dans le cadre du projet PROPA-O. La prise sur la Kaburantwa est placée en aval de la prise identifiée pour la Variante 1.
- Une prise sur la Kagunuzi avec départ de canal en rive gauche pour irrigation de la zone Nyamitanga (308 ha). Cette prise est placée à quelques dizaines de mètres en aval du site identifié pour la centrale hydroélectrique de KAGU-06.

L'identification des superficies aménageables s'est faite en considérant les superficies dominées par une prise implantée à l'altitude 892 m sur la Muhira et une prise implantée à l'altitude 810 m sur la rivière Kagunuzi et sans considération de la pente longitudinale des canaux. Les superficies réellement dominées seront donc inférieures à celles estimées dans les TdRs.

Les trois rivières identifiées pour l'alimentation de ces variantes sont des affluents en rive gauche de la Rusizi. Il s'agit de cours d'eau permanents qui prennent naissance dans le relief escarpé de la crête Congo-Nil, plus précisément dans (Kaburantwa et Kagunuzi) ou en marge (Muhira) du Parc National de la Kibira.

La Muhira est l'affluent le plus en amont de la Rusizi. Son bassin versant, au niveau de la confluence avec la Rusizi couvre une superficie de 248 km<sup>2</sup>.

La Kaburantwa est le second affluent le plus en amont de la Rusizi. Son bassin versant, au niveau de la confluence avec la Rusizi couvre une superficie de 540 km<sup>2</sup>.

Vient enfin la Kagunuzi, l'affluent le plus en aval. Son bassin versant, au niveau de la confluence avec la Rusizi, couvre une superficie de 427 km<sup>2</sup>.

Des projets existent pour exploiter ces rivières pour l'irrigation ou pour la production hydroélectrique. Il s'agit de projet déjà mis en œuvre, en cours de mise en œuvre ou identifiés.

- Irrigation d'une partie des aménagements de l'Imbo Nord sur 569 ha (périmètres de Murambi au sud de Cibitoke) à partir de la Muhira. La prise sur cette rivière, ainsi que le réseau d'irrigation ont fait l'objet d'une réhabilitation par le Programme PAIOSA (ENABEL). Par ailleurs, le Programme PAIOSA prévoit de construire une nouvelle prise sur la Muhira, plus en amont de la prise existante. Cette prise alimentera un canal de transfert de capacité 1.1 m<sup>3</sup>/s pour :
  - Alimenter les terroirs de Rusororo (~450 ha) ;
  - Valoriser l'excédent d'eau de la rivière Muhira en la transférant vers la prise sur la Nyamagana afin de renforcer l'alimentation en eau des périmètres irrigués de Cibitoke et Rugombo sur 2700 ha.
- Centrale hydro-électrique (KABU-16) en cours de construction sur la rivière Kaburantwa à 800 m de la position retenue au stade des TdRs pour l'implantation de la prise d'eau d'irrigation. La centrale est alimentée à partir d'un barrage, lui aussi en cours de construction, à 5000 m en amont du site de la centrale. Il s'agit d'une centrale de 20 MW (2 turbines de 10 MW chacune) pour un débit d'équipement de 12.35 m<sup>3</sup>/s. Le barrage réservoir a pour fonction de constituer une réserve journalière pour répondre à la demande de pointe qui survient en soirée. Il n'y pas de stockage intersaison.
- Site de centrale hydro-électrique identifié sur la rivière Kagunuzi (KAG-006) à 480 m en amont du site identifié pour l'implantation de la prise d'eau d'irrigation du projet PRDAIGL au stade des TdRs. La construction de cette centrale hydro-électrique n'a pas encore été décidée mais reste dans le pipeline de projets du Ministère de l'Energie. Il est prévu que cette centrale soit dotée d'un barrage dont le site se situe à 1300 m en amont de la centrale hydroélectrique.

Chacune de ces trois rivières possède une station limnimétrique à proximité de la RN 5. Les observations de hauteurs d'eau sont enregistrées deux fois par jour depuis 1979 et sont toujours actives à l'heure actuelle. Elles possèdent cependant des données de complétude assez faible due à une absence d'enregistrement pendant la période de 1995 à 2008.

Les deux variantes ont fait l'objet d'une analyse multicritères lors de la phase diagnostic. Celle-ci a abouti aux conclusions suivantes :

- Les superficies dominées par les infrastructures de la variante 2 sont inférieures à celles dominées par les infrastructures de la variante 1 ;
- Les infrastructures à réaliser dans la variante 2 sont plus importantes (nombre et largeur des prises, longueur des canaux tête morte...) que dans la variante 1. Le coût de la variante 2 sera plus important que celui de la variante 1 ;
- La variante 2 impacte négativement une population non bénéficiaire du projet beaucoup plus importante que dans la variante 1, notamment du fait de la traversée de vastes zones de paysannat par le canal tête morte venant de la Muhira ;
- La vulnérabilité des infrastructures de la variante 2 est beaucoup plus importante que celle de la variante 1 : sites de prise et canaux tête mortes dans des zones d'orpillage, piratage potentiel du canal tête morte par des exploitations agricoles et des activités économiques dans les centres urbains, pollution du canal tête morte dans les centres urbains traversés...
- L'organisation des opérations d'entretien et de maintenance des infrastructures sera plus complexe à organiser dans le cadre de la variante 2 : infrastructures plus nombreuses pour des bénéficiaires moins nombreux, disparité géographique des infrastructures, distances entre infrastructures et bénéficiaires.

La variante 2 est donc plus coûteuse, plus vulnérable, occasionne des impacts négatifs plus importants, et peut être une source de tension et de conflit dans la zone, pour des bénéfices moins importants que la variante 1.

Pour toutes ces raisons, la variante 2 apparaît comme non viable. Le présent APS se focalise donc sur la variante 1.

### **3 Etude agro-socio-économique**

L'étude agro-socio-économique détaillée a été présentée dans le rapport de diagnostic réalisée à l'étape précédente. Le lecteur s'y réfèrera pour bien appréhender les contextes socio-économiques, agronomiques et agroéconomiques de la zone d'étude.

L'étude agro-socio-économique conclu en formulant les conditions de faisabilité du projet et les mesures d'accompagnement qui permettront d'en assurer la durabilité et la rentabilité et maximiser les retombées économiques et sociales des investissements consentis.

Dans ce cadre il est à noter que, dans le souci de pérenniser les acquis des projets d'aménagements hydro-agricoles, le programme PRDAIGL a commandité une « Etude Juridique et Institutionnelle de Création, Structuration et Fonctionnement des Associations d'Usagers d'Eau (AUE) pour la gestion durable des périmètres aménagés et irrigués au Burundi ».

Cette étude a pour objectif global de contribuer à améliorer, sur des bases durables la gestion des périmètres aménagés et irrigués au Burundi, à travers la création, la structuration et le bon fonctionnement des Associations d'Usagers de l'AUE, ainsi que l'implication d'autres acteurs publics et privés du secteur.

La finalité de cette étude est la production d'un dossier assorti de textes de création officielle des AUE et du plan de renforcement des capacités validé lors d'un atelier national.

Les résultats de l'étude épingle les différentes problématiques qui minent la mise en œuvre et la pérennisation des acquis des projets d'aménagements hydro-agricoles. L'étude formule également des recommandations pertinentes par rapport aux problématiques identifiées.

Les recommandations formulées dans le cadre du diagnostic ont tenu compte du travail en cours.

Les problématiques identifiées sont multiples et l'étude de diagnostic recommande l'intégration de l'ingénierie sociale dans la mise en œuvre du projet. C'est un prérequis nécessaire avant le démarrage des travaux afin d'assurer une parfaite appropriation des futurs aménagements par les exploitants.

## 4 Etude foncière

### 4.1 Objectif de l'étude

La réalisation d'un inventaire physique des parcelles couplé au levé topographique du parcellaire existant est d'une importance capitale car cela permet une lecture du paysage (description quantitative, qualitative et cartographique) de la zone concernée par l'aménagement en général et des exploitations en particulier. Cette photographie doit tenir compte des objectifs du volet foncier concerné par l'étude et qui consiste à produire :

- Un plan parcellaire de la situation actuelle ;
- Un inventaire avec caractérisation des parcelles et de leurs exploitants ;
- Une unité parcellaire justifiée et décidée de commun accord avec les différentes parties prenantes au stade de la faisabilité et qui sera formellement approuvée par les futurs exploitants (procès-verbal)

Les études visées concernent les différentes parties du périmètre qui sont reproduites dans le tableau suivant en province de Cibitoke.

**Tableau 2 - Répartition des sites à aménager au niveau de la commune Buganda**

N°	COMMUNE	COLLINE	SOUS COLLINES	LOCALITES	ID	Superficies en ha
1	BUGANDA	GASENYI	MATABA	Amont Tr3-Tr4	B001	28.97
2	BUGANDA	GASENYI	MATA-RUHEMBE I, II & III	Amont Tr4-Tr5	B002	247.65
3	BUGANDA	GASENYI	MUSAGA-CANGUNGU-MUGORORE	Aval Tr3-Tr4	B003	181.64
4	BUGANDA	GASENYI	CANGUNGU-MUTUMBA	Aval Tr4-Tr5	B004	201.56
5	BUGANDA	GASENYI	RUHUGWE-MUSAGA	Aval/Rszi Tr3-Tr4	B005	120.19
6	BUGANDA	GASENYI	MUTUMBA-RUHUGWE	Aval/Rszi Tr4-Tr5	B006	158.01
7	BUGANDA	GASENYI	RUHOGWE-MUTUMBA-CUMWAMI-NTANGANWA	Aval/Rszi Tr5-Tr6	B16	187.61
8	BUGANDA	GASENYI-KABURANTWA	RUHEMBE I, II & III	Amont Tr5-Tr6	A08	240.82
9	BUGANDA	GASENYI-KABURANTWA	CANGUNGU-NTANGANWA	Aval Tr5-Tr6	B15	180.44
10	BUGANDA	GASENYI-KABURANTWA	MUKINGIRO-CUMWAMI	Aval Tr6-Tr7	B18	87.95
11	BUGANDA	KABURANTWA	NYANKUNGU-RUHEMBE I & II	Amont Tr6-RivKABU	A07	79.32
12	BUGANDA	KABURANTWA	MUKINGIRO-NTANGANWA	Aval/Rszi Tr6-Tr7	B17	165.60
13	BUGANDA	KABURANTWA	RUNYIKA-MUKINGIRO-MWANIKE	Aval/Rszi Tr7-Tr8	B20	134.06
14	BUGANDA	KANSEGA	RUKE-RUHOGOTI	Amont Tr4-Tr5	A04	92.94
15	BUGANDA	KANSEGA	RUHOGOTI-RWARAMA	Amont Tr3-Tr4	A05	178.64
16	BUGANDA	KANSEGA	BUMBURU	Amont Tr3-Tr4	A06	138.13
17	BUGANDA	KANSEGA	BUMBURU	Aval Tr3-Tr4	B19	29.25
18	BUGANDA	KANSEGA	GIHOMBA-RWARAMA	Aval Tr3-Tr4	B21	144.57
19	BUGANDA	KANSEGA	GIHOMBA	Aval Tr4	B22	8.41
20	BUGANDA	KANSEGA	GIHOMBA	Aval Tr4	B23	6.43
21	BUGANDA	KANSEGA	GIHOMBA-RUKE	Aval Tr4	B24	47.03
22	BUGANDA	NDAVA	KAYANGE-NDATWA	Amont Tr4	A01	3.68

N°	COMMUNE	COLLINE	SOUS COLLINES	LOCALITES	ID	Superficies en ha
23	BUGANDA	NDAVA	RUKE-NDATWA-KAYANGE	Amont Tr3-Tr4	A02	101.87
24	BUGANDA	NDAVA	RUKE	Amont Tr3	A03	14.59
25	BUGANDA	NDAVA	RUKE	Aval Tr3	B25	2.49
26	BUGANDA	NDAVA	RUKE-MBIZI-MUSEREGE-TABARIRA-MBONEZA-NDATWA	Aval Tr3, Tr4, &Village	B26	83.92
27	BUGANDA	NDAVA	RUKE	Aval Tr3	B27	22.71
28	BUGANDA	NDAVA	RUKE-MBIZI-MUSEREGE-TABARIRA-MBONEZA-NDATWA	Aval Tr3, Tr4, &Village	B28	1.75
29	BUGANDA	NDAVA	RUKE	Aval/Rszi Tr3	C025	6.65
30	BUGANDA	NDAVA	MUSEREGE	Aval/Rszi Tr3, Tr4, &Village	C027	16.90
<b>Total*</b>						<b>2 913.78</b>

*\*Au stade de l'APS l'inventaire réalisé a dépassé les superficies nettes irrigables qui sont de 2312 ha afin de parer à toute éventualité pour les études détaillées.*

Le volet foncier décrit avec précision de façon qualitative et surtout quantitative :

- Le levé topographique au GPS du parcellaire existant ;
- L'inventaire et caractérisation des parcelles :
  - Nom de l'exploitant ;
  - Nom du propriétaire ;
  - Identification du statut des parcelles (propriétaire privé, bail...) ;
  - Conflits fonciers quant à la propriété de la parcelle ;
  - La situation de l'exploitant vis-à-vis de la parcelle {Propriétaire, locataire d'une parcelle privée, sous-locataire d'une parcelle privée, parcelle cultivée appartenant au domaine public} ;
  - Le schéma cultural de la parcelle, rotations annuelles pratiquées par l'exploitant (maraichage, maïs et sorgho, riz, haricot et patate douce et autres culture(s) vivrière(s), fourrage, jachère, autre).

Les livrables sont :

- Production d'une base de données sous Excel avec inventaire des parcelles et données enquêtées des exploitants et caractérisation des parcelles et exploitants;
- Production d'une carte du parcellaire au 1 :2000 de chacun des marais, au format DWG (phase APD);
- Validation du plan parcellaire par tous les exploitants, l'administration communale et les services du BPEAE.

## 4.2 Méthodologie

La méthodologie adoptée pour mener à bien l'inventaire des exploitants et établir les plans parcellaires est découpée en plusieurs étapes présentées ci-après.

### 4.2.1 Collecte des informations déjà disponibles

Pour assurer la fiabilité des résultats et diminuer les biais, différentes sources d'informations ont été consultées. Ces sources sont :

- La documentation existante (études thématiques du diagnostic et de l'APS);
- Des entretiens réalisés avec :

- Les Responsables de l'Administration locale et des services techniques (BPE AE) ;
- Les exploitants concernés par l'étude.

## **4.2.2 Méthodologie de collecte de données**

### **4.2.2.1 *Elaboration du questionnaire d'enquête***

L'élaboration du questionnaire d'enquête se base sur les informations listées dans les TDRs. Le questionnaire constitué par un tableau à plusieurs entrées (un exemple est présenté ci-après).

L'inventaire physique comprend : (i) l'évaluation au GPS des superficies de toutes les parcelles individuelles de la zone d'étude ; (ii) la caractérisation des propriétaires et exploitants et leurs parcelles respectives (iii) l'identification du statut des parcelles (propriétaire, locataire d'une parcelle privée, sous-locataire d'une parcelle privée, parcelle cultivée appartenant au domaine public) ; (iv) situation matrimoniale du propriétaire (Mariée, Veuf.ve. Célibataire, Divorcée) ; (iv) indiquer la culture de chacune des rotations (maraîchage, maïs et sorgho, riz, haricot et patate douce et autre culture(s), fourrage, jachère.

Tableau 3 - Exemple de résultat du questionnaire d'enquête

N°	Nom de l'exploitant	Nom du propriétaire	Sexe	Chef de ménage oui ou non	Situation matrimoniale	Statut de la parcelle	Superficie [ares]	Conflit	Culture de rotation par saison			Coordonnées géographiques WGS84 - UTM 35S	
									Saison A	Saison B	Saison C	X	Y
1	MANIRAKIZA J. Barchmans	MANIRAKIZA J. Barchmans	M	Oui	Marié	Propriétaire	11.82	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746653	9672948
2	BIKORIMANA Siméon	BIKORIMANA Siméon	M	Oui	Marié	Propriétaire	85.64	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746613	9672833
3	BIGIRIMANA Sammuel	BIGIRIMANA Sammuel	M	Oui	Marié	Propriétaire	41.89	Non	Maïs	Manioc, Palmier	Jachère	746590	9672821
4	BANYUZURIYEKO Emmanuel	BANYUZURIYEKO Emmanuel	M	Oui	Marié	Propriétaire	47.07	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746581	9672793
5	MANIBONA Josoué	MANIBONA Josoué	M	Non	Marié	Propriétaire	54.58	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746541	9672818
6	NZOKIRA M. Rose	NZOKIRA M. Rose	F	Oui	Veuve	Propriétaire	93.13	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746552	9672780
7	NSEKAMBABAYE Thérèse	NSEKAMBABAYE Thérèse	F	Oui	Veuve	Propriétaire	121.10	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746419	9672863
8	NYAWUHORAHIRIWE Jean	NYAWUHORAHIRIWE Jean	M	Oui	Marié	Propriétaire	116.43	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746368	9672870
9	DODORO Sammuel	DODORO Sammuel	M	Oui	Marié	Propriétaire	30.81	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746580	9672821
10	NICIMPAYE Claudette	NICIMPAYE Claudette	F	Oui	Veuve	Propriétaire	11.76	Non	Maïs	Haricot, Tomate	Jachère	746697	9672672
11	MPAWENIMANA Jeanne	MPAWENIMANA Jeanne	F	Non	Marié	Propriétaire	9.87	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746789	9672567
12	NZEYIMANA Claudine	NZEYIMANA Claudine	F	Non	Marié	Propriétaire	8.69	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746833	9672523
13	NICIMPAYE Claudette	NICIMPAYE Claudette	F	Oui	Veuve	Propriétaire	10.14	Non	Maïs	Manioc	Jachère	743888	9672467
14	Inconnu	Inconnu	M	Oui	Marié	Propriétaire	8.85	Non	Maïs	Manioc	Jachère	746926	9672426

#### **4.2.2.2 Formation des enquêteurs**

Après le partage du questionnaire avec le projet et l'intégration des observations émises, le superviseur de l'enquête a procédé à la formation des enquêteurs et des agents de saisie.

#### **4.2.2.3 Réunion de sensibilisation des exploitants**

Des réunions d'information et de sensibilisation ont été organisées dans la zone visée par l'aménagement. L'objectif était d'amener les exploitants à s'imprégner du but de l'enquête et s'assurer de certaines conditions comme l'adhésion et la participation effective des bénéficiaires. Les exploitants se sont réunis sur les collines Gasenyi Rural, Kaburantwa pour les blocs en rive droite de la rivière Kaburantwa et sur les collines de Kansega et Ndava Village pour les blocs en rive gauche de la rivière Kaburantwa.

En collaboration avec l'administration locale, les services techniques du BPEAE Cibitoke et le responsable de l'équipe d'enquêteurs, plusieurs questions émises par les exploitants ont été débattues pour une bonne préparation du travail d'inventaire.

#### **4.2.2.4 Enquête sur terrain et levé topographique du parcellaire existant**

L'inventaire et le levé des parcelles ont été réalisés par sept équipes de quatorze enquêteurs sous la supervision d'un chef d'équipe appuyé par certains représentants des populations bénéficiaires et des représentants de l'administration locale du ressort de la Commune de Buganda.

Dans le souci d'une meilleure organisation, l'identification des propriétaires et exploitants couplée au mesurage des superficies respectives ont été organisés selon un ordre chronologique déterminé. Pour faciliter le travail d'inventaire des parcelles et des exploitants, nous nous sommes constitués en sept équipes pour balayer les différents blocs constituant la zone d'étude. Chaque équipe devrait évoluer en suivant les différentes parcelles localisées sur les transversales constitutives des ex-paysannats de la Commune Buganda plus précisément sur les collines de Gasenyi Rural, Kaburantwa, Kansega et Ndava Village.

La durée de l'inventaire a été de 32 jours pour tous les blocs de la zone d'étude. Le levé topographique a été réalisé par matérialisation au GPS des sommets des parcelles individuelles des exploitants. Le plan topographique réalisé est une carte parcellaire qui montre la position actuelle des parcelles des exploitants. Il est dessiné à l'échelle de 1/2000 sous format numérique DWG au logiciel de dessin AutoCad-Covadis comme indiqué dans les termes de références.

### **4.3 Etat d'avancement**

La collecte et l'encodage des données est terminée au niveau de tous les blocs faisant objet de l'étude. L'apurement des données et la mise en forme des plans parcellaires sont également à terme – ces plans seront présentés en phase APD.

### **4.4 Résultats**

- **En rive droite de la Kaburantwa**, la zone d'étude comporte 9 690 parcelles totalisant une superficie de 2196.5 ha.

La superficie moyenne des parcelles inventoriées est de 31.16 ares, la parcelle la plus grande a une superficie de 6 820 ares, la plus petite parcelle a une superficie de 0.48 ares.

Le tableau ci-dessous donne la répartition des parcelles inventoriées par classe de superficie. Il montre que plus de 50 % des parcelles ont une superficie inférieure à 20 ares.

**Tableau 4 - Répartition des parcelles inventoriées en rive droite de la Kaburantwa par classes de superficie**

Classe de superficie [are]		Nombre de parcelles	%
De	à exclu		
0	10	2 603	36.93
10	20	2 486	35.27
20	30	769	10.91
30	40	300	4.26
40	50	187	2.65
50	60	79	1.12
60	70	55	0.78
70	80	63	0.89
80	90	50	0.71
90	100	57	0.81
100	500	389	5.52
500	Et plus	11	0.16
-	Total	7 049	-

Un total de 3 442 propriétaires connus a été recensé dans la zone. La majorité des propriétaires (49.99 %) disposent d'une seule parcelle mais certains propriétaires disposent de jusqu'à 19 parcelles. Par contre, il faut noter que les propriétaires qui disposent de plus de 10 parcelles ne représentent que 3.4% de la superficie de la zone d'étude en rive droite de la Kaburantwa.

**Tableau 5 - Nombre de parcelles par propriétaire en rive droite de la Kaburantwa**

Nombre de parcelles par propriétaire	Propriétaires		Superficie (ares)	
	Nombre	%	Total	%
1	2 253	65.46	101 773.2	49.86
2	670	19.47	44 604.7	21.85
3	246	7.15	22 694.3	11.12
4	117	3.40	10 283.4	5.04
5	58	1.69	6 578.5	3.22
6	33	0.96	4 469.9	2.19
7	21	0.61	2 734.0	1.34
8	14	0.41	1 831.2	0.90
9	11	0.32	2 246.4	1.10
10	9	0.26	1 791.3	0.88
11	2	0.06	747.4	0.37
12	2	0.06	1 106.3	0.54
13	2	0.06	466.8	0.23
14	1	0.03	172.2	0.08
15	1	0.03	510.4	0.25
16	1	0.03	444.6	0.22
17	0	0.00	0.0	0.00
18	0	0.00	0.0	0.00
19	1	0.03	1 645.2	0.81
Total	3 442	-	204 099.9	-
Inconnu	657	-	15 551.2	7.08

- **En rive gauche de la Kaburantwa**, la zone d'étude comporte 2 042 parcelles totalisant une superficie de 899.68 ha.

La superficie moyenne des parcelles inventoriées est de 44.06 ares, la parcelle la plus grande a une superficie de 2 819.92 ares, la plus petite parcelle a une superficie de 0.91 ares.

Le tableau ci-dessous donne la répartition des parcelles inventoriées par classe de superficie. Il montre que plus de 50 % des parcelles ont une superficie inférieure à 20 ares.

**Tableau 6 - Répartition des parcelles inventoriées en rive gauche de la Kaburantwa par classes de superficie**

Classe de superficie [are]		Nombre de parcelles	%
De	à exclu		
0	10	478	23.41
10	20	587	28.75
20	30	294	14.40
30	40	203	9.94
40	50	117	5.73
50	60	48	2.35
60	70	37	1.81
70	80	47	2.30
80	90	27	1.32
90	100	22	1.08
100	500	175	8.57
500	Et plus	7	0.34
-	Total	2 042	-

Un total de 1167 propriétaires connus a été recensé dans la zone. La plupart des propriétaires (76.36 %) disposent d'au plus deux parcelles mais certains propriétaires disposent de jusqu'à 13 parcelles. Par contre, il faut noter que les propriétaires qui disposent de plus de 5 parcelles ne représentent que 5.4% de la superficie de la zone d'étude en rive gauche de la Kaburantwa.

**Tableau 7 - Nombre de parcelles par propriétaire en rive gauche de la Kaburantwa**

Nombre de parcelles par propriétaire	Propriétaires		Superficie (ares)	
	Nombre	%	Total	%
1	780	66.84	38 947.8	47.08
2	255	21.85	24 228.5	29.29
3	68	5.83	8 736.1	10.56
4	34	2.91	4 698.4	5.68
5	13	1.11	1 646.5	1.99
6	7	0.60	1 012.4	1.22
7	3	0.26	1 135.6	1.37
8	2	0.17	679.8	0.82
9	1	0.09	319.9	0.39
10	1	0.09	204.8	0.25
11	1	0.09	252.2	0.30
12	1	0.09	418.9	0.51
13	1	0.09	449.7	0.54
Total	1 167	-	82 730.5	-
Inconnu	199	-	7 237.6	8.04

## 5 Contexte physique

### 5.1 Levé topographique

Les levés topographiques ont été réalisés par trois brigades topographiques équipées de stations totales LEICA (modèle TC305, TC405 et TS06), avec enregistrement interne des données et transfert automatique vers l'ordinateur. L'ensemble de la chaîne de traitement jusqu'à la production des fonds de plans topographiques a été réalisé sur ordinateur.

Les levés ont été effectués par la technique des stations enchaînées. Le cheminement polygonal de base a été encadré et orienté à l'aide de points « GPS différentiel ». Les coordonnées fournies sont donc compatibles avec le système du Burundi, pour une utilisation cartographique.

Les levés topographiques ont porté sur :

- L'ensemble des limites aménageables telles que redéfinies suite aux premières visites de terrain ;
- Le tracé des canaux tête morte et le site de l'ouvrage de prise, dessableur, aqueduc et siphons ont également été levés.

Les produits « bruts » des études topographiques sont :

- Un fond de plan topographique avec les courbes de niveau principales espacées de 1 m et les courbes secondaires espacées de 0.25 m en arrière-plan des vues d'ensemble à l'échelle 1/2000;
- Un fichier de l'ensemble des points levés;
- Un fichier des bornes d'appui du levé.

Les courbes de niveau sont présentées sur les vues en plan.

Des bornes d'appui ont été placées systématiquement. Ces points sont matérialisés soit par des bornes en béton, soit par des points marqués à la peinture sur des ouvrages existants.

Les tableaux ci-dessous présentent les références géographiques et altimétriques de ces bornes. Elles apparaissent également sur les différentes vues en plan de l'aménagement, disponibles au cahier des plans.

Ces dernières peuvent être facilement retrouvées au GPS dont le paramétrage doit être conforme au système burundais :

*Projection : Universal Transverse Mercator zone 35S*

*Origine des coordonnées : méridien central 27°E X= 500.000 / Y= 10.000.000*

*Ellipsoïde WGS84 - Facteur d'échelle  $k_0 = 0.9996$*

**Tableau 8 – Coordonnées des bornes du levé topographique**

id	x	y	z	id	x	y	z
B00	743930.74	9671774.69	876.28	BS19	746729.57	9668815.22	825.81
B02	746588.86	9668943.78	829.24	BS20	746821.12	9668719.37	821.67
B03	750473.20	9668910.88	902.84	BS21	746639.23	9668617.29	828.72
B04	751860.63	9666620.01	877.56	BS22	746451.27	9666997.19	803.77
B05	751021.05	9663587.10	824.79	BS23	746578.91	9666882.65	804.76
B06	751388.15	9661001.95	800.33	BS24	747654.26	9667642.89	836.17
B07	751823.94	9657573.45	827.58	BS25	747784.92	9667615.30	835.11
BS03	744655.37	9669084.33	841.63	BS26	748069.63	9667565.52	831.52
BS04	744841.08	9668893.36	842.58	BS27	748137.00	9667551.43	831.81
BS05	745180.76	9669628.46	848.23	BS28	749307.27	9668837.28	863.03
BS06	744933.83	9669688.35	849.84	BS29	749396.13	9668843.77	864.52

id	x	y	z
BS07	744086.67	9671213.83	862.56
BS08	744048.43	9671165.26	861.14
BS09	742918.35	9671537.49	874.88
BS10	742476.37	9671423.03	882.94
BS11	746207.77	9672337.60	853.98
BS12	746395.39	9672035.70	873.67
BS12	746020.08	9672639.53	873.64
BS13	747034.30	9671049.44	834.97
BS14	746911.66	9671184.55	836.11
BS15	746872.60	9668996.31	826.81
BS16	747072.66	9669266.22	826.09
BS17	744823.36	9668300.80	819.17
BS18	744960.87	9668099.19	818.35

id	x	y	z
BS30	749405.63	9667115.18	838.15
BS31	749512.29	9667009.24	837.26
BS32	749591.24	9666887.99	836.31
BS33	749982.97	9665932.19	832.93
BS34	750070.19	9665831.11	838.09
BS35	750113.45	9667892.26	865.00
BS36	750061.49	9667850.33	862.43
BS37	748451.41	9666446.93	833.80
BS38	748337.34	9666709.23	834.45
BS43	749229.78	9669432.18	859.06
BS44	749124.69	9669636.35	857.91
BS45	748031.81	9672050.53	843.84
BS46	748099.09	9672077.58	853.98

## **5.2 Etude pédologique**

### **5.2.1 Méthodologie mise en œuvre**

Les études pédologiques ont été menées en phase diagnostic. Le rapport diagnostic présente de façon détaillée l'approche mise en œuvre.

Les paragraphes suivants présentent les enseignements tirés de ces investigations

### **5.2.2 Enseignements tirés des investigations**

#### **5.2.2.1 Contexte général**

La figure ci-dessous présente un extrait de la carte pédologique du Burundi à l'échelle 1/50.000 pour la zone d'étude (Planches 8/Cibitoke, 9/Ndora et 15/Bubanza) et le tableau qui suit reprend la légende des unités pédologiques identifiées dans la zone d'étude.

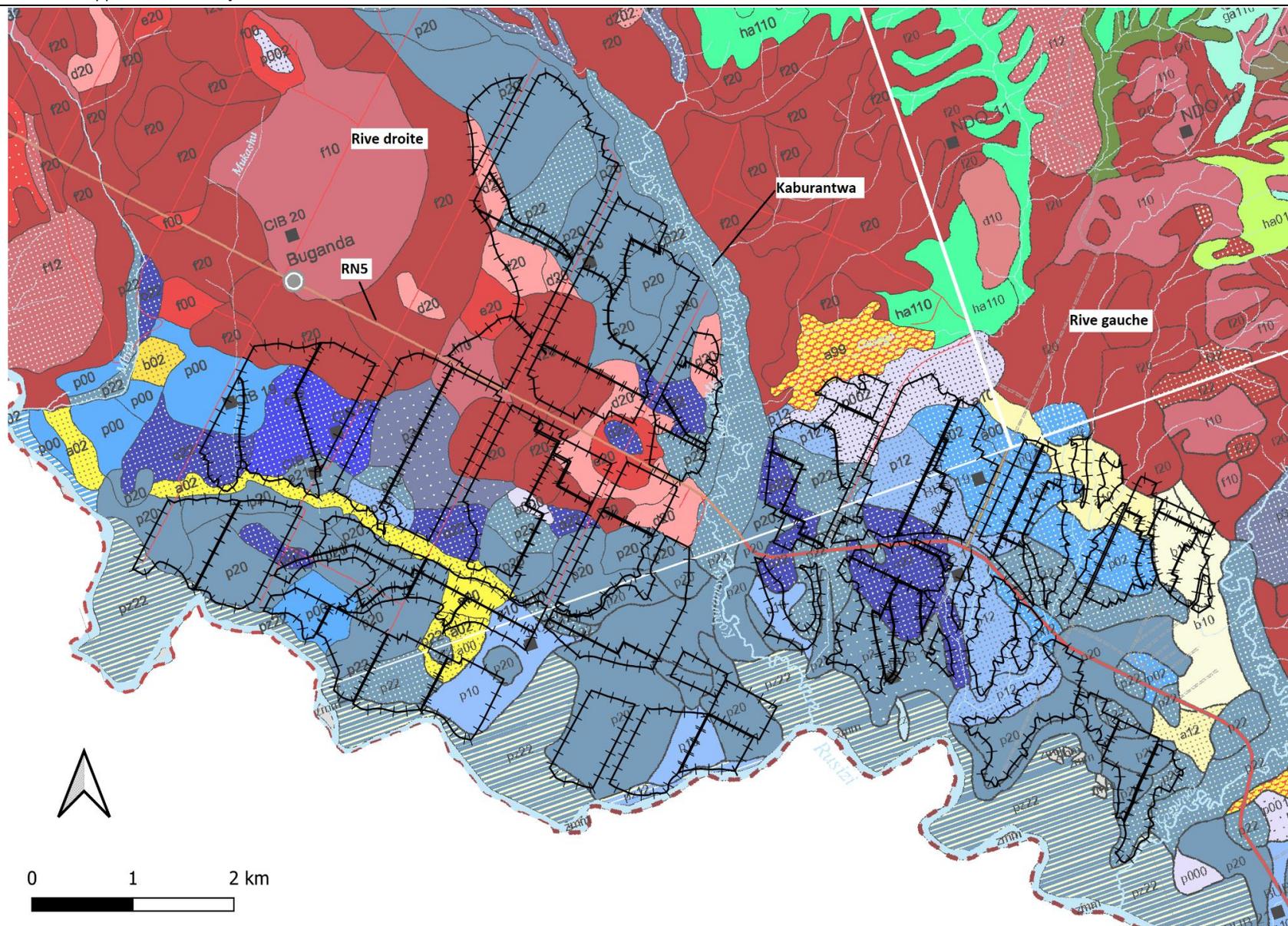


Figure 3 – Extrait de la carte pédologique au 1/50.000 pour la zone d'étude (ISABU, 2014)

**Tableau 9 – Extrait de la légende de la carte pédologique au 1/50.000 (ISABU, 2014)**

**Sols dérivés de matériaux sédimentaires ou faiblement métamorphiques (schiste, micaschiste, quartzite)**



a99

Prédominance d'affleurements des formations quartzitiques

**Roche ou saprolithe avant 50 cm**

**Développement Entique (E)**



a00

Sols jaunes, bien drainés, limono-argilo-sableux ou limono-sableux, présentant une altération minimale et peu profonde, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse ou la roche-mère



a02

Sols jaunes, bien drainés, limono-argilo-sableux ou limono-sableux, présentant une altération minimale et peu profonde, limités avant 50 cm par le saprolithe ou la roche-mère



a10

Sols jaunes, bien drainés, argileux, argilo-sableux ou limono-argileux, présentant une altération minimale et peu profonde, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse ou la roche-mère



a12

Sols jaunes, bien drainés, argileux, argilo-sableux ou limono-argileux, présentant une altération minimale et peu profonde, limités avant 50 cm par une charge graveleuse ou la roche-mère

**Roche ou saprolithe avant 50 et 100 cm**

**Développement Cambique (C)**



b02

Sols jaunes ou rouges, bien drainés, limono-argilo-sableux, présentant une altération modérée et moyennement profonde, limités avant 50 cm par une charge graveleuse (quartz) et par la roche-mère entre 50 et 100 cm



b10

Sols jaunes ou rouges, bien drainés, limono-argilo-sableux, présentant une altération modérée et moyennement profonde, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse

**Roche ou saprolithe à plus de 100 cm**

**Développement Argilique Avancé (A+Ap) et Spodique (S)**



d20

Sols jaunes ou rouges, bien drainés, argileux ou argilo-sableux, présentant une altération avancée (A+Ap) et profonde, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse

**Développement Argilique-Intergrade-Oxique (K)**



e20

Sols jaunes ou rouges, bien drainés, argileux ou argilo-sableux, présentant une altération avancée à ultime et profonde, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse

**Développement Oxique (O)**



f10

Sols jaunes ou rouges, bien drainés, limono-argilo-sableux, présentant une altération ultime et profonde, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse



f20

Sols jaunes ou rouges, bien drainés, argileux ou argilo-sableux, présentant une altération ultime et profonde, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse

**Sols dérivés de matériaux alluvionnaires**

**Sols minéraux**

**Développement Vertique(V)**



o22

Sols très pauvrement à pauvrement drainés, argileux-lourds, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse

**Développement Entique et Cambique (E+C)**



p20

Sols bien drainés, argilo-limoneux, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse



p21

Sols imparfaitement à modérément drainés, argileux à limono-argileux, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse



p22

Sols très pauvrement à pauvrement drainés, argileux à argileux-lourds, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse

	Sols bien drainés, limono-argilo-sableux ou limono-sableux, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse
	Sols salins, très pauvrement à pauvrement drainés, argileux à argilo-limoneux, parfois couverts par une épaisse couche organique, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse
	Sols bien drainés, argileux à limoneux, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse
	Sols très pauvrement à pauvrement drainés, argileux ou limono-argileux, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse
	Sols salins, très pauvrement à pauvrement drainés, limono-argilo-sableux à argilo-sableux, parfois couverts par une épaisse couche organique, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse
	Sols bien drainés, sableux à sablo-limoneux, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse
	Sols très pauvrement à pauvrement drainés, sableux à sablo-limoneux, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse
	Sols bien drainés, limono-argilo-sableux ou limono-sableux, non limités avant 100 cm par une charge graveleuse

Cet extrait de carte montre que les zones basses, fréquemment inondées, sont caractérisées par des sols salins (pz12 et pz22).

Le lit majeur des principales vallées - Kaburantwa et Kagunuzi notamment - sont occupées par des sols argileux à argileux lourds et profonds.

Les sols des terrasses qui dominent ces vallées sont d'origine alluvionnaire et principalement constitués de sols argilo-limoneux assez profonds. En rive gauche de la Kaburantwa, le contexte pédologique est plus hétérogène, avec des sols argileux à argilo-limoneux mais imparfaitement drainés et caractérisés par la présence d'une charge graveleuse à faible profondeur (< 100 cm).

Enfin, en quittant ces terrasses et en remontant sur les collines, les sols présents sont dérivés de la roche-mère sous-jacente (à plus de 100 cm de profondeur). Il s'agit pour l'essentiel de sols jaunes ou rouges, argileux ou argilo-sableux, limités entre 50 et 100 cm par une charge graveleuse.

Dans ce contexte, la zone à aménager peut-être découpée en deux domaines :

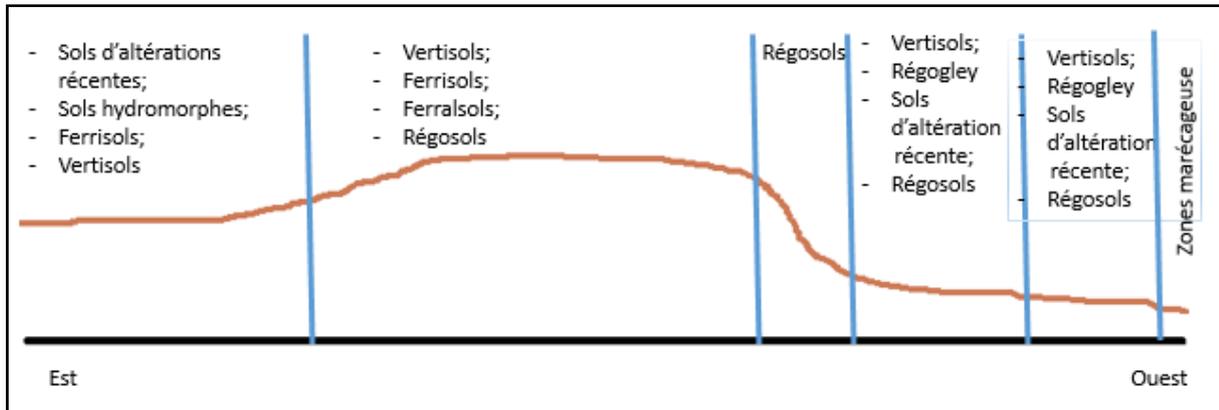
- Domaine 1 – Rive gauche de la Kaburantwa et Rive droite Kaburantwa / Sud RN05 : sols essentiellement d'origine alluvionnaire. A l'extrémité de la zone à aménager en rive gauche, au nord de Ndava, on note la présence d'une zone de sols d'origine sédimentaire (a10, b10) tout le long de la vallée de la Kaburantwa de couleur jaune ou rouge et de type argileux, argilo-sableux à limoneux.
- Domaine 2 – Rive droite de la Kaburantwa / Nord RN05 : sols jaunes ou rouges dérivés de la roche mère sous-jacente, argileux ou argilo-sableux.

Les observations de terrain ont permis d'affiner cette connaissance.

### 5.2.2.2 Contexte pédologique en rive droite de la Kaburantwa

#### a. Principaux types de sols

La coupe transversale de la rive droite montre les sols dominants de l'Est à l'Ouest (figure ci-dessous).



**Figure 4 – Sols dominants le long de la coupe transversale de la rive droite de l'Est à l'Ouest**

Dans la dépression l'Est on trouve des sols d'altération récente, des sols hydromorphes, des ferrisols et des vertisols. Dans la zone de transition et le plateau se trouvent des vertisols, des ferrisols, des ferralsols et des régosols. Dans la zone de pente, transition vers la dépression de l'Ouest, se trouvent les régosols avec dominance de graviers (arrondis) affleurant à la surface.



**Prise de vue 1 – Particularité de la zone de pente à gauche vue de la surface du sol et à droite vue de loin de la zone de pente**

Cette zone de pente est très sensible à l'érosion et des ravins ont été observés surtout le long des pistes transversales. La pente et la nature des sols y jouent un rôle très important. La pente et la sensibilité à l'érosion augmente du sud vers le nord.



**Prise de vue 2 - Ravin formé à la transversale 4B sur la zone de pente**

Dans la zone de dépression de l'Ouest existent des sols d'altération récente, des régosols, des régosols et des vertisols.

L'extrémité de la zone de dépression, à l'Ouest, au contact avec la Rusizi, se trouve une zone marécageuse.



**Prise de vue 3 - Zone marécageuse entre la transversale 6B et 7B de la rive droite**

### ***b. Caractérisation physique***

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des principales caractéristiques physiques des sols rencontrés en rive droite de la Kaburantwa.

**Tableau 10 – Principales caractéristiques physiques des sols rencontrés en rive droite de la Kaburantwa**

<b>Caractéristique (Echantillons = 8)</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>
Ks (cm/mn)	0.40	1.00	0.20
Porosité (%)	0.32	0.46	0.24
Densité apparente	1.50	1.60	1.30

Ces valeurs montrent que les sols ont une bonne aération et une bonne perméabilité. La densité apparente proche de 1.5 confirme la prédominance de sols plus perméables.

La figure suivante présente le détail des essais d'infiltration réalisés en rive droite sur les deux principaux types de sols rencontrés (ferralsol et vertisol).

Cette figure montre que les vertisols sont caractérisés par une vitesse d'infiltration qui décroît très rapidement et se stabilise à une valeur de 0.1 cm/minute. Les ferralsols sont par contre caractérisés par une vitesse d'infiltration très élevée au début et qui met très longtemps (environ 40 minutes) à se stabiliser en cours d'essai. Les ferralsols sont caractérisés par une vitesse d'infiltration de 0.5 cm/min. Ce sont des sols beaucoup plus filtrants que les vertisols.

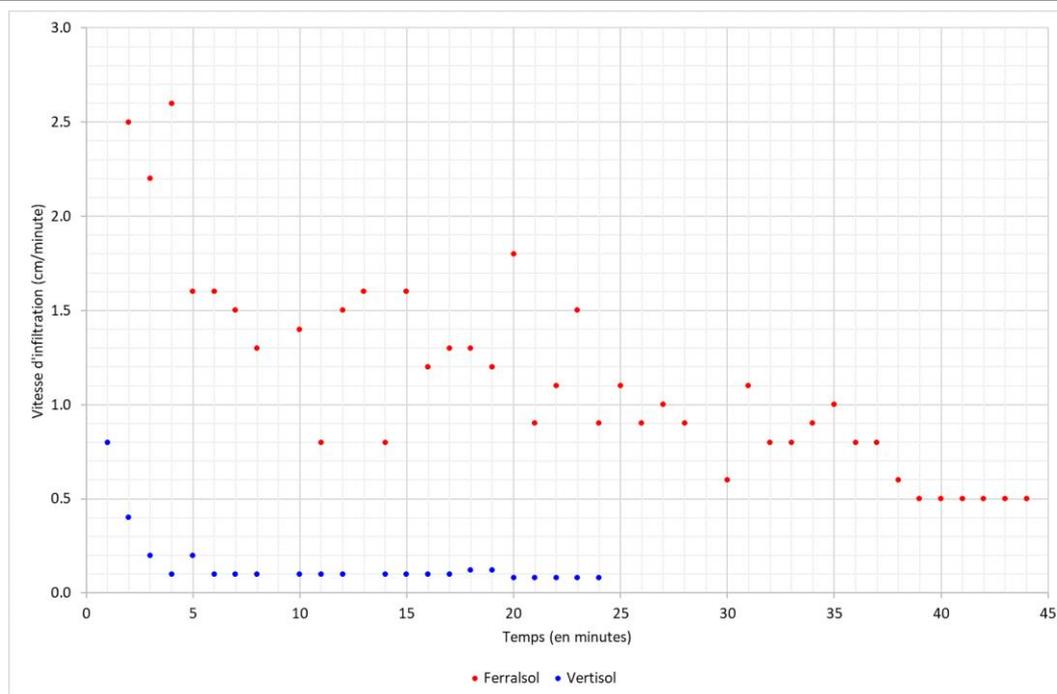


Figure 5 – Courbes d’infiltration des deux principaux types de sols rencontrés en rive droite de la Kaburantwa

**c. Caractérisation physico-chimique**

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques physico-chimiques des sols de la rive droite.

Les conclusions suivantes peuvent être tirées de ces données:

- (i) Les pHs sont en général dans la gamme de valeurs adéquates (A) sauf pour les ferralsols (P13) ou la valeur de pH était faible. Des valeurs élevées de pH ont été observées surtout dans les horizons de profondeur (B3, G1) pour les sols avec développement vertique ou avec du gley. D’une façon générale, les pHs augmentent avec la profondeur des horizons pour un même profil ;
- (ii) Le carbone organique (Corg) est généralement faible pour tous les sols sauf pour les sols d’altération récente (P2) ;
- (iii) L’azote total est faible pour certaines catégories de sol (ferralsols, régosols, ferrisols) mais élevé pour les autres (sols à développement vertique, les sols d’altération récente et les régogleys) ;
- (iv) Les valeurs de K échangeables sont élevées dans presque la totalité des sols ;
- (v) Les valeurs de la CEC sont en général dans la gamme des valeurs adéquates.

Pour chaque unité cartographique, les valeurs de caractéristiques physico-chimiques du sol seront intégrées dans la détermination de l’aptitude à la culture du riz et du maïs.

**Tableau 11 – Caractéristiques physico-chimique des sols de la rive droite**

Profil	Horizon	pH (eau)	Corg	Ntotal	P-M3	K éch	CEC	Niveau de fertilité					
								pH (eau)	Corg	Ntotal	P-M3	K éch	CEC
P6	P6 -Ao	7.01	11.2	1.2	5.4	5.7	105.9	A	F	A	F	A	A
	P6 -Ap	6.85	19.0	1.7	18.3	10.8	182.4	A	F	A	F	E	A
	P6 -B2	7.13	10.7	1.3	6.8	8.3	171.4	A	F	A	F	E	A
	P6 -C1	7.04	9.7	1.0	5.1	7.1	164.6	A	F	A	F	E	A
P45	P45 -Ap	6.68	9.7	0.8	5.7	5.5	77.0	A	F	F	F	E	A
	P45 -G1	7.23	2.9	0.4	2.9	5.2	194.4	E	F	F	F	E	A
P23	P23 -Ap	6.56	5.3	0.5	4.7	2.6	42.1	A	F	F	F	E	A
	P23 -B2	6.32	7.0	0.9	3.3	3.7	87.7	A	F	F	F	E	A

Profil	Horizon	pH (eau)	Corg	Ntotal	P-M3	K éch	CEC	Niveau de fertilité					
								pH (eau)	Corg	Ntotal	P-M3	K éch	CEC
P2	P2-Ap	6.43	18.9	1.9	15.0	11.0	131.5	A	A	A	F	E	A
	P2-B2	6.63	6.2	0.8	5.5	4.6	68.5	A	F	F	F	E	A
	P2-C1	6.53	5.2	0.7	5.5	4.6	68.5	A	F	F	F	E	A
P39	P39-Ap	6.65	7.1	0.8	5.2	3.5	48.3	A	F	F	F	E	A
	P39-B3	6.25	4.4	0.5	4.0	2.4	49.5	A	F	F	F	E	A
P25	P25-Ap	7.36	8.2	1.0	4.0	7.1	202.4	E	F	A	F	E	E
P34	P34-Ap	6.96	5.5	0.6	3.5	4.4	85.2	A	F	F	F	E	A
	P34-B3	7.37	4.7	0.6	2.1	4.9	147.1	E	F	F	F	E	A
P37	P37-Ap	6.52	11.9	1.7	18.8	5.7	74.4	A	F	A	F	E	A
P23	P23-Ap	6.49	14.7	1.7	6.5	9.1	172.7	A	F	A	F	E	A
	P23-B1	7.10	12.4	1.4	8.7	6.1	217.1	A	F	A	F	E	E
P13	P13-Ap	6.42	10.8	1.3	11.2	4.2	82.5	A	F	A	F	E	A
	P13-B3	5.65	6.1	0.9	7.3	2.5	55.0	F	F	F	F	A	A
P8	P8-Ap	6.25	8.8	1.1	9.2	4.2	71.9	A	F	A	F	E	A
	P8-B1	6.63	5.0	0.5	4.5	3.0	79.0	A	F	F	A	A	A
P40	P40-Ap	6.69	7.2	0.8	6.8	2.7	51.2	A	F	F	A	E	A
	P40-B3	6.20	5.4	0.5	3.4	2.6	59.5	A	F	F	A	E	A
P33	P33-Ap	6.66	18.0	1.5	13.8	10.1	175.8	A	F	A	F	E	A
	P33-C1	6.39	6.0	0.8	5.8	4.6	97.1	A	F	F	F	E	A
P14	P14-Ap	7.07	9.8	1.1	7.9	5.5	105.1	A	F	A	F	E	A
	P14-B2	6.59	5.1	0.7	3.5	4.6	121.1	A	F	F	F	E	A
P9	P9-Ap	6.90	5.8	0.7	7.6	4.0	50.3	A	F	F	F	E	A
	P9-B3	6.54	3.9	0.4	2.5	3.6	72.6	A	F	F	F	E	A
	P9-C2	6.97	9.2	1.1	5.7	7.5	141.5	A	F	A	F	E	A

\*La numérotation est faite comme suit : numéro du profil (les numéros sont ceux qui sont sur les cartes de localisation des profils) et le nom de l'horizon

Couleur verte : valeur adéquate  
 Couleur orange : valeur élevée  
 Couleur rouge : valeur faible

Les recommandations de fertilisation sur le riz et le maïs ont été formulées à partir des analyses de l'horizon de surface. Les figures ci-dessous montrent les recommandations de fertilisation maximale et minimale pour la rive droite

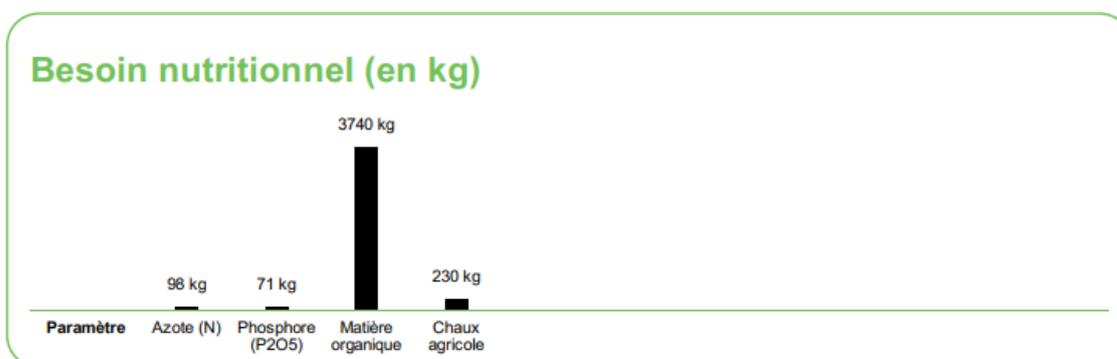
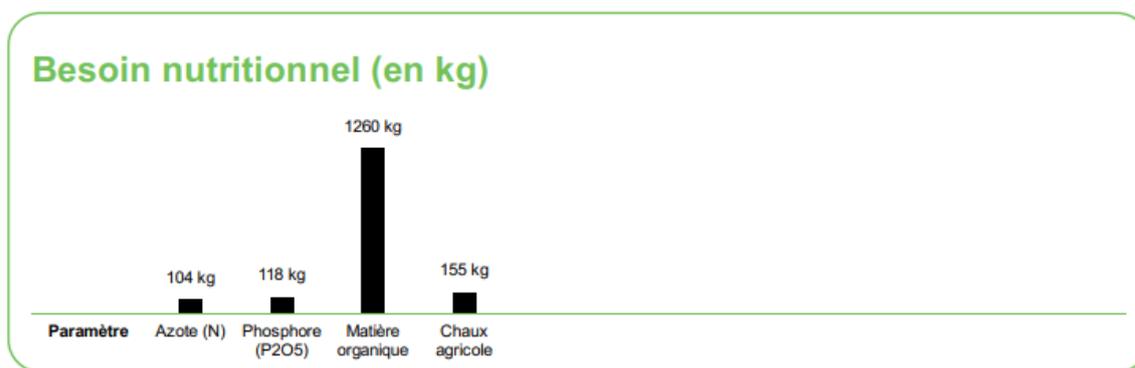


Figure 6 – Recommandations de fertilisation de la culture du riz sur ferralsols (représentés par le profil 34)



**Figure 7 – Recommandations de fertilisation de la culture du maïs sur les sols d’altération récente (représenté par le profil 02)**

Les variations des recommandations sont dans les gammes suivantes :

- Carbone organique : pour toutes les cultures, les valeurs varient de 1260 à 3740 tonnes/ha avec des valeurs plus faibles pour les sols d’altération récente, les vertisols et les régogley mélanique alors que les valeurs les plus élevées sont pour les ferralsols et les régogleys ;
- Pour l’azote totale (N) : les valeurs varient de 74 à 101kg/ha pour le riz et 104 à 128 kg/ha pour le maïs avec des valeurs plus faibles pour les sols d’altération récente, les vertisols et les régogley mélanique alors que les valeurs les plus élevées sont pour les ferralsols et les régogleys
- Phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): l’apport en phosphore n’est pas variable sauf pour les cultures où il faut 71kg/ha pour le riz et 118kg/ha pour le maïs ;
- Potassium (K<sub>2</sub>O) : cet élément est nécessaire dans certains types de sol comme les régogleys. Les valeurs varient de 0 à 85kg/ha pour le riz et 0-53 kg/ha pour le maïs ;
- La chaux : les valeurs varient de 40 à 230kg/ha pour toutes les cultures. Les valeurs les plus élevées sont pour les ferralsols et les plus faibles pour régogleys et les vertisols.

*Note : avant de changer les formules actuellement recommandées, il faut des essais de vérification car les présentes recommandations ont été réalisées uniquement sur base des analyses de sol.*

#### **d. Occupation actuelle des terres**

Les observations de l’occupation des terres ont été réalisées durant la campagne de sondages pédologiques, c’est-à-dire durant la période de transition entre saison A et saison B.

Le maïs est la culture dominante en rive droite (33% des points de sondage) suivi par la polyculture, le manioc et la patate douce. Ces 4 cultures représentent à elles seules plus de 75 % des observations faites en rive droite. Le riz n’occupe qu’une place marginale dans ces observations (4 %). Ceci s’explique par l’absence d’apports d’eau dans la zone. D’autres cultures, telles que le soja, la tomate, les haricots... sont aussi observées en rive droite.

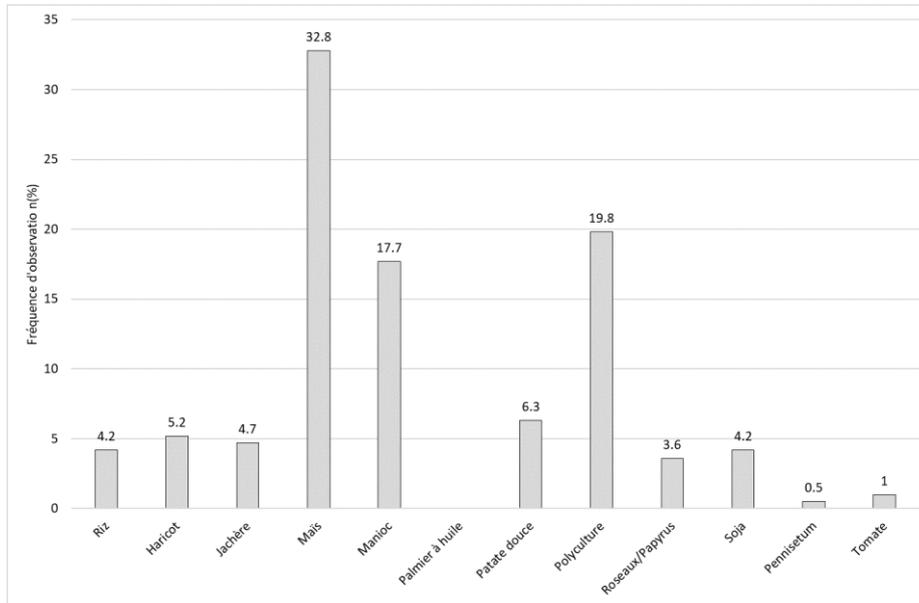


Figure 8 – Occupation des terres observée en rive droite de la Kaburantwa



Prise de vue 4 – Haricot semé dans les tiges de sorgho

### 5.2.2.3 Contexte pédologique en rive gauche de la Kaburantwa

#### a. Principaux types de sols

La figure ci-dessous présente une coupe transversale typique, réalisée en rive gauche de la Kaburantwa, d’Est en Ouest. Cette coupe montre l’apparition successive des sols suivants.

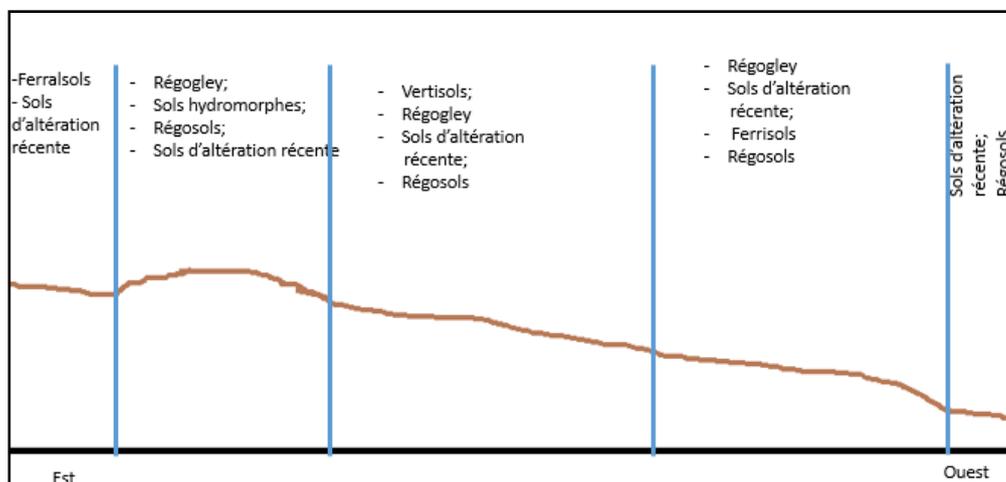


Figure 8 - Sols dominants le long de la coupe transversale de la rive gauche de l’Est à l’Ouest

Les types de sols ne sont pas très différents du contexte qui prévaut en rive droite de la Kaburantwa. Les sols d'altération récente se rencontrent sur tout le transect, les régosols sont partout présents sauf dans la petite dépression de l'est. En plus de ces sols, les régogleys et les vertisols sont les plus dominants.

### **b. Caractérisation physique**

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des principales caractéristiques physiques des sols rencontrés en rive gauche de la Kaburantwa.

**Tableau 12 – Principales caractéristiques physiques des sols rencontrés en rive gauche de la Kaburantwa**

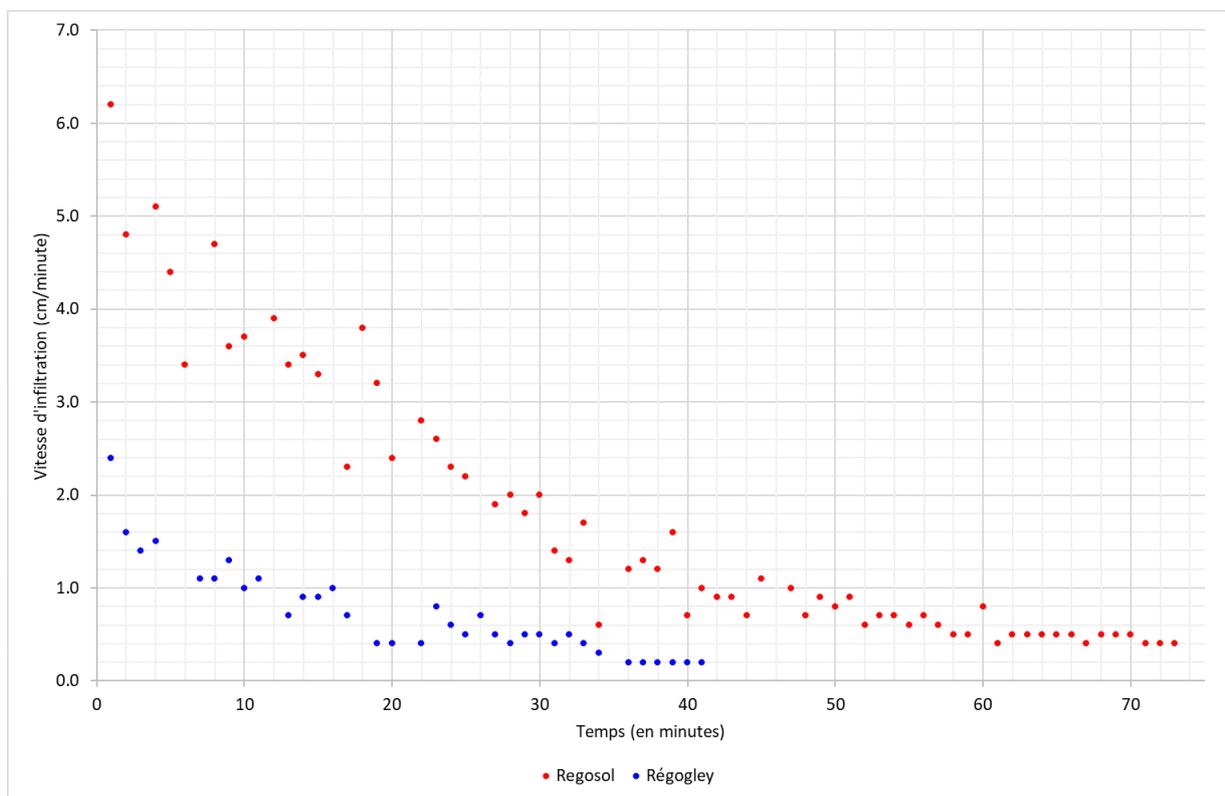
Caractéristique (Echantillons = 6)	Moyenne	Max	Min
Ks (cm/mn)	0.48	0.90	0.20
Porosité (%)	0.54	0.64	0.32
Densité apparente	1.50	1.60	1.30

Ces valeurs montrent que les sols ont une bonne aération et une bonne perméabilité. La densité apparente proche de 1.5 confirme la prédominance de sols plus perméables.

La figure suivante présente le détail des essais d'infiltration réalisés en rive gauche sur les deux principaux types de sols rencontrés (régosol et régogley).

Cette figure montre que les régogley sont caractérisés par une vitesse d'infiltration qui se stabilise à 0.2 cm/min après environ 35 minutes d'essai.

Les régosols sont quant à eux plus filtrant. En début d'essai, la vitesse d'infiltration est très importante (> 6 cm/minute). Elle décroît relativement lentement pour finir par se stabiliser, après plus d'une heure, à une valeur de 0.4 cm/minute qui reste élevée.



**Figure 9 – Courbes d'infiltration des deux principaux types de sols rencontrés en rive gauche de la Kaburantwa**

### c. Caractérisation physico-chimique

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques physico-chimiques des sols de la rive gauche.

Les conclusions suivantes peuvent être tirées de ces données:

- (i) Les pH sont en général dans la gamme de valeurs adéquates (A) ;
- (ii) Le carbone organique (Corg) est faible pour tous les sols ;
- (iii) L'azote total est faible pour presque tous les sols rencontrés ;
- (iv) Le Phosphore à des valeurs faibles sur toute la rive gauche ;
- (v) Les valeurs de K échangeables sont élevées ou adéquates ;
- (vi) Les valeurs de la CEC sont en général des valeurs adéquates pour les sols à développement vertiques, les sols d'altération récente et des valeurs faibles pour les régosols et les ferralsols.

Pour chaque unité cartographique, les valeurs de caractéristiques physico-chimiques du sol seront intégrées dans la détermination de l'aptitude à la culture du riz et du maïs.

**Tableau 13 – Caractéristiques physico-chimiques des sols de la rive gauche**

Profil	Horizon*	pH (eau)	Corg	Ntotal	P-M3	K éch	CEC	Niveau de fertilité					
								pHeau	Corg	Ntotal	P-M3	Kéch	CEC
P8	P8-Ap	6.75	7.1	0.8	10.6	3.2	50.3	A	F	F	F	E	F
	P8-B2	6.45	6.5	0.8	3.7	4.3	89.6	A	F	F	F	E	A
P10	P10-Ap	6.95	3.5	0.5	3.2	4.4	137.1	A	F	F	F	E	A
	P10-B2	6.99	7.1	0.8	10.8	2.6	50.1	A	F	F	F	A	F
	P10-B3	6.54	4.6	0.5	3.4	3.0	61.2	A	F	F	F	A	F
P6	P6-Ap	6.89	10.4	1.2	8.5	6.5	112.2	A	F	A	F	E	A
	P6-B2 1	7.28	3.9	0.5	2.6	4.8	161.5	A	F	F	F	E	A
P5	P5-Ap	6.73	8.3	0.9	6.8	3.7	64.9	A	F	F	F	E	F
	P5-B2	6.83	5.8	0.7	3.2	4.0	113.8	A	F	F	F	E	A
P16	P16-Ap	6.45	7.6	0.7	4.5	3.1	48.6	A	F	F	F	E	F
P17	P17-Ap	6.55	6.9	0.7	5.1	2.8	42.6	A	F	F	F	A	F
P6	P9-Ap	7.08	10.8	1.4	20.9	5.2	79.0	A	F	F	A	E	A
P12	P12-Ap	6.69	5.4	0.6	5.4	2.3	38.9	A	F	F	F	A	F

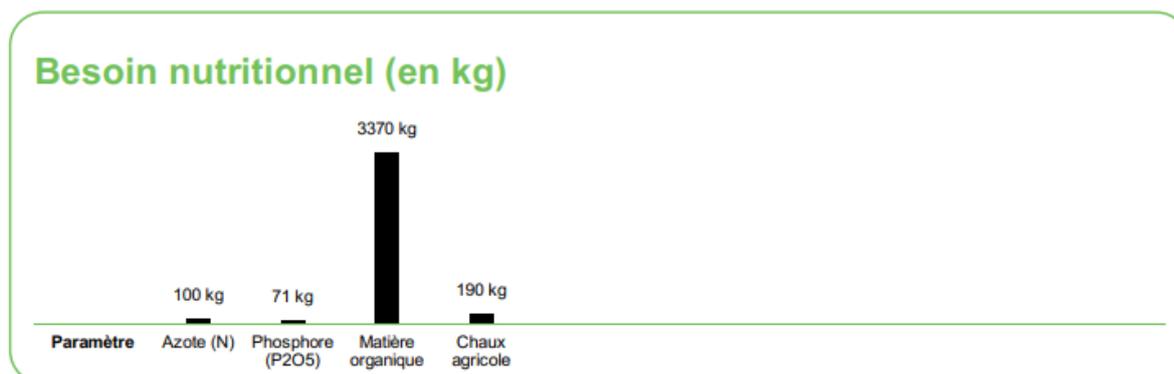
\*La numérotation est faite comme suit : numéro du profil (les numéros sont ceux qui sont sur les cartes de localisation des profils) et le nom de l'horizon

Couleur verte : valeur adéquate

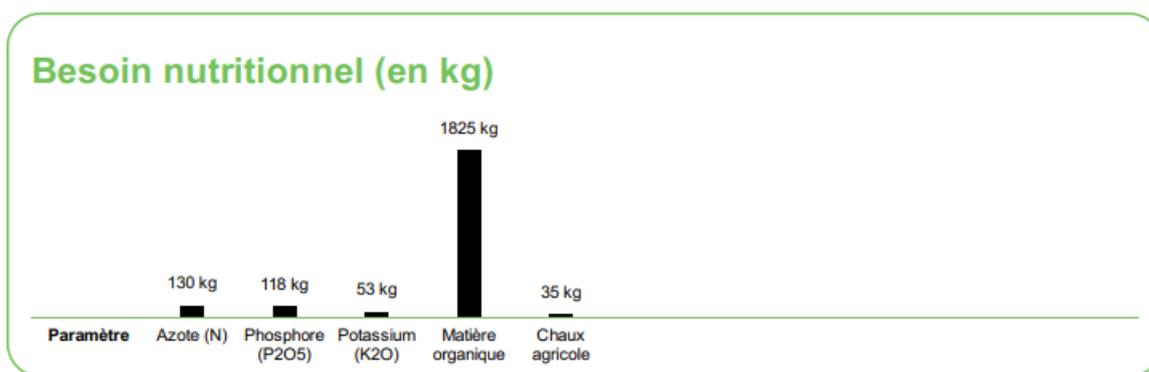
Couleur orange : valeur élevée

Couleur rouge : valeur faible

Les recommandations de fertilisation sont sur les graphiques suivantes. Elles ont été proposées à partir des résultats des horizons de surface.



**Figure 10 – Recommandations de fertilisation de la culture du riz sur régosols (représenté par le sondage 73)**



**Figure 11 – Recommandations de fertilisation de la culture du maïs sur les sols d’altération récente (représenté par le profil 01)**

Les variations des recommandations sont dans les gammes suivantes :

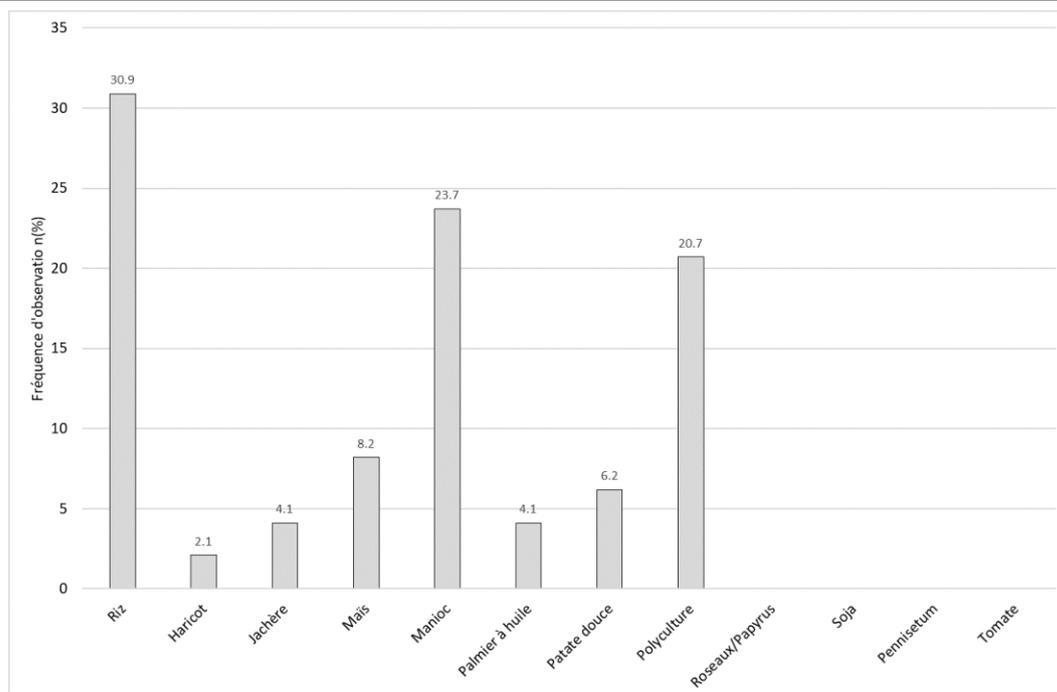
- Carbone organique : pour toutes les cultures, les valeurs varient de 1875 à 3370 tonnes/ha avec des valeurs plus faibles pour les sols d’altération récente, les vertisols et les régogley mélanique alors que les valeurs les plus élevées sont pour les ferralsols et les régogleys ;
- Pour l’azote totale (N) : les valeurs varient de 100 à 101kg/ha pour le riz et 118 à 130 kg/ha pour le maïs avec des valeurs plus faibles pour les sols d’altération récente, les vertisols et les régogley mélanique alors que les valeurs les plus élevées sont pour les ferralsols et les régogleys
- Phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): l’apport en phosphore n’est pas variable sauf pour les cultures où il faut 71kg/ha pour le riz et 118kg/ha pour le maïs ;
- Potassium (K<sub>2</sub>O): cet élément est nécessaire dans certains types de sol comme les régogleys. Les valeurs varient de 0 à 85kg/ha pour le riz et 0-53 kg/ha pour le maïs;
- La chaux : les valeurs varient de 35 à 190kg/ha pour toutes les cultures. Les valeurs les plus élevées sont pour les ferralsols et les plus faibles pour régogleys et les vertisols.

**NB : avant de changer les formules actuellement recommandées, il faut des essais de vérification car les présentes recommandations ont été réalisées uniquement sur base des analyses de sol.**

#### **d. Occupation actuelle des terres**

L’occupation des terres en rive gauche est assez différente de celle observée en rive droite. En effet, en rive gauche, le riz est la première culture par son importance et représente plus de 30 % des observations (contre 4 % en rive droite). Cette différence s’explique par la présence d’un aménagement en rive gauche (aménagement CARITAS-PROPAO). L’augmentation de la riziculture en rive gauche se fait au détriment de la culture du maïs qui ne représente plus que 8 % des observations faites (contre près de 33 % en rive droite).

En rive gauche, le riz, le manioc et la polyculture représentent à elles trois, 75 % des observations faites.



**Figure 12 – Occupation des terres observée en rive gauche de la Kaburantwa**



**Prise de vue 5 – Périmètres rizicoles de la rive gauche**

### 5.2.3 Classification des sols et aptitude à la culture du riz et du maïs

#### 5.2.3.1 Sols et aptitude culturale en rive droite de la Kaburantwa

Les sols présents dans la rive droite sont les suivants :

- Les sols hydromorphes : ce sont des sols caractérisés par l'excès d'eau avec une présence de la nappe phréatique à moins de 60 cm ou montrant des sites d'oxydo-réduction (pseudogley). Ces sols sont par conséquent mal drainés. Dans la rive droite on distingue les sols hydromorphes eutrophes (BE1) avec une accumulation des nutriments et les sols hydromorphes humiques (BGH) riche en matière organique :
- Les sols bruns hydromorphes (BT) : Entraînement mécanique des argiles et du fer par les eaux de gravité le plus souvent verticalement depuis les horizons supérieurs (A et E) vers les horizons profonds du sol (dénommés BT ou BTg). La couche de sol hydromorphe (à excès d'eau non évacué

<sup>1</sup> Les lettres entre parenthèses sont les unités cartographiques qui apparaissent sur la carte

par drainage naturel interne) lié à une nappe plus ou moins temporaire reposant sur un horizon quasi-imperméable montre des sites d'oxydo-réduction (pseudogley).

- Les sols d'altération récente : Ce sont des sols alluvionnaires ou colluvionnaires, biens drainés ou non, limités ou non par une charge graveleuse à moins de 100cm. La texture est souvent de type limono-argilo-sableux. Dans la rive droite, on distingue le sol d'altération récente hydromorphe intergrade sol brun (CB), sol d'altération récente eutrophe (CE) et le sol d'altération récente kaolinitique (CK) ;
- Ferrisols : Ils sont issus de l'altération des minéraux primaires et des minéraux secondaires avec la dominance des oxydes de Fe et d'al ainsi que de la kaolinite. Mais, contrairement aux ferralsols, il y a encore des minéraux d'argile de type 2 :1. Dans la rive droite on distingue le ferrisol intergrade sol brun (FB), le ferrisol humique (FH) et le ferrisol typique (FT) ;
- Les vertisols : vertisol typique (NGV) ;
- Régogleys : Ce sont des sols avec un horizon gleyique dû la présence de fer ferreux confère une couleur gris verdâtre caractéristique. La présence du gley est souvent observée à une profondeur supérieure à 60 cm. Les types de régogleys observés sont le régogley humique (RGH), régogley typique (RGT) et régogley mélanique (NM) ;
- Régosols : Un Régosol est un sol minéral très faiblement développé en matériaux meubles. Dans la zone de l'étude, on distingue le régosol eutrophe (RE), le régosol humique (RH) et le régosol typique (RT) ;
- Ferralsols : Ils sont issus de l'altération des minéraux primaires et des minéraux secondaires avec la dominance des oxydes de Fe et d'al ainsi que de la kaolinite. La profondeur du sol est supérieure à 120cm, les horizons sont nettement différenciés. La texture est argileuse à très argileuse. Le sol n'est ni plastique ni adhérent. La teneur en argile est, sur le terrain, sous-estimée par rapport à celle trouvée à l'analyse. La structure polyédrique fine. Le sol se fragmente aisément, surtout en profondeur en petits agrégats très anguleux. La perméabilité est bonne. La luisance des éléments de la structure et des agrégats est faible. On distingue dans la rive droite les ferralsol eutrophe (YE) plus enrichis en nutriments, ferralsol humique (YH) riche en matière organique et ferralsol typique (YT).

Il a été noté que tous les sols du site sont largement sableux avec une part importante de sol argileux.

La carte ci-dessous présente la distribution de ces différentes unités pédologiques en rive droite de la Kaburantwa.

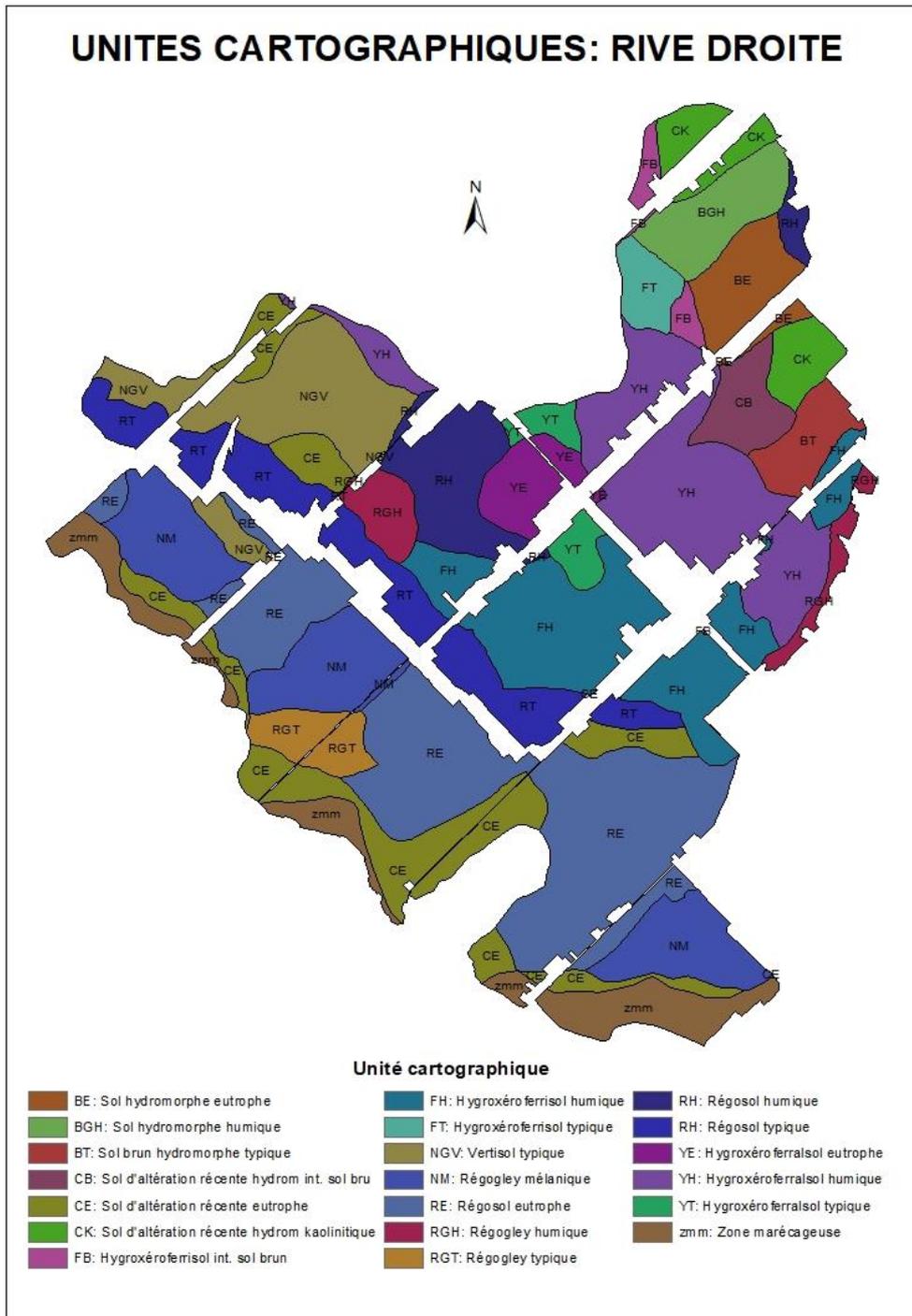
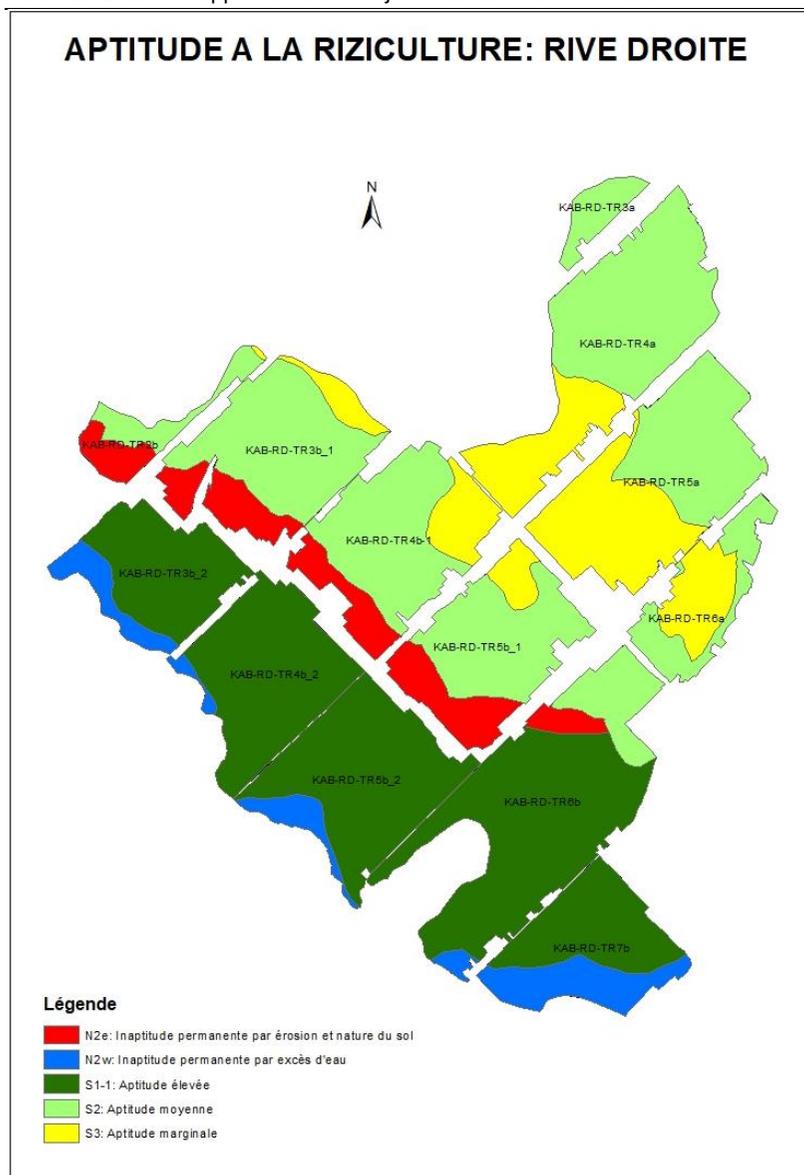


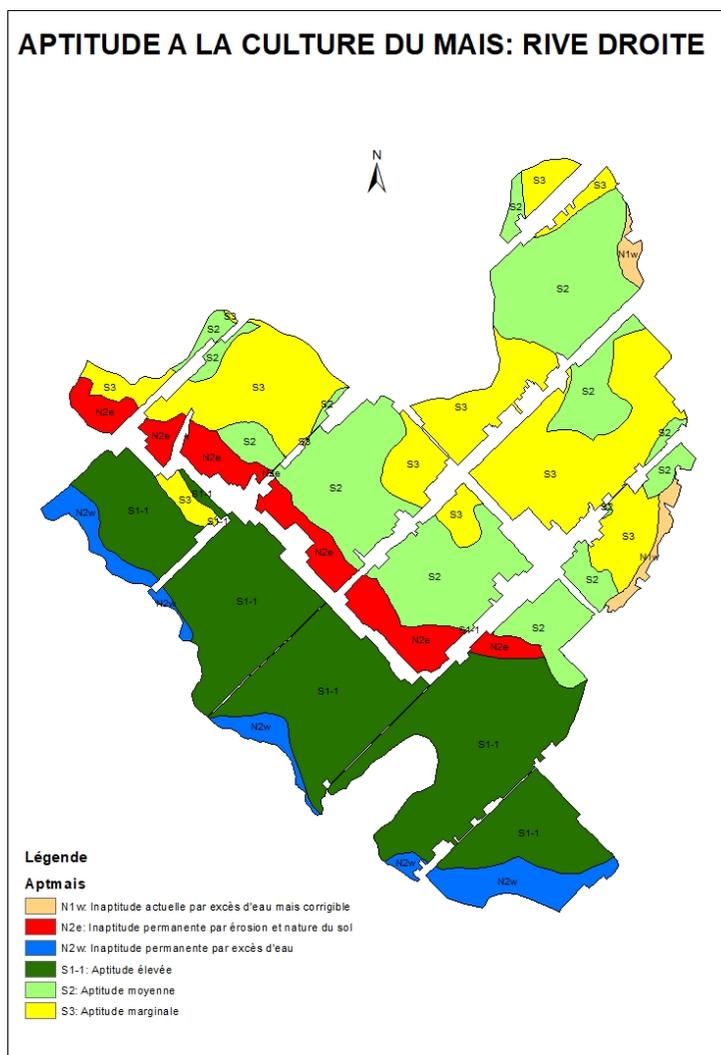
Figure 13 – Cartographie des sols de la rive droite



Par l'analyse des données disponibles, 5 classes d'aptitude à la riziculture ont été inventoriées :

- S1-1 (aptitude élevée) : cette classe d'aptitude concerne les dépressions proches de la Rusizi avec des sols alluvionnaires riches en nutriments, le niveau de drainage est élevé mais le drainage interne/vitesse d'infiltration est moyen permettant de retenir l'eau d'irrigation. La pente est faible (moins de 2%), pas de charge graveleuse et le sol est moyenne profond (entre 50 et 100cm) ;
- S2 (Aptitude moyenne) : cette classe d'aptitude concerne les sols avec des pentes proches de 4% et des sols pauvres en nutriments ;
- S3 (aptitude marginale) : pour des terres avec forte infiltration (régosols et ferralsols), des pentes supérieures à 4 % et des sols pauvres en nutriments ;
- N2e (Inaptitude permanente suite à l'érosion) : cela concerne les sols sur forte pente supérieur à 6% où la charge graveleuse est supérieure à 55 %. Ces sols ne sont pas profonds, très sensibles à l'érosion avec difficulté d'installer des terrasses plates pour la culture du riz. Des ravins/ravines sont déjà observés et l'urgence est la restauration de ces sols ;
- N2w (inaptitude permanente par excès d'eau) : ce sont les zones marécageuses proches de la Ruzizi impossible à travailler dans les conditions actuelles, continuellement inondées.

Figure 14 – Carte d'aptitude à la riziculture en rive droite de la Kaburantwa



**Figure 15 – Carte d'aptitude à la culture du maïs en rive droite de la Kaburantwa**

Par l'analyse des données disponibles, 6 classes d'aptitude à la culture du maïs ont été inventoriées :

- S1-1 (aptitude élevée) : cette classe d'aptitude concerne les dépressions proches de la Rusizi avec des sols alluvionnaires riches en nutriments, le niveau de drainage est élevé et le drainage interne/vitesse d'infiltration est moyen. La pente est faible (moins de 2%), pas de charge graveleuse et le sol est moyenne profond (entre 50 et 100cm) ;
- S2 (Aptitude moyenne) : cette classe d'aptitude concerne les sols avec des sols peu profonds à faible drainage interne, les sols avec des teneurs en nutriments inférieurs aux sols de S1-1 ;
- S3 (aptitude marginale) : ce sont des sols à risque d'hydromorphie temporaire notamment dans la partie est attenant aux Mumirwa ou des sols avec des valeurs faibles de nutriments ;
- N1w (inaptitude actuelle par excès d'eau) : concerne surtout les régogleys situés à l'est-sud. Cette partie est continuellement hydromorphe et est sous la culture du riz. Cela nécessitera des travaux de drainage avant d'installer le maïs ;
- N2e (Inaptitude permanente suite à l'érosion) : cela concerne les sols sur forte pente où la charge graveleuse est supérieure à 55 %. Ces sols ne sont pas profonds, très sensibles à l'érosion avec difficulté d'installer des terrasses plates pour la culture du riz. Des ravins/ravines sont déjà observés et l'urgence est la restauration de ces sols ;
- N2w (inaptitude permanente par excès d'eau) : ce sont les zones marécageuses proches de la Rusizi impossible à travailler dans les conditions actuelles, continuellement inondées.

### 5.2.3.2 Sols et aptitude culturale en rive gauche de la Kaburantwa

Les sols présents en rive gauche sont les suivants :

- Les sols hydromorphes ;
- Les sols d'altération récente ;
- Les vertisols : vertisol typique;
- Régogleys ;
- Régosols ;
- Ferralsols.

La carte ci-dessous présente la distribution de ces différentes unités pédologiques en rive gauche de la Kaburantwa.

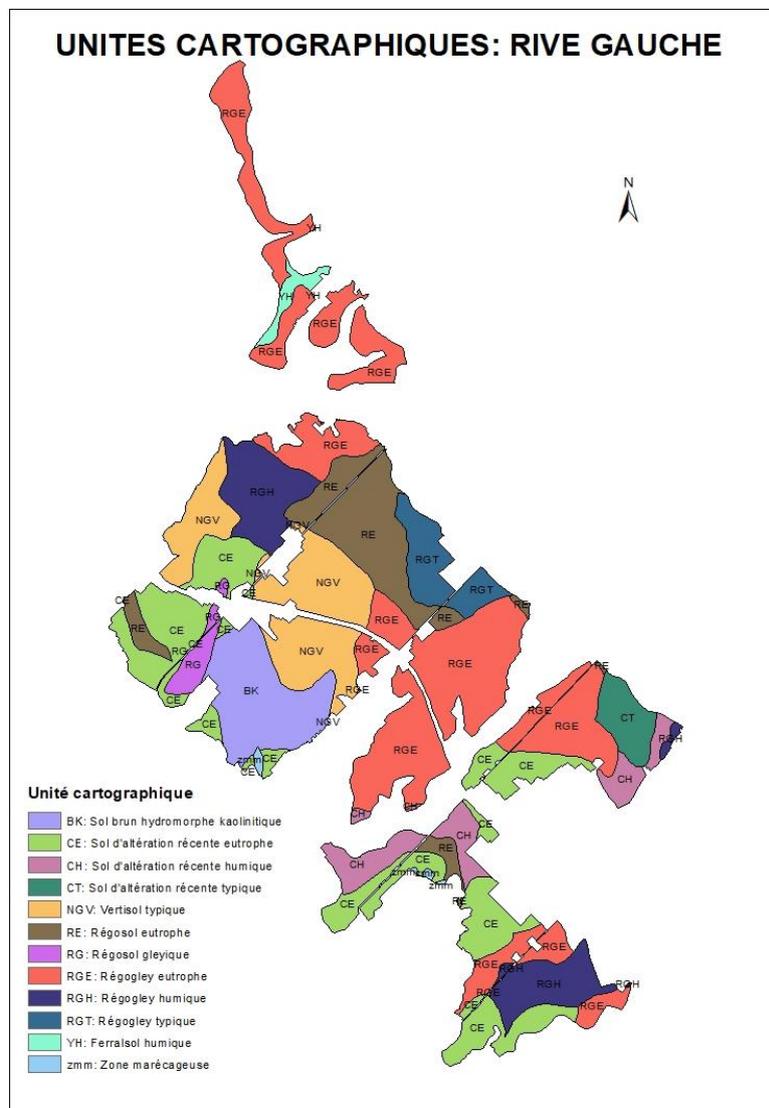


Figure 16 - Cartographie des sols de la rive gauche

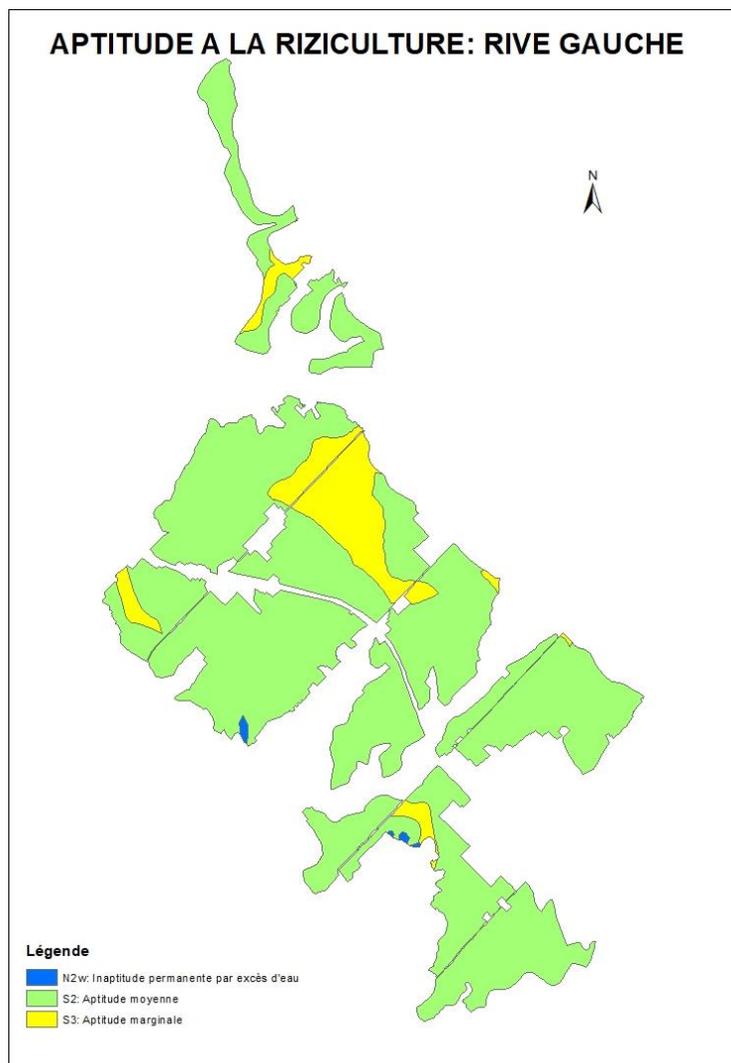


Figure 17 – Carte d'aptitude à la riziculture en rive gauche de la Kaburantwa

Par l'analyse des données disponibles, 3 classes d'aptitude à la riziculture ont été inventoriées :

- S2 (Aptitude moyenne) : cette classe d'aptitude concerne les sols avec des pentes proches de 4% et des sols pauvres en nutriments ;
- S2 (aptitude marginale) : pour des terres avec forte infiltration (régosols et ferralsols), des pentes supérieures à 4 % et des sols pauvres en nutriments ;
- N2w (inaptitude permanente par excès d'eau) : ce sont les zones marécageuses proches de la Rusizi impossible à travailler dans les conditions actuelles, continuellement inondées.

### APTITUDE A LA CULTURE DU MAÏS: RIVE GAUCHE

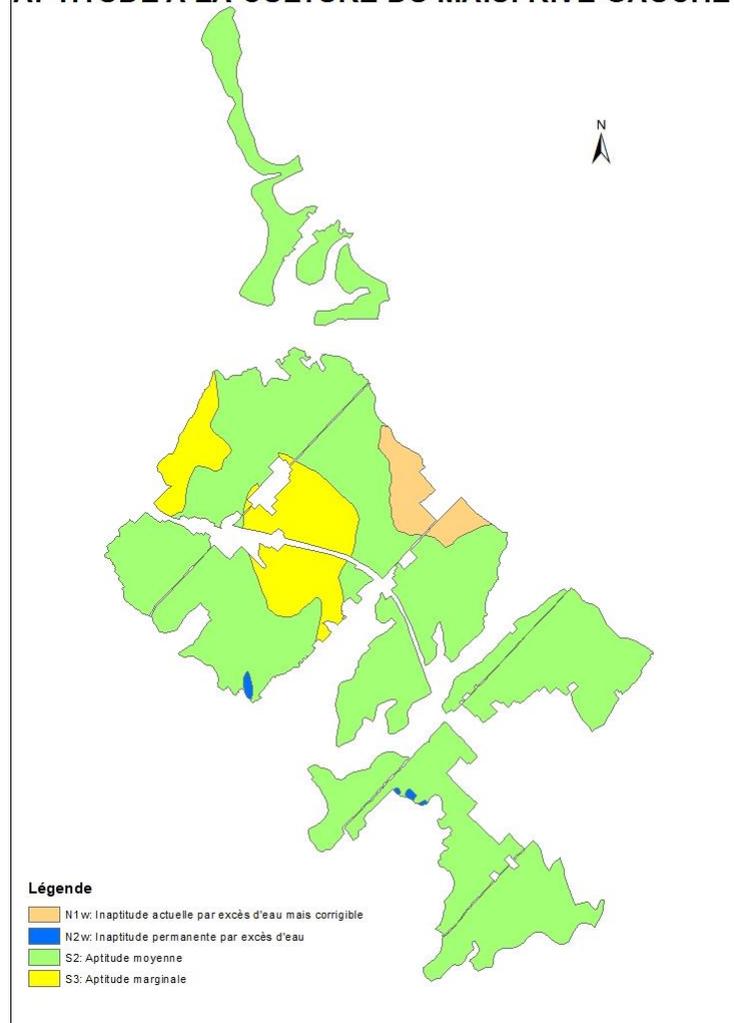


Figure 18 – Carte d'aptitude à la culture du maïs en rive gauche de la Kaburantwa

Par l'analyse des données disponibles, 4 classes d'aptitude à la culture du maïs ont été inventoriées :

- S2 (Aptitude moyenne) : cette classe d'aptitude concerne les sols peu profonds à faible drainage interne, les sols avec des teneurs en nutriments moyennes ;
- S3 (aptitude marginale) : ce sont des sols à risque d'hydromorphie temporaire avec une présence de la nappe à moins de 80 cm. En plus, les sols pauvres en nutriments comme les régosols font partie de cette classe ;
- N1w (inaptitude actuelle par excès d'eau) : concerne surtout les régogleys et autres sols avec nappe affleurant une grande partie de l'année. Cette partie est continuellement hydromorphe et est sous la culture du riz. Cela nécessitera des travaux de drainage avant d'installer le maïs ;
- N2w (inaptitude permanente par excès d'eau) : ce sont les zones marécageuses proches de la Rusizi impossible à travailler dans les conditions actuelles, continuellement inondées.

### **5.2.3.3 Recommandations générales de fertilisation**

De ce fait les recommandations sur la fertilisation des deux cultures qui seront mises en œuvre avant la validation des résultats des essais seront les suivants<sup>2</sup> :

- Pour apport du carbone : apporter 10 à 20 tonnes/ha ? de fumiers avec des grandes quantités proposées dans les ferralsols, les régosols et les ferrisols ;
- Apport de la chaux (dolomie): un chaulage d'entretien de 250 kg/ha dans les sols rouges des plateaux (ferrisols et ferralsols) ;
- Pour la culture du riz : 300kg TOTHAZA et 50 kg IMBURA en trois fractions à savoir i) 60kg TOTHAZA et 50 kg IMBURA au repiquage, ii) 120 kg TOTHAZA après trois semaines de repiquage et iii) 120 kg TOTHAZA après 6 semaines de repiquage ; et BAGARA à quelle étape ?
- Pour la culture du maïs : 270kg IMBURA et 100 kg TOTHAZA par ha.

---

<sup>2</sup> Recommandations proposées par l'ISABU

## 5.3 Etude hydrologique

### 5.3.1 Méthodologie mise en œuvre

L'étude hydrologique a pour objet de délivrer les informations relatives aux ressources en eau nécessaires au dimensionnement de l'aménagement.

Le tableau ci-dessous présente les informations délivrées attendues de l'étude hydrologique et leur prise en compte dans le dimensionnement du projet d'aménagement.

**Tableau 14 – Produits de l'étude hydrologique**

Produit de l'étude hydrologique	Projet d'aménagement
Débit de crue de période de retour 10, 25, 50 ans	Dimensionnement des ouvrages de prise en rivière
Débits mensuels en année sèche (8/10 ans) et en année moyenne (5/10 ans)	Potentiel aménageable (bilan de l'aménagement)
Transport solide	Besoin de dessablage
Qualité de l'eau	Aptitude à l'irrigation

L'étude hydrologique a été menée en phase diagnostic. Le rapport diagnostic présente de façon détaillée l'approche mise en œuvre.

Les travaux menés en phase diagnostic ont été complétés en phase APS par l'acquisition de données sur la qualité de l'eau et du transport solide afin de mieux caractériser ces deux points.

Les paragraphes suivants présentent les enseignements tirés de ces investigations.

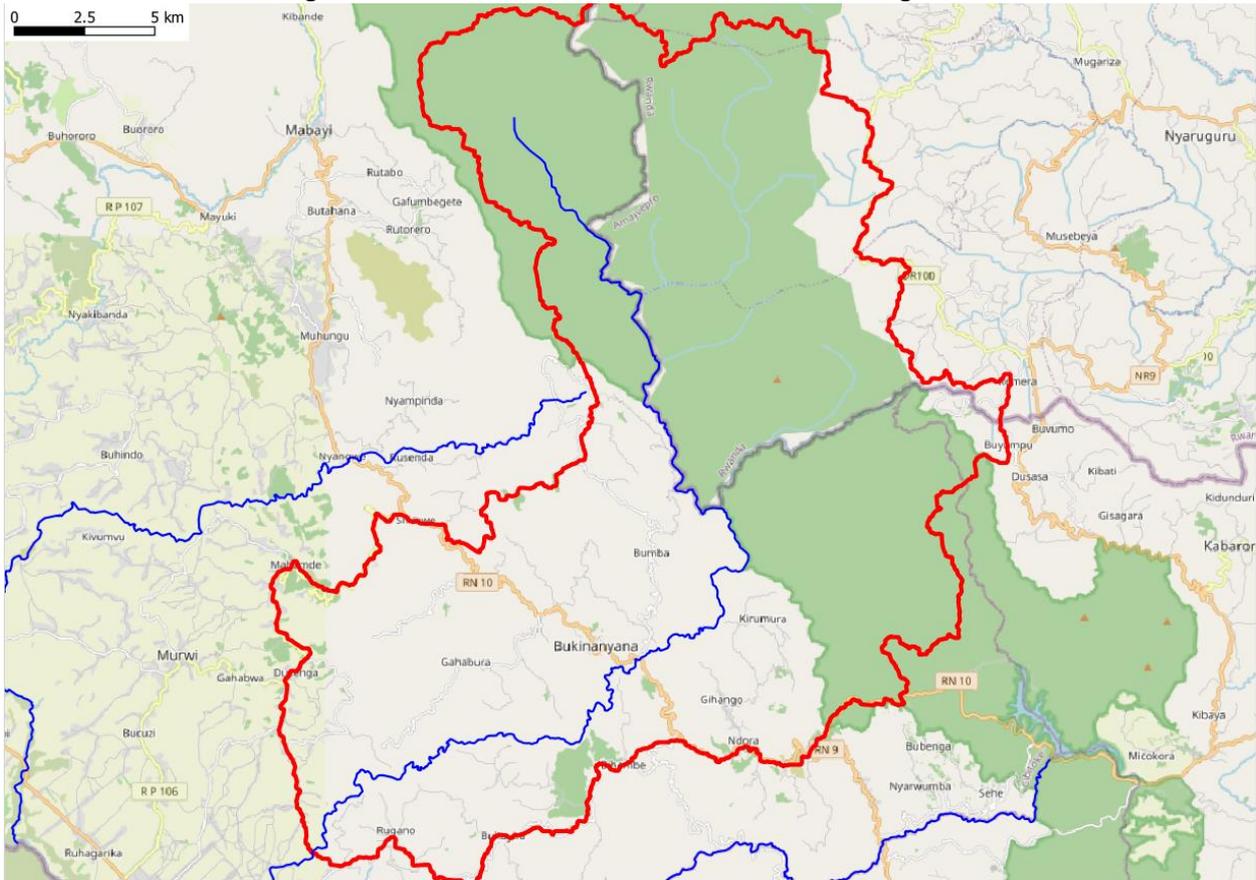
### 5.3.2 Le bassin de la Kaburantwa

#### 5.3.2.1 Caractéristiques du bassin versant

Le bassin versant de la Kaburantwa, au droit du site de prise identifié par le projet, couvre une superficie de 461 km<sup>2</sup>.

De l'aval vers l'amont, le bassin se développe d'abord, comme le bassin de la Muhira, selon un axe principal Nord-Est / Sud-Ouest jusqu'à atteindre les limites du Parc National de la Kibira. Là, l'orientation générale du bassin adopte une direction Nord-Ouest / Sud-Est. La plus grande longueur du bassin est de l'ordre de 40 km pour une largeur maximale de 12 km. Cette dernière est relativement constante dans toute la partie amont du bassin. Le bassin de la Kaburantwa présente la particularité que près de la moitié de sa superficie se trouve dans le Parc national de la Kibira tandis que près d'un tiers de la superficie du bassin se trouve au Rwanda.

**Figure 19 – Bassin versant de la Kaburantwa : contexte générale**

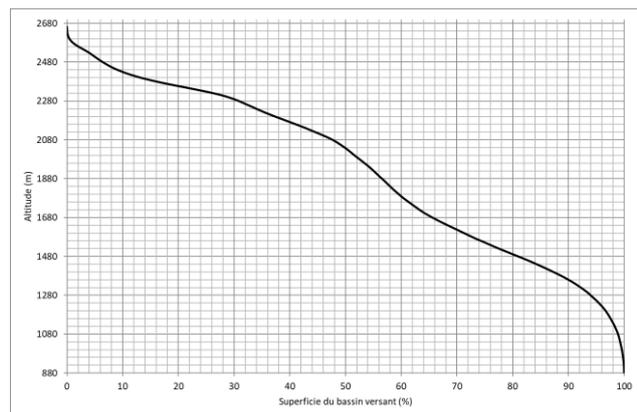


L'altitude maximale dans le bassin est de 2660 m, l'altitude minimale est de 880 m. Le tableau ci-dessous fournit les principales caractéristiques morphologiques du bassin ainsi que sa courbe hypsométrique.

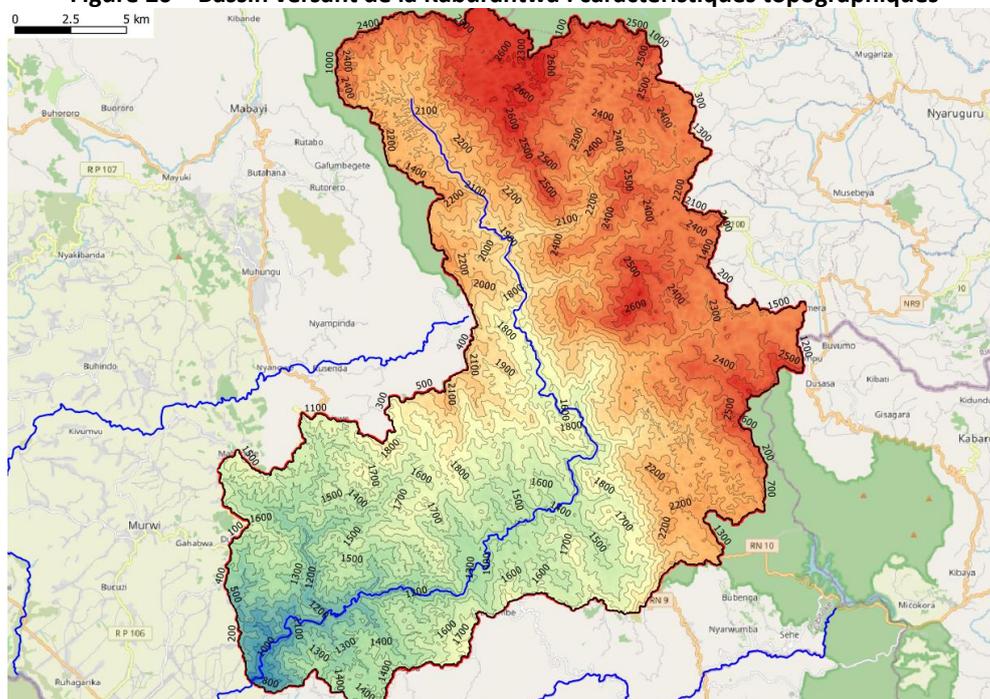
**Tableau 15 – Bassin de Kaburantwa : caractéristiques morphologiques et topographiques**

Paramètres	Valeur	Unité
Superficie	460.9	km <sup>2</sup>
Périmètre	189.2	km
Indice de compacité	2.49	
Longueur du rectangle équivalent	90.20	km
Largeur du rectangle équivalent	5.11	km
Altitude minimale	881	m
Altitude maximale	2661	m
Altitude moyenne	1944	m
Altitude médiane	2031	m
Dénivelée H5% - H95%	1250	m
Indice global de pente	13.86	m/km
Dénivelée spécifique	297.52	m
Pente moyenne	36.82	%

**Courbe ipsométrique**

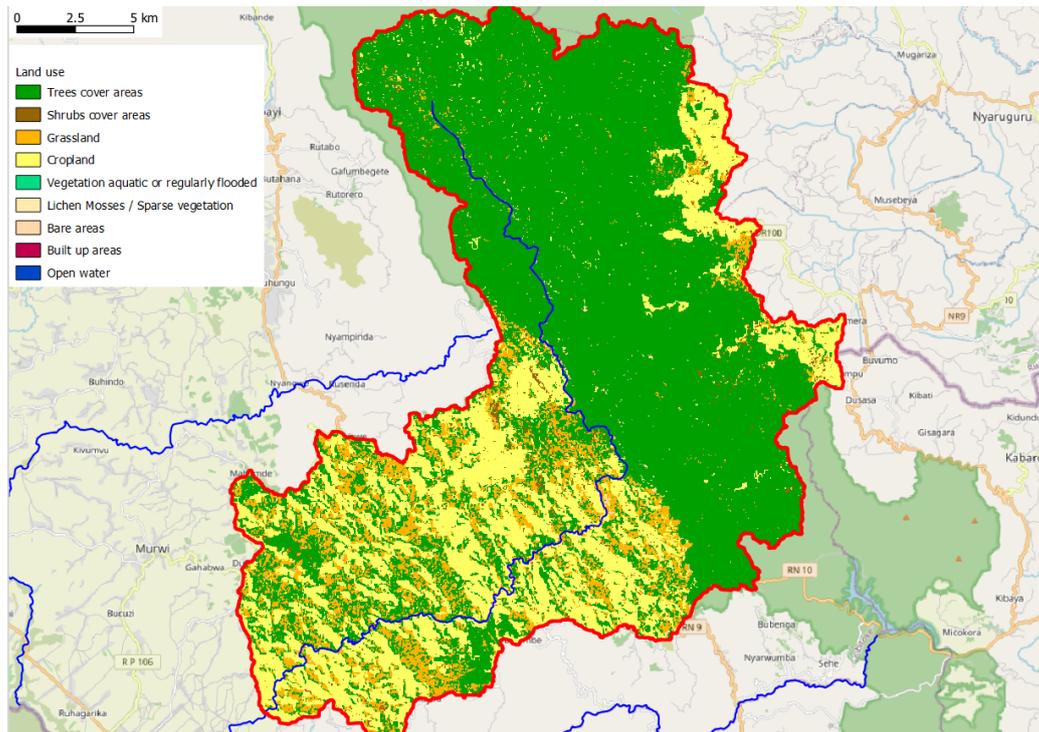


**Figure 20 – Bassin versant de la Kaburantwa : caractéristiques topographiques**



En ce qui concerne l'occupation du sol, la carte d'occupation du sol établie en 2016 à partir d'image Sentinel 2 montre que dans le bassin de la Kaburantwa, l'occupation de type « Végétation arborée » est largement dominante (63.2 %). Ceci s'explique par le fait qu'une partie importante du bassin se trouve dans le Parc National de la Kibira. Ensuite, comme pour le bassin versant de la Muhira, les deux types d'occupation du sol les plus importants sont les « Pâturage » (11.0 %) et les « Terres cultivées » (24.6 %), ces deux catégories se trouvant pour l'essentiel dans la moitié aval du bassin versant.

**Figure 21 – Bassin versant de la Kaburantwa : occupation du sol**



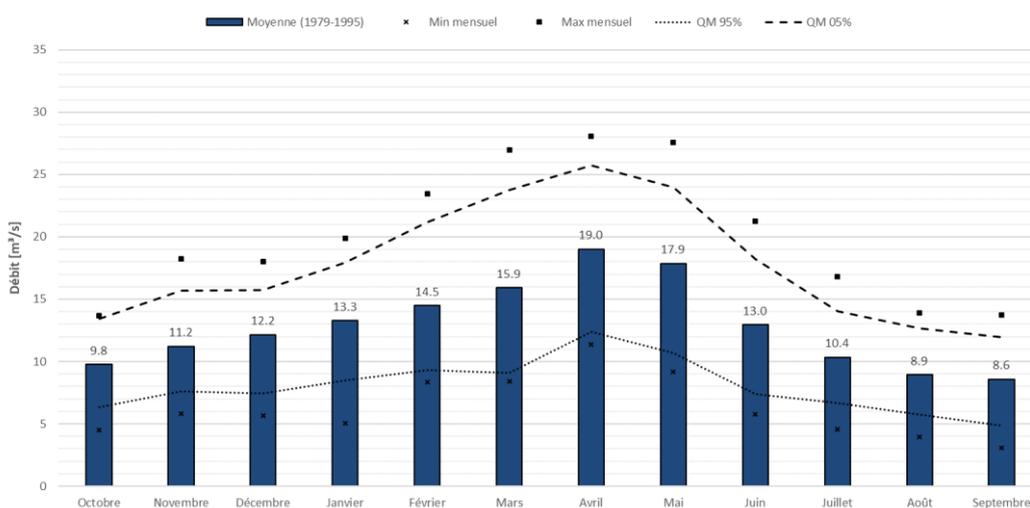
### 5.3.2.2 Régime hydrologique

La figure ci-dessous, établie sur base des données de l'IGEBU, présente le régime hydrologique de la Kaburantwa au niveau du pont de la RN5.

La période d'étiage de la Kaburantwa débute au mois de juin. Elle s'étend jusqu'au mois d'août. Les débits maximums moyens sont quant à eux observés durant les mois d'avril et mai.

Le module de la Kaburantwa à la Mission (Paroisse Kaburantwa) est de 9.7 m<sup>3</sup>/s.

**Figure 22 – Statistiques mensuelles moyennes à la station de Kaburantwa (IGEBU)**



### 5.3.3 Evaluation des apports mensuels

L'IGEBU dispose d'une station sur la Kaburantwa. Son bassin versant à une superficie de 532 km<sup>2</sup>. Le bassin versant du site de prise identifié par le projet a une superficie de 461 km<sup>2</sup>, soit 87 % de la superficie du bassin jaugé.

La phase diagnostic a montré que les mesures les plus récentes (à partir de 2010) ne pouvaient être exploitées. C'est pourquoi, l'estimation des apports mensuels s'est faite en deux étapes :

- Compilation des données mensuelles antérieures à 2010 ;
- Reconstitution des débits mensuels pour la période postérieure à 2010. La reconstitution des débits s'est faite par modélisation à l'aide du modèle GR2M à partir des données pluviométriques des stations Rwegura et Mabayi et des données d'évapotranspiration estimées à partir des données WorldClim pour la zone.

L'étude a montré que les régimes hydrologiques de la Kaburantwa déduits de ces différentes sources d'information sont tous cohérents entre eux.

Le tableau ci-dessous synthétise l'estimation du site des débits disponibles au niveau du site de prise à partir des débits reconstitués pour la station de Kaburantwa.

**Tableau 16 – Estimation du débit disponible au site de prise**

		Année	Débit mensuel en m <sup>3</sup> /s											
			Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Kaburantwa - Station		Sèche	9.1	10.3	9.1	11.4	11.6	9.7	7.6	6.4	6.2	6.6	8.1	8.8
Sup. BV (km <sup>2</sup> )	532	Moyenne	11.8	13.3	13.2	15.5	15.3	12.4	9.6	8.1	7.9	8.6	10.5	11.0
Ratio superficie bassin		87%												
Kaburantwa - Prise		Sèche	7.9	9.0	7.9	9.9	10.0	8.4	6.6	5.6	5.3	5.7	7.0	7.6
Sup. BV (km <sup>2</sup> )	461	Moyenne	10.2	11.5	11.4	13.4	13.3	10.7	8.3	7.0	6.8	7.4	9.1	9.6

L'étude diagnostic a montré que la centrale KABU-16 modifiera, durant la journée, le débit turbiné/relâché vers l'aval. Le mode de fonctionnement de la centrale a été présenté dans le rapport diagnostic.

Sur base de ce fonctionnement attendu, le tableau ci-dessous présente l'évolution du débit au cours de la journée pour chaque mois de l'année sèche. Ce tableau montre que le débit relâché vers l'aval est le plus faible en heures creuses de nuit (23h à 8h), période pendant laquelle la réserve journalière est reconstituée.

**Tableau 17 – Evolution des débits turbinés par la centrale KABU-16 en année sèche**

Paramètres	Mois												
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	
Débit équipement Q <sub>e</sub> [m <sup>3</sup> /s]	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	
Débit naturel Q <sub>n</sub> [m <sup>3</sup> /s]	7.90	9.00	7.90	9.90	10.00	8.40	6.60	5.60	5.30	5.70	7.00	7.60	
Volume régulation V [x 1000m <sup>3</sup> ]	94.80	108.00	94.80	118.80	120.00	100.80	79.20	67.20	63.60	68.40	84.00	91.20	
Débit par tranche [m <sup>3</sup> /s]	18h-23h Q <sub>soir</sub>	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	11.00	9.33	8.83	9.50	11.67	12.35
	8h-13h Q <sub>matin</sub>	7.90	9.00	7.90	9.90	10.00	8.40	6.60	5.60	5.30	5.70	7.00	7.60
	13h-18h Q <sub>après-midi</sub>	7.03	8.34	7.03	9.42	9.54	7.62	5.74	4.87	4.61	4.95	6.08	6.67
	23h-8h Q <sub>nuit</sub>	5.91	7.50	5.91	8.81	8.95	6.64	4.64	3.93	3.72	4.00	4.92	5.48

### 5.3.4 Evaluation des débits de crue

L'étude s'est concentrée sur l'obtention de débits de crue de période retour T = 10, 25 et 50 ans survenant au niveau du site de prise envisagé.

L'IGEBU dispose d'une station sur la Kaburantwa sur laquelle des mesures de hauteurs d'eau sont faites quotidiennement. Ces mesures sont ensuite converties en débit à partir de la courbe de tarage de la station.

L'étude réalisée en phase diagnostic a montré que les données postérieures à 2012, la courbe de tarage n'étant pas stable pour cette période.

Par ailleurs, l'étude réalisée en phase diagnostic a également montré que les jaugeages effectués avant 2012 ont tous été réalisés pour des hauteurs d'eau inférieures (0.2 m à 1.0 m) aux hauteurs d'eau enregistrées en période de crue (1.0 et 2.0 m). Dans ces conditions, l'utilisation de la courbe de tarage pour évaluer les débits journaliers maxima annuels fournit des estimations de débits de pointe entachées d'une très grande imprécision. Une analyse statistique de ces débits maxima annuels perd toute représentativité et les résultats ne doivent pas être utilisés pour dimensionner un ouvrage de prise placé sur cette rivière.

L'analyse statistique des débits journaliers maxima annuels n'est donc pas envisagée ici.

Les débits de crues ont donc été déduits à partir de modèle pluie-débit. Trois méthodes ont été appliquées :

- La méthode CIEH ;
- La méthode CRUPEDIX ;
- La méthode SCS.

Le tableau ci-dessous fournit les résultats ainsi obtenus ainsi que les résultats fournis par les études antérieures.

**Tableau 18 – Synthèse de l'estimation des débits de crue de la Kaburantwa**

Approche	Paramètre	Unité	Période de retour		
			10	25	50
CIEH	Débit de crue décennal	[m <sup>3</sup> /s]	177		
	Coefficient multiplicateur	[-]	1	1.14	1.25
	Débit projet	[m <sup>3</sup> /s]	<b>177</b>	<b>201</b>	<b>221</b>
CRUPEDIX	Débit de crue décennal	[m <sup>3</sup> /s]	146		
	Coefficient multiplicateur	[-]	1	1.14	1.25
	Débit projet	[m <sup>3</sup> /s]	<b>146</b>	<b>166</b>	<b>182</b>
SCS	Débit projet	[m <sup>3</sup> /s]	<b>136</b>	<b>211</b>	<b>257</b>
SOGREAH / KABU-16	Débit projet	[m <sup>3</sup> /s]	<b>201</b>	<b>229*</b>	<b>265</b>
PROPA-O	Débit projet	[m <sup>3</sup> /s]	<b>199</b>	<b>217*</b>	<b>360</b>

\* Période de retour de 20 ans

Ce tableau montre que les différentes approches donnent des débits de crue assez proches les uns des autres en dehors de l'estimation fournie par l'étude PROPA-O pour la crue de période de retour 50 ans qui apparaît anormalement élevée.

A la suite de cette étude, nous recommandons d'utiliser un débit de projet de période de retour 50 ans de 260 m<sup>3</sup>/s qui correspond à l'estimation la plus pessimiste fournie par les différentes méthodes (SOGREAH, SCS).

### 5.3.5 Qualité de l'eau

Des échantillons d'eau ont été prélevés sur la Kaburantwa, au droit du site de prise identifié pour analyse de la qualité de l'eau.

Les analyses réalisées dans le cadre d'études précédentes sont présentées dans le tableau suivant. Les résultats montrent que l'eau de la Kaburantwa est de qualité acceptable pour l'irrigation selon les recommandations de la FAO<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> <https://www.fao.org/3/t0234e/T0234E00.htm#TOC>

**Tableau 19 – Qualité de l'eau de la Kaburantwa – Aptitudes pour l'irrigation**

Effet	Paramètre	Unité	Niveau de restriction pour l'irrigation			Valeurs études précédentes			11/2022 [4]
			Aucun	Faible à modéré	Sévère	[1]	[2]	[3]	
<b>Salinité</b>									
	Conductivité électrique ou Total des solides dissous	dS/m mg/l	<0.7 <450	0.7-3.0 450-2000	>3.0 >2000	0.06 -	0.04 -	- 52-68	0.039 -
<b>Toxicité ionique</b>									
	Sodium (Na) (Irrigation de surface)	SAR	< 3.0	3.0 - 9.0	> 9.0	0.37	1.61	1.9-2.1	0.22
<b>Autres effets</b>									
	Azote (NO <sub>3</sub> - N)	mg/l	< 5.0	5.0 - 30.0	> 30.0	0.16	-	-	-
	pH	-	6.5-8.4	< 6.5 ou > 8.4	> 8.5	6.91	7.2	7.4-7.7	7.3-7.5

[1] PROPA-O - Etudes techniques d'aménagement de la plaine de Kaburantwa, commune de Buganda, Province de Cibitoke - Etape 3 Etude d'Avant-Projet Détaillé des aménagements de la plaine de Kaburantwa - Volume 5: Etudes d'impact environnemental et social

[2] Balthazar Mpawenayo, 1996. Les eaux de la plaine de la Rusizi

[3] J. Gourdin, P. Hollebosch, C. Kibiriti, ISABU n°95, 1986. Etude chimique des eaux de la Ruzizi et de ses affluents

[4] SHER Ing. Conseils s.a. 11/2022 mesures in situ et analyse labo SWDE (Belgique)

### 5.3.6 Transport solide

Durant son étude, SOGREAH a procédé, en mai 1993, à une campagne de prélèvements d'eau de crue pour estimer le transport solide des rivières de la région.

Le traitement et les résultats tirés de cette campagne ne sont pas connus. Néanmoins, dans son étude d'avant-projet sommaire pour la construction de la centrale KABU-16, SOGREAH utilise les valeurs suivantes de transport solide pour le dimensionnement des vannes de chasse :

- Chasse en période d'étiage (5 à 10 m<sup>3</sup>/s) : concentration de 0.3 g/l ;
- Chasse en période de crue (10 à 40 m<sup>3</sup>/s) : concentration de 0.4 g/l.

Il faut noter que l'étude ne prévoit pas d'équiper la centrale KABU-16 d'un dessableur : c'est le barrage qui remplira ce rôle.

En termes d'opération, l'étude prévoit que les chasses se feront essentiellement en période de crue, à une fréquence hebdomadaire ou bimensuelle. Les chasses en période d'étiage devraient être peu fréquentes dans la mesure où la tranche morte aura une capacité suffisante pour stocker les apports solides jusqu'à la période de crue.

ERA International n'a pas procédé à une étude du transport solide. Néanmoins, le bureau cite les résultats de l'étude du projet d'aménagement de la centrale hydroélectrique de KABU-16 conduite par Angelique International Limited en 2016 qui estime la concentration moyenne des matières en suspension est comprise entre 0.65 et 0.70 g/l avec un maximum compris entre 1.78 et 2.00 g/l.

Enfin, l'IGEBU a réalisé des mesures ponctuelles du transport solide sur la Kaburantwa au cours des 35 dernières années. Le tableau ci-dessous présente les données acquises auprès de l'IGEBU, les mesures de débit correspondantes et enfin le transport solide exprimée en concentration.

**Tableau 20 – Mesures du transport solide sur la Kaburantwa**

Date	Débit solide [g/s]	Débit [m <sup>3</sup> /s]	Concentration [g/l]	Date	Débit solide [g/s]	Débit [m <sup>3</sup> /s]	Concentration [g/l]
08-11-88	15 221	15.96	0.95	17-11-15	8 985	10.94	0.82
12-07-89	2 565	12.83	0.20	15-03-16	6 140	9.23	0.67
22-08-89	5 517	9.70	0.57	04-07-16	7 019	12.31	0.57
13-03-91	23 382	16.90	1.38	18-07-17	1 908	5.61	0.34
27-06-91	6 651			03-04-18	17 276	24.75	0.70
01-10-91	5 841	9.62	0.61	16-10-18	6 475	10.41	0.62
06-08-92	6 611	7.76	0.85	18-12-18	17 514	10.84	1.62
03-03-93	5 359	9.16	0.59	23-04-19	9 386	15.39	0.61
15-10-93	1 586	3.87	0.41	18-06-19	6 123	4.88	1.25
28-04-98	6 443	15.09	0.43	10-09-19	4 593	5.55	0.83
25-02-15	12 099	9.06	1.34	14-01-20	5 587	22.35	0.25
03-08-15	4 825	8.04	0.60	12-12-20	35 715	26.65	1.34

Ces données montrent une très grande variabilité, avec un débit solide compris entre 1 586 g/s et 35 715 g/s. Les valeurs les plus faibles surviennent le plus souvent entre juin et octobre (saison sèche), les valeurs les plus importantes surviennent essentiellement en saison des pluies. Les débits solides les plus importants correspondent également à la charge solide (concentration) la plus élevée.

En l'état ces données par leur caractère ponctuelles sont difficilement exploitables mais comme cela a été expliqué en phase de diagnostic avec l'équipe du projet, si la charge solide d'un cours d'eau doit éventuellement être connue avec précision dans le cadre d'un Projet de barrage d'accumulation – afin de pouvoir estimer sa durée de vie – il n'en est pas de même dans le cadre d'une prise au fil de l'eau équipée d'un dessableur. En effet, le dimensionnement d'un dessableur consiste à fixer :

- Sa section en travers (largeur) pour créer des conditions d'écoulement (vitesse) favorables à la sédimentation des particules en suspension d'une taille donnée ;
- Sa longueur et sa profondeur pour s'assurer que la sédimentation des particules en suspension d'une taille donnée survienne dans le dessableur.

La dynamique de sédimentation est étroitement liée au diamètre des particules selon la loi de Stokes: les particules caractérisées par le diamètre le plus petit seront celles qui mettront le plus de temps pour sédimenter.

Dès lors, le dimensionnement d'un dessableur se fait en fixant un diamètre minimum des particules à sédimenter et le débit solide en tant que tel, n'intervient pas dans le dimensionnement du dessableur. Les débits solides mesurés par IGEBU confirment les observations visuelles réalisées et indiquent la nécessité d'une bonne opération de l'ouvrage de prise avec l'obligation de fermer les vannes de prise en période de crue et d'ouvrir en grand les vannes de chasse afin d'éviter l'accumulation de sédiments à l'amont du seuil.

## 6 Besoins en eau des cultures

### 6.1 Méthodologie mise en œuvre

Les besoins de pointe en eau d'irrigation doivent être calculés pour fixer les débits d'équipement du réseau et réaliser les bilans en eau à l'échelle de l'aménagement. Les bilans permettent ensuite de déterminer les superficies irrigables.

L'étude agronomique a permis de définir les spéculations les plus couramment pratiquées sur le site à aménager. Celles-ci sont le riz, le maïs/manioc (polyculture), le haricot, la banane et le maraîchage.

Les besoins en eau de ces cultures sont estimés dans les sections suivantes sur base des conditions climatiques et pédologiques qui prévalent dans la zone d'étude. Ces besoins sont calculés, selon un pas de temps décadaire, pour l'année sèche.

Outre les besoins en eau au niveau de l'aménagement, pour établir des bilans corrects des rivières, il est important de tenir compte des autres consommateurs d'eau présents ou à venir, en amont et en aval de l'ouvrage de prise.

Les paramètres suivants sont nécessaires pour déterminer les besoins en eau des cultures :

- La pluviométrie ;
- L'évapotranspiration potentielle ;
- Les données des cultures : types de culture, calendriers et coefficients culturaux.

La compilation des données climatiques et culturelles permet de déterminer un déficit en eau théorique de la culture. Ce déficit représente la différence entre les besoins en eau bruts et la fourniture d'eau disponible. Ce déficit permet de chiffrer le manque d'eau à la parcelle et donc les besoins en eau d'irrigation. Les besoins en eau en l/s/ha sont déterminés sur des périodes décennales pour une année sèche et une année moyenne.

L'étude des besoins en eau des cultures a été conduite lors de la phase diagnostic. Le rapport de diagnostic présente en détail l'approche mise en œuvre. Les principaux résultats de cette étude sont présentés dans les sections suivantes.

### 6.2 Données agro-climatiques

#### 6.2.1 Pluviométrie

L'évaluation des besoins en eau des cultures se fait pour deux régimes climatiques standardisés :

- L'année sèche est une année fictive, dont la précipitation mensuelle de chaque mois est au moins atteinte ou dépassée 4 années sur 5 ;
- L'année moyenne est une année fictive, dont la précipitation mensuelle de chaque mois est au moins atteinte ou dépassée 1 année sur 2.

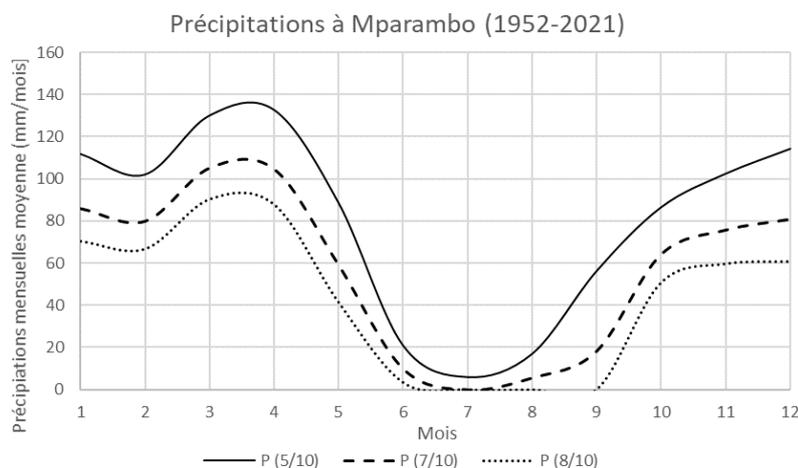
La station de Mparambo a été retenue comme station représentative de l'aménagement. Cette station est située à une vingtaine de kilomètres de la zone d'étude, entre Cibitoke et Rugombo. Son altitude est de 887 m alors que l'altitude des sites étudiés varie entre 800 et 860 m.

Un modèle statistique a été ajusté aux précipitations mensuelles de chacune de ces stations. Ce modèle utilise la loi normale et permet d'estimer des valeurs de précipitations mensuelles pour différents mois et différentes périodes de retour.

La figure ci-dessous présente les résultats de cet ajustement.

**Figure 23 - Mparambo - Précipitations mensuelles garanties pour le calcul des apports directs à l'aménagement**

Mois	Précipitation [mm]		
	5/10	7/10	8/10
Jan.	111.7	86.1	70.5
Fév.	101.9	80.1	66.9
Mar.	129.8	105.3	90.5
Avr.	132.6	104.8	88.0
Mai	88.5	59.2	41.5
Juin	20.8	10.0	3.5
Juil.	5.8	0.0	0.0
Aou.	16.8	5.6	0.0
Sep.	56.1	18.2	0.0
Oct.	86.4	64.2	50.8
Nov.	102.3	75.8	59.8
Déc.	114.1	81.0	60.9
<b>Total</b>	<b>966.8</b>	<b>690.4</b>	<b>532.5</b>



Les pluviométries mensuelles ainsi estimées ont ensuite été converties en pluviométries décadaires afin de calculer les besoins au pas de temps décadaire et de suivre au mieux le développement de la culture.

Enfin, il convient de noter que ces apports d'eau de pluie directs à la parcelle ne contribuent pas intégralement à l'alimentation en eau des cultures. En effet une partie de ces apports est perdu (pour la plante) par ruissellement et par infiltration en profondeur. Le solde (Pluie – Pertes par ruissellement et percolation) constitue la quantité d'eau effectivement disponible pour la culture.

Ce solde est dénommé 'Précipitation efficace' et c'est la grandeur à prendre en compte pour le calcul des besoins en eau. La pluie efficace est prise à 80% de la pluviométrie décadaire.

### 6.2.2 Evapotranspiration potentielle mensuelle

L'évapotranspiration potentielle de la zone a été extraite de la base de données du CGIAR<sup>4</sup>. Les valeurs de ETO sont calculées sur base de données WorldClim (monde, 1970-2000) en utilisant l'équation de Hargreaves (1985). Cette équation prend en compte le rayonnement extra-terrestre, la température moyenne et l'impact de la couverture nuageuse sur la proportion de rayonnement extraterrestre atteignant la surface de la terre.

**Tableau 21 - Evapotranspiration de référence pour les sites de Kaburantwa**

ETO	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
mm/mois	116.9	107.8	122.4	113.4	121.3	137.6	151.7	158.5	152.8	140.2	111.6	111.8	1546.2
mm/jour	3.9	3.9	3.9	3.8	3.9	4.6	4.9	5.1	5.1	4.5	3.7	3.6	4.2

Ces données mensuelles ont également été converties en données décadaires afin de calculer les besoins au pas de temps décadaire et ainsi suivre au mieux le développement de la culture.

### 6.2.3 Données sur les cultures

#### 6.2.3.1 Calendriers cultureux

Le tableau ci-dessous présente les calendriers cultureux recommandés, en phase diagnostic, pour la zone d'étude. Ce tableau considère :

- La situation optimiste où les cultures de saison A sont mises en place dès la reprise des pluies en année sèche (septembre) ;

<sup>4</sup> <https://cgiarcsi.community/2019/01/24/global-aridity-index-and-potential-evapotranspiration-climate-database-v2/>

- Le cycle cultural du riz à une durée de 150 jours (15 décades), y compris période de pépinière. Le maïs et le maraîchage ont respectivement des cycles culturaux de 14 et 10 décades.

**Tableau 22 – Calendriers culturaux recommandés pour la zone d'étude**

Saison	Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
A	Riz												
	Maïs												
	Maraîchage												
B	Riz												
	Maïs												
	Maraîchage												
C	Maraîchage												

Le calcul des besoins en eau considère en priorité la culture du riz en saisons A et B si les sols présentent une bonne aptitude culturale. Cependant, si les ressources en eau fournies par le réseau hydrographique ne sont pas suffisantes, la riziculture peut être partiellement remplacée par une polyculture irriguée moins exigeante en eau.

Etant donné la superficie de l'aménagement envisagé, l'établissement du besoin en eau des cultures considère que le riz est mis en place sur trois décades successives (septembre pour la saison A et février pour la saison B).

### 6.2.3.2 Coefficients culturaux

Les coefficients culturaux utilisés correspondent aux données publiées par la FAO<sup>5</sup> et réparties par décades.

**Tableau 23 - Coefficients culturaux décadaires (Kc) utilisés**

Décade	Riz_150j	Maïs	Maraichage
1	1.20	0.30	0.70
2	1.06	0.30	0.70
3	1.06	0.32	0.76
4	1.10	0.49	0.88
5	1.10	0.72	1.01
6	1.13	0.95	1.10
7	1.19	1.17	1.10
8	1.25	1.20	1.10
9	1.27	1.20	1.07
10	1.27	1.20	1.02
11	1.27	1.18	
12	1.27	0.97	
13	1.23	0.72	
14	1.18	0.55	
15	1.14		

### 6.2.3.3 Pratiques culturales

La préparation du sol se déroule durant les trois premières décades après la mise en place de la culture. Durant cette période, la superficie travaillée augmente progressivement. Un taux de mise en valeur de 20, 40 et 80 % est considéré respectivement pour les décades 1 à 3.

La mise en boue des parcelles rizicoles consomme 2.5 mm/j durant la première décade, elle augmente ensuite à 5 mm/j durant les deux décades suivantes. La mise en boue nécessite donc un apport total de 125 mm.

<sup>5</sup> Doorenbos et Kassam, Réponse des rendements à l'eau Bulletin d'Irrigation et de Drainage, FAO n° 33, ROME.

Au terme de la mise en boue, la lame d'eau est maintenue à 50 mm jusqu'à la 7<sup>ème</sup> décade. Elle passe ensuite à 100 mm. L'eau apportée à la culture doit non seulement couvrir ses besoins physiologiques (pertes par évaporation) mais également les pertes par percolation.

### 6.3 Calcul des besoins en eau nets des cultures

Les besoins en eau des cultures sont calculés par décade sur base des calendriers et des coefficients culturaux, des ETo mensuelles moyennes et de la pluviométrie garantie 8 années sur 10.

Les besoins d'irrigation sont estimés en l/s pour un hectare sur 24h. Les sections suivantes présentent les besoins en eau estimés pour chacune des cultures.

#### 6.3.1 Riz 150 jours

##### 6.3.1.1 Saison A

Comme indiqué plus haut (en section 6.2.3.1), étant donné l'extension de l'aménagement, l'établissement des besoins en eau considère que le riz est mis en place sur 3 décades successives. Les tableaux suivants présentent les besoins nets pour chacune de ces décades, en année sèche.

**Tableau 24 - Besoins en eau nets pour le riz 150j - Saison A**

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
09-1	1.2	5.1	1.2	2.5	0.0	37.2	0.0	0.0	37.2	0.4
09-2	1.06	5.1	2.2	5.0	0.0	71.6	0.0	0.0	71.6	0.8
09-3	1.06	5.1	4.3	5.0	0.0	93.2	0.0	0.0	93.2	1.1
10-1	1.1	4.5	5.0	5.0	0.0	99.7	12.4	9.9	89.8	1.0
10-2	1.1	4.5	5.0	0.0	2.0	69.7	18.6	14.9	54.8	0.6
10-3	1.13	4.5	5.1	0.0	2.0	71.1	19.7	15.8	55.3	0.6
11-1	1.19	3.7	4.4	0.0	2.0	64.3	19.2	15.4	48.9	0.6
11-2	1.25	3.7	4.7	5.0	2.0	116.5	20.2	16.2	100.3	1.2
11-3	1.27	3.7	4.7	0.0	2.0	67.2	20.4	16.3	51.0	0.6
12-1	1.27	3.6	4.6	0.0	2.0	65.8	19.9	15.9	49.9	0.6
12-2	1.27	3.6	4.6	0.0	2.0	65.8	20.0	16.0	49.8	0.6
12-3	1.27	3.6	4.6	0.0	2.0	65.8	21.0	16.8	49.0	0.6
01-1	1.23	3.9	4.8	0.0	2.0	67.9	22.9	18.3	49.6	0.6
01-2	1.18	3.9	4.6	0.0	1.0	56.0	24.0	19.2	36.8	0.4
01-3	1.14	3.9	4.4	0.0	0.0	44.4	23.6	18.9	25.5	0.3

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
09-2	1.2	5.1	1.2	2.5	0.0	37.2	0.0	0.0	37.2	0.4
09-3	1.06	5.1	2.2	5.0	0.0	71.6	0.0	0.0	71.6	0.8
10-1	1.06	4.5	3.8	5.0	0.0	88.4	12.4	9.9	78.4	0.9
10-2	1.1	4.5	5.0	5.0	0.0	99.7	18.6	14.9	84.8	1.0
10-3	1.1	4.5	5.0	0.0	2.0	69.7	19.7	15.8	54.0	0.6
11-1	1.13	3.7	4.2	0.0	2.0	62.0	19.2	15.4	46.7	0.5
11-2	1.19	3.7	4.4	0.0	2.0	64.3	20.2	16.2	48.1	0.6
11-3	1.25	3.7	4.7	5.0	2.0	116.5	20.4	16.3	100.2	1.2
12-1	1.27	3.6	4.6	0.0	2.0	65.8	19.9	15.9	49.9	0.6
12-2	1.27	3.6	4.6	0.0	2.0	65.8	20.0	16.0	49.8	0.6
12-3	1.27	3.6	4.6	0.0	2.0	65.8	21.0	16.8	49.0	0.6
01-1	1.27	3.9	4.9	0.0	2.0	69.5	22.9	18.3	51.2	0.6
01-2	1.23	3.9	4.8	0.0	2.0	67.9	24.0	19.2	48.7	0.6

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
01-3	1.18	3.9	4.6	0.0	1.0	56.0	23.6	18.9	37.1	0.4
02-1	1.14	3.9	4.4	0.0	0.0	43.9	21.7	17.4	26.5	0.3

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
09-3	1.2	5.1	1.2	2.5	0.0	37.2	0.0	0.0	37.2	0.4
10-1	1.06	4.5	1.9	5.0	0.0	69.2	12.4	9.9	59.2	0.7
10-2	1.06	4.5	3.8	5.0	0.0	88.4	18.6	14.9	73.4	0.9
10-3	1.1	4.5	5.0	5.0	0.0	99.7	19.7	15.8	84.0	1.0
11-1	1.1	3.7	4.1	0.0	2.0	60.9	19.2	15.4	45.5	0.5
11-2	1.13	3.7	4.2	0.0	2.0	62.0	20.2	16.2	45.9	0.5
11-3	1.19	3.7	4.4	0.0	2.0	64.3	20.4	16.3	48.0	0.6
12-1	1.25	3.6	4.5	5.0	2.0	115.1	19.9	15.9	99.2	1.1
12-2	1.27	3.6	4.6	0.0	2.0	65.8	20.0	16.0	49.8	0.6
12-3	1.27	3.6	4.6	0.0	2.0	65.8	21.0	16.8	49.0	0.6
01-1	1.27	3.9	4.9	0.0	2.0	69.5	22.9	18.3	51.2	0.6
01-2	1.27	3.9	4.9	0.0	2.0	69.5	24.0	19.2	50.3	0.6
01-3	1.23	3.9	4.8	0.0	2.0	67.9	23.6	18.9	49.1	0.6
02-1	1.18	3.9	4.5	0.0	1.0	55.4	21.7	17.4	38.1	0.4
02-2	1.14	3.9	4.4	0.0	0.0	43.9	21.3	17.1	26.8	0.3

Le besoin en eau moyen à l'échelle de l'aménagement est donné par la moyenne de ces besoins décennaux. Le tableau ci-dessous présente ces moyennes.

**Tableau 25 - Besoins en eau moyens à l'échelle de l'aménagement pour le riz 150j - Saison A**

Décade	Besoin en eau Net 24 h	
	mm/dec	l/s/ha
09-1	37.22	0.43
09-2	54.41	0.63
09-3	67.34	0.78
10-1	75.82	0.88
10-2	71.04	0.82
10-3	64.41	0.75
11-1	47.04	0.54
11-2	64.75	0.75
11-3	66.39	0.77
12-1	66.33	0.77
12-2	49.81	0.58
12-3	48.97	0.57
01-1	50.64	0.59
01-2	45.27	0.52
01-3	37.24	0.43
02-1	32.28	0.37
02-2	26.82	0.31

**6.3.1.2 Saison B**

Comme indiqué plus haut (en section 6.2.3.1), étant donné l'extension de l'aménagement, l'établissement des besoins en eau considère que le riz est mis en place sur 3 décades successives. Les tableaux suivants présentent les besoins nets pour chacune de ces décades, en année sèche.

**Tableau 26 - Besoins en eau nets pour le riz 150j - Saison B**

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h mm/dec   l/s/ha	
02-1	1.2	3.9	0.9	2.5	0.0	34.2	21.7	17.4	16.9	0.2
02-2	1.06	3.9	1.6	5.0	0.0	66.3	21.3	17.1	49.3	0.6
02-3	1.06	3.9	3.3	5.0	0.0	82.6	23.8	19.1	63.6	0.7
03-1	1.1	3.9	4.3	5.0	0.0	93.4	28.5	22.8	70.7	0.8
03-2	1.1	3.9	4.3	0.0	2.0	63.4	31.2	24.9	38.5	0.4
03-3	1.13	3.9	4.5	0.0	2.0	64.6	30.9	24.7	39.9	0.5
04-1	1.19	3.8	4.5	0.0	2.0	65.0	31.4	25.1	39.9	0.5
04-2	1.25	3.8	4.7	5.0	2.0	117.3	31.1	24.8	92.4	1.1
04-3	1.27	3.8	4.8	0.0	2.0	68.0	25.6	20.5	47.5	0.6
05-1	1.27	3.9	5.0	0.0	2.0	69.7	18.6	14.9	54.8	0.6
05-2	1.27	3.9	5.0	0.0	2.0	69.7	13.5	10.8	58.9	0.7
05-3	1.27	3.9	5.0	0.0	2.0	69.7	9.4	7.5	62.2	0.7
06-1	1.23	4.6	5.6	0.0	2.0	76.4	2.6	2.1	74.4	0.9
06-2	1.18	4.6	5.4	0.0	1.0	64.1	0.6	0.4	63.7	0.7
06-3	1.14	4.6	5.2	0.0	0.0	52.3	0.4	0.3	52.0	0.6

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h mm/dec   l/s/ha	
02-2	1.2	3.9	0.9	2.5	0.0	34.2	21.3	17.1	17.2	0.2
02-3	1.06	3.9	1.6	5.0	0.0	66.3	23.8	19.1	47.2	0.5
03-1	1.06	3.9	3.3	5.0	0.0	83.5	28.5	22.8	60.7	0.7
03-2	1.1	3.9	4.3	5.0	0.0	93.4	31.2	24.9	68.5	0.8
03-3	1.1	3.9	4.3	0.0	2.0	63.4	30.9	24.7	38.7	0.4
04-1	1.13	3.8	4.3	0.0	2.0	62.7	31.4	25.1	37.6	0.4
04-2	1.19	3.8	4.5	0.0	2.0	65.0	31.1	24.8	40.1	0.5
04-3	1.25	3.8	4.7	5.0	2.0	117.3	25.6	20.5	96.8	1.1
05-1	1.27	3.9	5.0	0.0	2.0	69.7	18.6	14.9	54.8	0.6
05-2	1.27	3.9	5.0	0.0	2.0	69.7	13.5	10.8	58.9	0.7
05-3	1.27	3.9	5.0	0.0	2.0	69.7	9.4	7.5	62.2	0.7
06-1	1.27	4.6	5.8	0.0	2.0	78.3	2.6	2.1	76.2	0.9
06-2	1.23	4.6	5.6	0.0	2.0	76.4	0.6	0.4	76.0	0.9
06-3	1.18	4.6	5.4	0.0	1.0	64.1	0.4	0.3	63.8	0.7
07-1	1.14	4.9	5.6	0.0	0.0	55.8	0.0	0.0	55.8	0.6

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h mm/dec   l/s/ha	
02-3	1.2	3.9	0.9	2.5	0.0	34.2	23.8	19.1	15.2	0.2
03-1	1.06	3.9	1.7	5.0	0.0	66.7	28.5	22.8	44.0	0.5
03-2	1.06	3.9	3.3	5.0	0.0	83.5	31.2	24.9	58.6	0.7
03-3	1.1	3.9	4.3	5.0	0.0	93.4	30.9	24.7	68.7	0.8
04-1	1.1	3.8	4.2	0.0	2.0	61.6	31.4	25.1	36.5	0.4
04-2	1.13	3.8	4.3	0.0	2.0	62.7	31.1	24.8	37.9	0.4

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
04-3	1.19	3.8	4.5	0.0	2.0	65.0	25.6	20.5	44.5	0.5
05-1	1.25	3.9	4.9	5.0	2.0	118.9	18.6	14.9	104.0	1.2
05-2	1.27	3.9	5.0	0.0	2.0	69.7	13.5	10.8	58.9	0.7
05-3	1.27	3.9	5.0	0.0	2.0	69.7	9.4	7.5	62.2	0.7
06-1	1.27	4.6	5.8	0.0	2.0	78.3	2.6	2.1	76.2	0.9
06-2	1.27	4.6	5.8	0.0	2.0	78.3	0.6	0.4	77.8	0.9
06-3	1.23	4.6	5.6	0.0	2.0	76.4	0.4	0.3	76.1	0.9
07-1	1.18	4.9	5.8	0.0	1.0	67.7	0.0	0.0	67.7	0.8
07-2	1.14	4.9	5.6	0.0	0.0	55.8	0.0	0.0	55.8	0.6

Le besoin en eau moyen à l'échelle de l'aménagement est donné par la moyenne de ces besoins décennaux. Le tableau ci-dessous présente ces moyennes.

**Tableau 27 - Besoins en eau moyens à l'échelle de l'aménagement pour le riz 150j - Saison B**

Décade	Besoin en eau Net 24 h	
	mm/dec	l/s/ha
02-1	16.86	0.20
02-2	33.21	0.38
02-3	41.99	0.49
03-1	58.45	0.68
03-2	55.18	0.64
03-3	49.12	0.57
04-1	38.01	0.44
04-2	56.80	0.66
04-3	62.94	0.73
05-1	71.24	0.82
05-2	58.87	0.68
05-3	62.18	0.72
06-1	75.58	0.87
06-2	72.48	0.84
06-3	63.98	0.74
07-1	61.77	0.71
07-2	55.79	0.65

### 6.3.2 Maïs

**Tableau 28 - Besoins en eau nets pour le maïs - saison A**

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
09-1	0.3	5.1	1.5	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	15.3	0.2
09-2	0.3	5.1	1.5	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	15.3	0.2
09-3	0.32	5.1	1.6	0.0	0.0	16.3	0.0	0.0	16.3	0.2
10-1	0.49	4.5	2.2	0.0	0.0	22.2	12.4	9.9	12.2	0.1
10-2	0.72	4.5	3.3	0.0	0.0	32.6	18.6	14.9	17.7	0.2
10-3	0.95	4.5	4.3	0.0	0.0	43.0	19.7	15.8	27.2	0.3
11-1	1.17	3.7	4.4	0.0	0.0	43.5	19.2	15.4	28.2	0.3
11-2	1.2	3.7	4.5	0.0	0.0	44.6	20.2	16.2	28.5	0.3
11-3	1.2	3.7	4.5	0.0	0.0	44.6	20.4	16.3	28.4	0.3
12-1	1.2	3.6	4.3	0.0	0.0	43.3	19.9	15.9	27.4	0.3
12-2	1.18	3.6	4.3	0.0	0.0	42.6	20.0	16.0	26.6	0.3

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
12-3	0.97	3.6	3.5	0.0	0.0	35.0	21.0	16.8	18.2	0.2
01-1	0.72	3.9	2.8	0.0	0.0	28.1	22.9	18.3	9.7	0.1
01-2	0.55	3.9	2.1	0.0	0.0	21.4	24.0	19.2	2.2	0.0

Tableau 29 - Besoins en eau nets pour le maïs - saison B

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
01-3	0.3	3.9	1.2	0.0	0.0	11.7	23.6	18.9	0.0	0.0
02-1	0.3	3.9	1.2	0.0	0.0	11.6	21.7	17.4	0.0	0.0
02-2	0.32	3.9	1.2	0.0	0.0	12.3	21.3	17.1	0.0	0.0
02-3	0.49	3.9	1.9	0.0	0.0	18.9	23.8	19.1	0.0	0.0
03-1	0.72	3.9	2.8	0.0	0.0	28.4	28.5	22.8	5.7	0.1
03-2	0.95	3.9	3.8	0.0	0.0	37.5	31.2	24.9	12.6	0.1
03-3	1.17	3.9	4.6	0.0	0.0	46.2	30.9	24.7	21.5	0.2
04-1	1.2	3.8	4.5	0.0	0.0	45.4	31.4	25.1	20.3	0.2
04-2	1.2	3.8	4.5	0.0	0.0	45.4	31.1	24.8	20.5	0.2
04-3	1.2	3.8	4.5	0.0	0.0	45.4	25.6	20.5	24.9	0.3
05-1	1.18	3.9	4.6	0.0	0.0	46.2	18.6	14.9	31.3	0.4
05-2	0.97	3.9	3.8	0.0	0.0	38.0	13.5	10.8	27.1	0.3
05-3	0.72	3.9	2.8	0.0	0.0	28.2	9.4	7.5	20.7	0.2
06-1	0.55	4.6	2.5	0.0	0.0	25.2	2.6	2.1	23.2	0.3

### 6.3.3 Maraîchage

Tableau 30 - Besoins en eau nets pour le maraîchage - saison A

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
09-3	0.7	5.1	3.6	0.0	0.0	35.7	0.0	0.0	35.7	0.4
10-1	0.7	4.5	3.2	0.0	0.0	31.7	12.4	9.9	21.7	0.3
10-2	0.76	4.5	3.4	0.0	0.0	34.4	18.6	14.9	19.5	0.2
10-3	0.88	4.5	4.0	0.0	0.0	39.8	19.7	15.8	24.0	0.3
11-1	1.01	3.7	3.8	0.0	0.0	37.6	19.2	15.4	22.2	0.3
11-2	1.1	3.7	4.1	0.0	0.0	40.9	20.2	16.2	24.7	0.3
11-3	1.1	3.7	4.1	0.0	0.0	40.9	20.4	16.3	24.6	0.3
12-1	1.1	3.6	4.0	0.0	0.0	39.7	19.9	15.9	23.8	0.3
12-2	1.07	3.6	3.9	0.0	0.0	38.6	20.0	16.0	22.6	0.3
12-3	1.02	3.6	3.7	0.0	0.0	36.8	21.0	16.8	20.0	0.2

Tableau 31 - Besoins en eau nets pour le maraîchage - saison B

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
01-3	0.7	3.9	2.7	0.0	0.0	27.3	23.6	18.9	8.4	0.1
02-1	0.7	3.9	2.7	0.0	0.0	27.0	21.7	17.4	9.6	0.1
02-2	0.76	3.9	2.9	0.0	0.0	29.3	21.3	17.1	12.2	0.1
02-3	0.88	3.9	3.4	0.0	0.0	33.9	23.8	19.1	14.8	0.2
03-1	1.01	3.9	4.0	0.0	0.0	39.9	28.5	22.8	17.1	0.2
03-2	1.1	3.9	4.3	0.0	0.0	43.4	31.2	24.9	18.5	0.2
03-3	1.1	3.9	4.3	0.0	0.0	43.4	30.9	24.7	18.7	0.2
04-1	1.1	3.8	4.2	0.0	0.0	41.6	31.4	25.1	16.5	0.2
04-2	1.07	3.8	4.0	0.0	0.0	40.4	31.1	24.8	15.6	0.2
04-3	1.02	3.8	3.9	0.0	0.0	38.6	25.6	20.5	18.1	0.2

**Tableau 32 - Besoins en eau nets pour le maraîchage - saison C**

Décade	Kc	ETo mm/j	ETc mm/j	Prep. mm/j	Percol mm/j	Bes. mm/dec	Pluie Dec mm/dec	Pluie Eff mm/dec	Besoin en eau Net 24 h	
									mm/dec	l/s/ha
06-1	0.7	4.6	3.2	0.0	0.0	32.1	2.6	2.1	30.0	0.3
06-2	0.7	4.6	3.2	0.0	0.0	32.1	0.6	0.4	31.7	0.4
06-3	0.76	4.6	3.5	0.0	0.0	34.9	0.4	0.3	34.6	0.4
07-1	0.88	4.9	4.3	0.0	0.0	43.1	0.0	0.0	43.1	0.5
07-2	1.01	4.9	4.9	0.0	0.0	49.4	0.0	0.0	49.4	0.6
07-3	1.1	4.9	5.4	0.0	0.0	53.8	0.0	0.0	53.8	0.6
08-1	1.1	5.1	5.6	0.0	0.0	56.2	0.0	0.0	56.2	0.7
08-2	1.1	5.1	5.6	0.0	0.0	56.2	0.0	0.0	56.2	0.7
08-3	1.07	5.1	5.5	0.0	0.0	54.7	0.0	0.0	54.7	0.6
09-1	1.02	5.1	5.2	0.0	0.0	52.0	0.0	0.0	52.0	0.6

#### 6.4 Calcul du besoin en eau brut

Les besoins en eau brut sont calculés à partir des besoins en eau nets auxquels sont appliqués un facteur d'efficacité du réseau. Ce facteur dépend du type d'irrigation appliqué et traduit l'efficacité du système. Au Burundi, on considère généralement que l'efficacité d'un réseau d'irrigation en riziculture est de 60%.

Le riz est caractérisé par un pic de demande qui, contrairement aux autres cultures, est lié à des opérations culturales (mise en boue, vidange/remplissage des casiers). Ce pic est centré sur une décade et la demande correspondante est très élevée par rapport à la demande physiologique de la culture.

Il importe de tenir compte au mieux de ce pic localisé sur une décade afin d'éviter un surdimensionnement important des infrastructures.

En effet, l'aménagement considéré ici est très étendu. A l'échelle de l'aménagement, il est illusoire de considérer que la mise en place de la riziculture se fera en une seule décade. L'expérience sur d'autres périmètres (périmètre de l'Imbo notamment) montre que cette mise en place est étalée sur au moins 3 décades.

C'est pourquoi, le calcul des besoins en eau bruts considère à la fois le besoin du riz installé durant la décade la plus contraignante (on parlera de besoin « à la parcelle ») mais également le besoin lissé du riz en considérant sa mise en place sur 3 décades (on parlera de besoin « au périmètre »).

Le tableau suivant présente les besoins en eau de pointe des principales cultures envisagées en saison A, B et C en vue de l'équipement des différentes parties du réseau.

**Tableau 33 - Besoins en eau de pointe des cultures – Synthèse**

Saison A	Culture	ETC mm	Pluie eff. mm	Année sèche		Eff. 60% Max. (l/s/ha)
				Bes. Irr.		
				Tot. (mm)	Max. (l/s/ha)	
	Riz 150 j "à la parcelle"	641.0	193.6	862.8	1.16	1.93
	Riz 150 j "au périmètre"	688.0	228.0	905.8	0.88	1.47
	Maïs	447.7	174.7	272.9	0.33	0.55
	Maraîchage	375.9	137.2	238.7	0.41	0.69
Saison B	Culture	ETC mm	Pluie eff. mm	Année sèche		Eff. 60% Max. (l/s/ha)
				Bes. Irr.		
				Tot. (mm)	Max. (l/s/ha)	
	Riz 150 j "à la parcelle"	666.9	197.9	884.0	1.20	2.01
	Riz 150 j "au périmètre"	721.0	232.3	934.5	0.87	1.46
	Maïs	440.2	250.5	207.7	0.36	0.60
	Maraîchage	364.7	215.2	149.5	0.22	0.36
Saison C	Culture	ETC mm	Pluie eff. mm	Année sèche		Eff. 60% Max. (l/s/ha)
				Bes. Irr.		
				Tot. (mm)	Max. (l/s/ha)	
	Maraîchage	464.5	2.8	461.7	0.65	1.08

## 6.5 Débit de dimensionnement

Le réseau de canaux proposé pour l'aménagement est hiérarchisé en 4 niveaux (voir section 8).

Plus un canal se trouve « haut » dans la hiérarchie et plus la superficie desservie par ce canal sera importante. A l'inverse, plus un canal se trouve « bas » dans la hiérarchie et plus la superficie desservie par celui-ci sera faible.

Dès lors, les canaux situés le plus bas dans la hiérarchie sont dimensionnés en considérant le besoin en eau du Riz 150 j « à la parcelle » en saison B. En effet, on considère que dans ce cas, la probabilité est importante que l'ensemble des parcelles desservies par ce canal adoptent un calendrier cultural identique. Le débit de dimensionnement considéré pour ces canaux est de **2.0 l/s/ha**.

Les canaux situés le plus haut dans la hiérarchie sont quant à eux dimensionnés en considérant le besoin en eau du Riz 150 j « au périmètre » en saison A/B. En effet, on considère que dans ce cas, la probabilité est faible que l'ensemble des parcelles desservies par ce canal adoptent le même calendrier cultural. Il y aura étalement de la mise en place du riz. Le débit de dimensionnement considéré pour ces canaux est de **1.45 l/s/ha**.

## 7 Principes généraux d'aménagement

### 7.1 Système d'irrigation

Le réseau d'irrigation est conçu pour être à la fois simple à utiliser, efficace dans l'emploi de l'eau, facile à entretenir et le moins cher possible au vu des autres conditions.

Les principales caractéristiques des réseaux d'irrigation qui répondent à ces prescriptions sont reprises ci-dessous.

- Des canaux tête morte revêtus desservant la totalité des zones aménagées.
- Des canaux primaires /secondaires en terre ou revêtus selon leur capacité et la qualité des terrains de fondation découpant l'intégralité de la zone aménagée sur base du maillage généré par les transversales du paysannat.
- Des canaux tertiaires et quaternaires en terre ou revêtus selon la qualité des terrains de fondation, placés à intervalles réguliers en fonction de la topographie et des spécificités des secteurs à irriguer, de façon à optimiser la distribution de l'eau d'irrigation.
- Des canaux modulaires faciles à transposer à d'autres situations, adaptés au débit à fournir et fonctionnant en tout ou rien pour renforcer leur efficacité et faciliter leur utilisation.
- Un ensemble d'ouvrages types de régulation et de distribution standardisés, réalisés principalement en maçonnerie de moellons faciles à construire et à réparer par des ressources disponibles localement, simples à utiliser et entretenir.

### 7.2 Découpage hydraulique et mode de distribution

Une **zone** correspond à l'ensemble de la superficie alimentée par un **canal primaire**. Elle regroupe un ensemble de blocs.

Chaque **bloc** d'une zone est alimenté par un **canal secondaire** spécifique à partir d'une prise construite sur le canal primaire dont il dépend.

Enfin, le **secteur** est la superficie alimentée par un **canal tertiaire**, à partir d'une prise construite sur le canal secondaire dont il dépend.

Le périmètre à irriguer est situé dans une zone de piémont à morphologie généralement large, entrecoupée par des pistes transversales parallèles le long desquelles des habitations sont construites. Les secteurs ont donc des surfaces variables en fonction de l'organisation du terroir et des particularités topographiques.

Le découpage en zones, blocs et secteurs est réalisé pour obtenir des entités à irriguer gérables par un nombre limité d'exploitants regroupés en associations d'usagers de l'eau (AUE).

Chaque secteur est divisé en **quartiers** hydrauliques irrigués par un **canal quaternaire** alimenté à partir du canal tertiaire (exceptionnellement un secondaire).

Les quartiers regroupent plusieurs **parcelles** alimentées à partir de quaternaires ou canaux arroseurs par une prise simplifiée TOR « tout ou rien » en PVC DN 110 dont le débit est de 12 l/s sous condition standard. Ensuite, l'eau se déverse de parcelle en parcelle jusqu'au drain collecteur qui rejoint le réseau de drainage.

Le découpage en quartier et l'implantation des arroseurs sont adaptés au cas par cas à la topographie et à la morphologie du secteur.

Pour assurer le fonctionnement des prises pour les arroseurs sur un canal d'irrigation, celles-ci sont regroupées par 3 ou un multiple de 3 selon la superficie du secteur à irriguer:

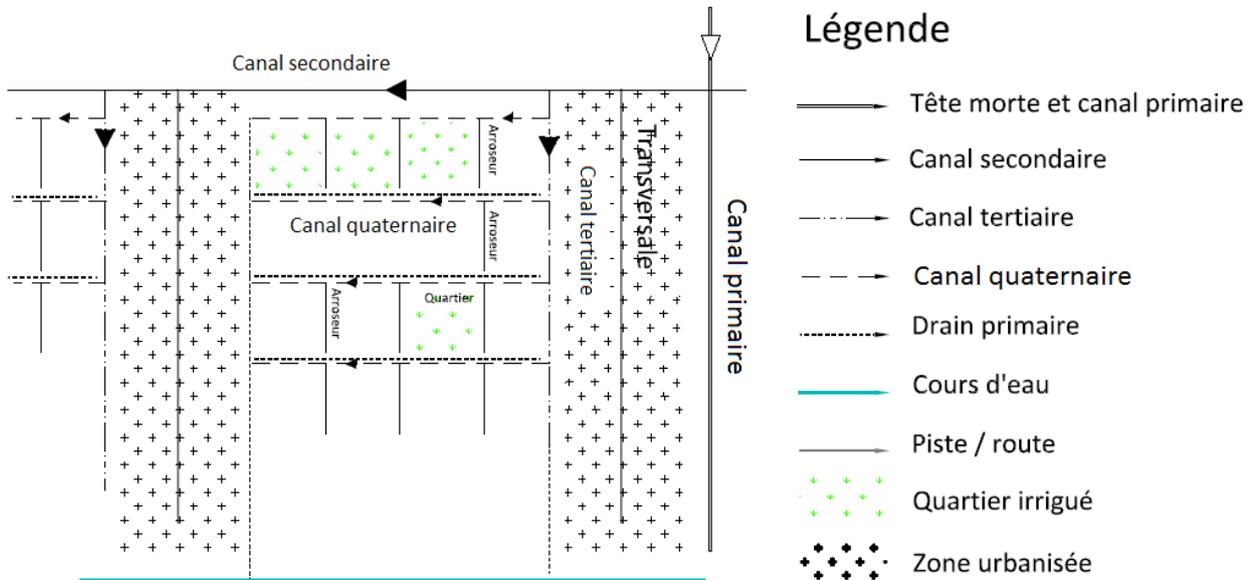
- Pour un canal 36 l/s: on irriguera par groupe de 3 prises pour arroseurs (3 x 12 l/s);
- Pour un canal de 72 l/s: ce sera 6 prises pour arroseurs (6 x 12 l/s) qui seront ouvertes en même temps;

- Pour un canal 108 l/s: ce sera 9 prises (9 x 12 l/s) et ainsi de suite...

Le drainage est assuré par un réseau de drains placés à l'intérieur des quartiers et des secteurs et conduisant au réseau hydrographique naturel le plus proche.

La figure ci-dessous présente le schéma de principe adopté pour le réseau d'irrigation.

**Figure 24 - Réseau d'irrigation et de drainage - Schéma de principe**



La distribution de l'eau d'irrigation est assurée à partir d'un ensemble de canaux et d'ouvrages qui constituent le réseau d'irrigation. De la ressource en eau jusqu'à la parcelle, on distingue :

- L'ouvrage de prise qui est un seuil de dérivation permettant de prélever l'eau d'irrigation dans la rivière Kaburantwa;
- Les canaux de tête morte (CTM) alimentés par la prise et qui conduisent l'eau jusqu'aux canaux primaires (CP);
- Les canaux primaires (CP) qui transportent l'eau d'irrigation vers des canaux secondaires (CS) en tête de chaque bloc à irriguer ;
- Les canaux tertiaires (CT) qui alimentent un secteur ;
- Les canaux quaternaires (CQ) qui alimentent les différents quartiers et délivrent l'eau aux arroseurs via des prises "TOR";
- Les arroseurs qui assurent l'irrigation des parcelles d'un quartier.

### 7.3 Dimensionnement des canaux

En général, le dimensionnement des canaux, qui porte essentiellement sur leur section (tirant d'eau «  $Y_u$  », largeur au plafond «  $b$  », la pente des berges «  $m$  » et la revanche «  $R$  »), repose sur l'hypothèse d'un écoulement permanent et uniforme. La formule de Manning-Strickler est utilisée pour les divers calculs (voir encadré ci-dessous).

Chaque quartier est irrigué par un canal arroseur, alimenté à partir d'un canal d'irrigation par une prise simplifiée TOR « tout ou rien ». Les canaux arroseurs sont dimensionnés pour un débit de 12 l/s. Théoriquement, un orifice de diamètre 110 mm, permet de délivrer un débit de 12 l/s sous une charge de 0.3 m d'eau. Un tuyau PVC 110 sera utilisé pour garantir le débit de 12 l/s dans l'arroseur. La charge est éventuellement obtenue par le placement d'un petit batardeau intégré dans la prise TOR sur le canal au moment de l'arrosage.

Le débit théorique des canaux d'irrigation est calculé en multipliant la superficie du quartier desservi par le débit fictif continu maximum défini par les besoins en eau des cultures majoré d'un coefficient de sécurité. Pour assurer le fonctionnement de groupes de 3, 6 ou 9 prises pour arroseurs, le débit de projet est fixé au multiple de 36 l/s (3 x 12 l/s) directement supérieur au débit théorique calculé.

Le débit des canaux principaux est la somme des débits respectifs des canaux d'irrigation qu'ils alimentent.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques des canaux et les débits théoriques et nominaux correspondant. La formule de Manning est appliquée.

$Q = SV$	Q : débit en m <sup>3</sup> /s
$S = Yu.B + Yu^2 m$	Yu : hauteur d'eau en m
$P = B + 2Yu\sqrt{1+m^2}$	b : largeur au fond en m
$R = \frac{S}{P}$	m : pente des berges en m/m
$V = (1/n)R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}}$ (Manning)	S : section d'écoulement en m <sup>2</sup>
	P : périmètre mouillé en m
	Rh : rayon hydraulique en m
	V : vitesse d'écoulement en m/s
	n : coefficient de rugosité
	I : pente en long du canal en m/m

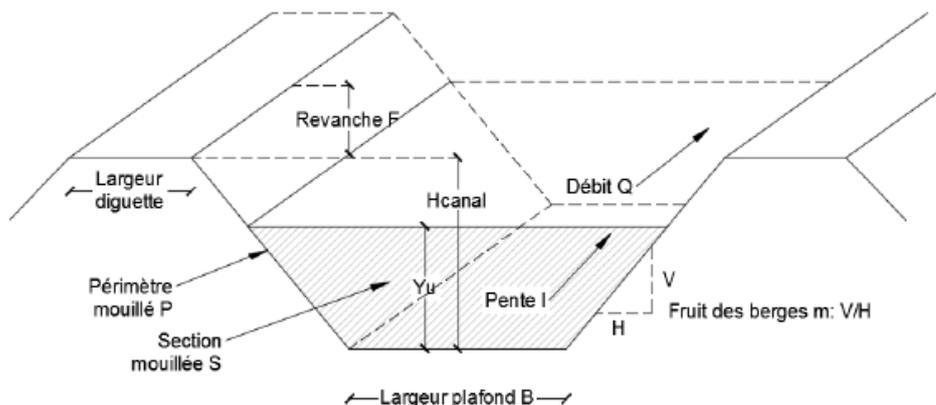


Figure 25 - Caractéristiques principales des canaux

Le coefficient de rugosité (n) est fonction du type de surface du canal : 0.033 pour un canal en terre, 0.025 pour un canal en maçonnerie de moellons.

Le gabarit des canaux d'irrigation est standardisé :

- Pour des petits canaux et les sols comportant une fraction argileuse importante, l'expérience montre qu'une pente de talus de 3V/2H est stable ;
- Une revanche de minimum 0.15 à 0.2 m et une diguette en remblai d'une largeur de 0.5 à 1m doivent être prévues en fonction du débit du canal.

Les vitesses maximales acceptables varient en fonction du type de sol :

- 0.3 à 0.7 m/s pour des sols sableux ;
- 0.5 à 0.7 m/s pour des limons sableux ;
- 0.6 à 0.9 m/s pour des limons argileux ;
- 0.9 à 1.5 m/s pour des sols argileux ;
- 2.5 m/s pour des canaux en maçonnerie de moellons.

Les tableaux ci-dessous présentent les caractéristiques principales des canaux en terre et des canaux revêtus en maçonnerie de moellons.

**Tableau 34 - Caractéristiques des canaux en terre (1/2)**

Paramètre			Unité	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	396	432	468	504	540	576	612	648	684	720	
Pente m/m	0,001	Débit	Q	m3/s	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,22	0,25	0,29	0,32	0,36	0,40	0,43	0,47	0,50	0,54	0,58	0,61	0,65	0,68	0,72
		Largeur au fond	b	m	0,50	0,50	0,65	0,65	0,75	0,75	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,95	0,95	0,95	0,95	1,05	1,05	1,10	1,10	1,10
	0,002	Revanche	R	m	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
		Fruit des talus v/h	it	m/m	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
	0,003	Largeur diguette	Ldig	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
		Coef. Manning	n	-	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
	0,004	Hauteur du canal	Hc	m	0,40	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85	0,85	0,85	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
		Hauteur d'eau	Yu	m	0,22	0,33	0,36	0,42	0,44	0,49	0,51	0,54	0,58	0,62	0,65	0,65	0,68	0,71	0,73	0,72	0,75	0,76	0,78	0,80
	0,001	Vitesse	Vu	m/s	0,26	0,31	0,34	0,37	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55
		Hauteur d'eau	Yu	m	0,18	0,27	0,29	0,35	0,36	0,41	0,41	0,45	0,48	0,51	0,54	0,53	0,56	0,58	0,60	0,59	0,62	0,62	0,64	0,66
	0,002	Vitesse	Vu	m/s	0,33	0,40	0,44	0,47	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,62	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71
		Hauteur d'eau	Yu	m	0,16	0,24	0,26	0,31	0,32	0,36	0,37	0,40	0,43	0,45	0,48	0,47	0,50	0,52	0,54	0,53	0,55	0,55	0,57	0,59
	0,003	Vitesse	Vu	m/s	0,38	0,46	0,51	0,55	0,58	0,52	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82
		Hauteur d'eau	Yu	m	0,14	0,22	0,24	0,28	0,30	0,36	0,34	0,36	0,39	0,42	0,44	0,43	0,46	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51	0,52	0,54
	0,004	Vitesse	Vu	m/s	0,42	0,51	0,56	0,61	0,64	0,61	0,69	0,72	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91

**Tableau 35 - Caractéristiques des canaux en terre (2/2)**

Paramètre			Unité	756	792	828	864	900	936	972	1008	1044	1080	1116	1152	1188	1224	1260	1296	1332	1368	
Pente m/m	0,001	Débit	Q	m3/s	0,76	0,79	0,83	0,86	0,90	0,94	0,97	1,01	1,04	1,08	1,12	1,15	1,19	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37
		Largeur au fond	b	m	1,10	1,10	1,10	1,20	1,20	1,20	1,20	1,30	1,30	1,30	1,30	1,40	1,40	1,40	1,50	1,50	1,50	1,50
	0,002	Revanche	R	m	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
		Fruit des talus v/h	it	m/m	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
	0,003	Largeur diguette	Ldig	m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Coef. Manning	n	-	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
	0,004	Hauteur du canal	Hc	m	1,00	1,05	1,10	1,10	1,10	1,10	1,15	1,20	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
		Hauteur d'eau	Yu	m	0,82	0,85	0,87	0,85	0,87	0,89	0,91	0,89	0,91	0,93	0,94	0,93	0,94	0,96	0,94	0,96	0,97	0,99
	0,001	Vitesse	Vu	m/s	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64
		Hauteur d'eau	Yu	m	0,68	0,70	0,71	0,70	0,72	0,73	0,75	0,73	0,75	0,76	0,78	0,76	0,77	0,79	0,77	0,78	0,80	0,81
	0,002	Vitesse	Vu	m/s	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83
		Hauteur d'eau	Yu	m	0,60	0,62	0,64	0,62	0,64	0,65	0,67	0,65	0,66	0,68	0,69	0,68	0,69	0,70	0,68	0,70	0,71	0,72
	0,003	Vitesse	Vu	m/s	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96
		Hauteur d'eau	Yu	m	0,56	0,57	0,59	0,57	0,59	0,60	0,61	0,60	0,61	0,62	0,64	0,62	0,63	0,64	0,63	0,64	0,65	0,66
	0,004	Vitesse	Vu	m/s	0,93	0,94	0,95	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,07

**Tableau 36 - Caractéristiques des canaux en maçonnerie de moellons (1/2)**

		Paramètre	Unité	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	396	432	468	504		
Pente m/m	0.0005	Largeur au fond	b	m	0.50	0.50	0.65	0.65	0.75	0.75	0.85	0.85	0.90	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	
		Fruit des talus	it	m/m	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
		Cavalier	L	m	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
		Manning	n	-	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
		Hauteur du canal	Hc	m	0.40	0.50	0.60	0.65	0.65	0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
		Ep. revêtement	e	m	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	0.001	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50
		Hauteur d'eau	Yu	m	0.27	0.42	0.45	0.55	0.57	0.64	0.65	0.70	0.73	0.75	0.80	0.81	0.86	0.90	0.90
		Revanche	R	m	0.13	0.08	0.15	0.10	0.08	0.11	0.10	0.15	0.12	0.10	0.15	0.14	0.14	0.10	0.10
	0.0015	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50
		Hauteur d'eau	Yu	m	0.21	0.34	0.36	0.43	0.45	0.51	0.51	0.56	0.58	0.60	0.63	0.65	0.68	0.72	0.72
		Revanche	R	m	0.19	0.16	0.24	0.22	0.20	0.24	0.24	0.29	0.27	0.25	0.32	0.30	0.32	0.28	0.28
	0.002	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50
		Hauteur d'eau	Yu	m	0.17	0.27	0.29	0.35	0.36	0.40	0.41	0.44	0.46	0.47	0.50	0.51	0.54	0.57	0.57
		Revanche	R	m	0.23	0.23	0.31	0.30	0.29	0.35	0.34	0.41	0.39	0.38	0.45	0.44	0.46	0.43	0.43
	0.0025	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50
		Hauteur d'eau	Yu	m	0.15	0.25	0.26	0.32	0.33	0.37	0.38	0.41	0.43	0.44	0.47	0.48	0.50	0.53	0.53
Revanche		R	m	0.25	0.25	0.34	0.33	0.32	0.38	0.37	0.44	0.42	0.41	0.48	0.47	0.50	0.47	0.47	
0.003	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50	
	Hauteur d'eau	Yu	m	0.14	0.23	0.25	0.30	0.31	0.35	0.36	0.39	0.40	0.41	0.44	0.45	0.47	0.50	0.50	
	Revanche	R	m	0.26	0.27	0.35	0.35	0.34	0.40	0.39	0.46	0.45	0.44	0.51	0.50	0.53	0.50	0.50	
0.0035	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50	
	Hauteur d'eau	Yu	m	0.14	0.22	0.24	0.29	0.30	0.34	0.34	0.37	0.38	0.39	0.42	0.43	0.45	0.47	0.47	
	Revanche	R	m	0.26	0.28	0.36	0.36	0.35	0.41	0.41	0.48	0.47	0.46	0.53	0.52	0.55	0.53	0.53	
0.004	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50	
	Hauteur d'eau	Yu	m	0.13	0.21	0.23	0.27	0.28	0.32	0.32	0.35	0.36	0.38	0.40	0.41	0.43	0.45	0.45	
	Revanche	R	m	0.27	0.29	0.37	0.38	0.37	0.43	0.43	0.50	0.49	0.47	0.55	0.54	0.57	0.55	0.55	
0.0045	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50	
	Hauteur d'eau	Yu	m	0.13	0.20	0.22	0.26	0.27	0.31	0.31	0.34	0.35	0.36	0.39	0.39	0.41	0.43	0.43	
	Revanche	R	m	0.27	0.30	0.38	0.39	0.38	0.44	0.44	0.51	0.50	0.49	0.56	0.56	0.59	0.57	0.57	
0.005	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50	
	Hauteur d'eau	Yu	m	0.12	0.20	0.21	0.25	0.26	0.30	0.30	0.33	0.34	0.35	0.37	0.38	0.40	0.42	0.42	
	Revanche	R	m	0.28	0.30	0.39	0.40	0.39	0.45	0.45	0.52	0.51	0.50	0.58	0.57	0.60	0.58	0.58	
0.008	Débit	Q	m³/s	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.50	0.50	
	Hauteur d'eau	Yu	m	0.11	0.17	0.18	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.29	0.30	0.32	0.32	0.34	0.36	0.36	
	Revanche	R	m	0.29	0.33	0.42	0.43	0.42	0.50	0.49	0.57	0.56	0.55	0.63	0.63	0.66	0.64	0.64	
		Vitesse	Vu	m/s	0.64	0.79	0.86	0.94	0.99	1.04	1.07	1.12	1.15	1.18	1.21	1.24	1.26	1.29	



La figure ci-dessous présente le profil type des canaux.

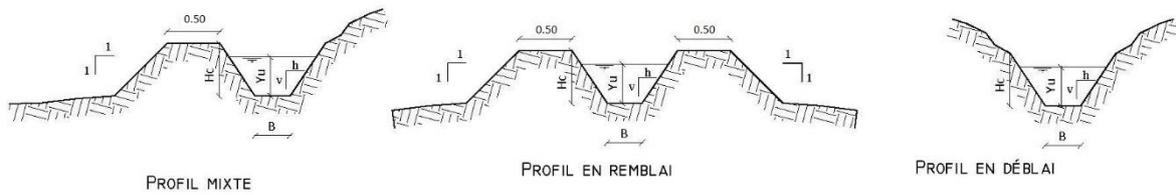


Figure 26 - Profil type des canaux d'irrigation

Les arroseurs ont une largeur de 0.3m en plafond et une profondeur de 0.35 m. Leur pente est adaptée au terrain, mais pour assurer un écoulement gravitaire une pente longitudinale située entre 0.5‰ et 2‰ devra être respectée autant que possible. Cette gamme de pente permet de garder une vitesse de l'eau inférieure à 0.75m/s pour un débit de 12l/s. Le profil type des arroseurs est présenté ci-dessous. La longueur maximale des arroseurs ne doit pas dépasser 300m dans la mesure du possible.

Tableau 38 - Vitesse en fonction de la pente dans les canaux arroseurs

Code	Dénomination	Unité	Valeurs						
			0.0005	0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05
ir	Pente longitudinale	m/m	0.0005	0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05
Q	Débit	l/s	12						
Yu	Hauteur uniforme	m	0.17	0.14	0.12	0.09	0.07	0.06	0.05
V	Vitesse	m/s	0.15	0.19	0.25	0.34	0.42	0.55	0.79

Les arroseurs sont implantés définitivement au moment de l'exécution des travaux le long des canaux d'irrigation ou à l'intérieur des quartiers hydrauliques de manière à dominer les parcelles et à respecter au mieux le parcellaire.

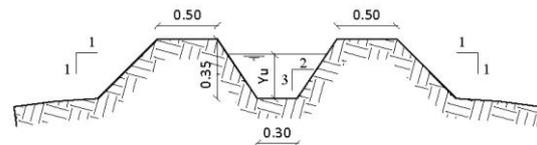


Figure 27 - Profil type des arroseurs

## 7.4 Réseau de drainage

Le réseau de drainage est constitué de drains de niveau inférieur, de drains collecteurs et du réseau hydrographique existant.

Les drains de niveau inférieur présentent un gabarit de 36 l/s, identique à un canal d'irrigation en déblais. Ils ont une section trapézoïdale: largeur au plafond de 0.5 m, profondeur maximum de 0.40 m et pente des talus de 2H/3V. Ils sont réalisés au moment de l'aménagement des parcelles. Ils assurent le drainage des parcelles et se déversent dans les drains collecteurs aménagés en bordure aval des quartiers.

Les drains collecteurs conduisent les eaux de drainage au réseau hydrographique existant en suivant un tracé le plus direct possible tout en respectant les contraintes topographiques. C'est pourquoi le réseau de drainage ne suit pas la même organisation que le réseau d'irrigation. En effet, un même drain collecteur peut récolter l'eau de plusieurs blocs.

Les drains collecteurs sont dimensionnés suivant les mêmes principes que les canaux d'irrigation : Le débit des drains principaux est la somme des débits respectifs des drains qu'ils collectent.

Les règles suivantes sont adoptées pour le dimensionnement des drains collecteurs:

- Le réseau de drainage doit permettre la vidange des casiers rizicoles - liée aux opérations culturales - dans un délai acceptable pour le périmètre dans son ensemble ;
- Le dimensionnement du réseau de drainage doit tenir compte de la probabilité que la vidange des casiers rizicoles survienne à un moment où les pluies sont les plus abondantes augmentant ainsi le volume d'eau à évacuer ;

- Les pluies les plus dommageables ne sont pas les averses exceptionnelles qui surviennent en début de saison des pluies : elles surviennent en début de cycle cultural, lorsque les casiers ne sont pas encore remplis et l'aménagement consomme beaucoup d'eau d'irrigation. Lorsqu'une telle averse survient, une partie de celle-ci sera consommée en remplacement de l'eau d'irrigation (remplissage des casiers). Le solde sera rejeté dans le réseau de drainage qui est encore peu sollicité. L'aménagement en lui-même a donc un pouvoir tampon par rapport à ce type d'averse.
- Les averses les plus critiques sont les averses de longue durée, en milieu de cycle cultural, lorsque les casiers sont déjà remplis, que le système consomme peu d'eau d'irrigation et que le réseau de drainage est déjà bien sollicité. Le pouvoir tampon de l'aménagement est alors nul. Si le réseau de drainage n'est pas dimensionné pour ces circonstances, on peut rapidement aboutir à une situation où le périmètre est complètement recouvert d'une lame d'eau difficile à évacuer. Le dimensionnement considère cette situation en supposant que l'ensemble de la précipitation décennale tombe en une journée.

Le calcul du débit de dimensionnement suppose que :

- La lame d'eau à évacuer lors de la vidange des casiers est de l'ordre de 100 mm ;
- La lame d'eau excédentaire (précipitation – besoin en eau de la culture) de la décennie la plus critique est de 50 mm.

Le débit de dimensionnement retenu est de 2 l/s/ha. Cette capacité permet d'assurer :

- Le drainage de l'eau de lame d'eau excédentaire (lame de 50 mm) : 3 jours
- La vidange des casiers rizicoles en conditions normale (lame d'eau de 100 mm) : 6 jours

Par ailleurs, les drains collecteurs sont des ouvrages en terre qu'il faut protéger des vitesses d'écoulement érosives. La vitesse d'écoulement de l'eau dans les drains ne devra pas dépasser 1.5 m/s. Les drains présentent les mêmes gabarits que les canaux d'irrigation et sont réalisés en déblais. Lorsque la pente du terrain naturel excède la gamme de pentes présentées aux Tableau 34 et Tableau 35, les drains collecteurs devront être équipés d'ouvrages de chute.

## **7.5 Pistes d'accès et de circulation**

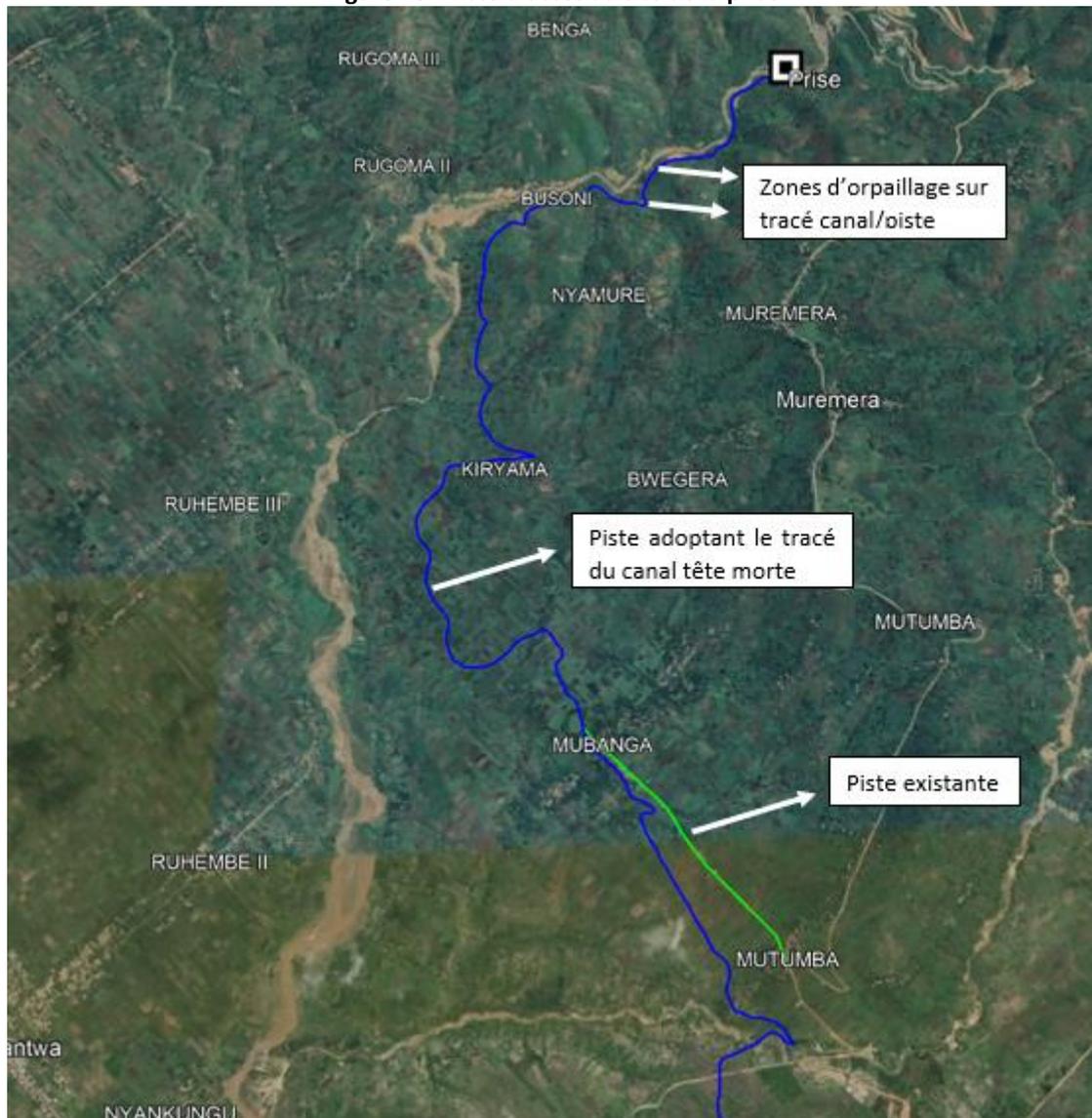
### **7.5.1 Piste d'accès à la prise**

Le diagnostic a montré que l'accès au site de prise par l'amont à partir de la centrale de Kaburantwa ou à partir du réseau de pistes existant était impossible étant donné la configuration du terrain.

La solution retenue consiste à construire une piste longeant le tracé du canal tête morte en rive gauche jusqu'au site de prise.

L'accès à cette piste se fait depuis la piste existante menant au site de chantier de la centrale KABU-16, juste après le franchissement de la Kansega. Il existe à ce niveau d'une piste praticable (en vert sur la figure ci-dessous) qui permet de rejoindre Mubanga (sur la transversale 2 de la trame 4). A partir de là, la piste rejoint le tracé du canal tête morte en rive gauche. Cette piste existante sera cependant réhabilitée sur toute sa longueur avec un reprofilage et une couche de latérite.

La nouvelle piste est donc réalisée le long du canal tête morte à partir de Mubanga (PM 5+900 du canal tête morte) jusqu'au site du dessableur. Le site de prise sera atteint à pied en suivant le canal d'amenée sur 250 m. En effet en amont du dessableur, la vallée devient très étroite avec des versants abruptes ne permettant pas la création d'une piste (coût et vulnérabilité).

**Figure 28 - Piste d'accès au site de la prise**

### 7.5.2 Réhabilitation des pistes transversales

L'accès aux différentes parties des aménagements est réalisé via le réseau de pistes transversales existantes. Il est donc nécessaire que ces pistes soient en bon état, du point de vue de la bande de roulement, du drainage et des ouvrages de franchissement.

Du fait du caractère rural des pistes et du faible trafic prévu :

- Il n'a pas été tenu compte de certains standards usuels tels que des rayons de courbure minimum verticaux et horizontaux. En effet, ce genre de considération nécessite de nombreux déblais-remblais qui sanctionnent très sensiblement le coût des pistes.
- La largeur de la bande de roulement a été limitée à 5 m avec une couche de roulement de 0.2 m.

Les travaux sur les pistes comprennent :

- La mise en forme de la plateforme sur 5 m de largeur : scarification, nettoyage, compactage et terrassement des fossés longitudinaux de 0.50 m de profondeur minimale en profil triangulaire ;
- Les remblais éventuels au profil défini ;

- Le compactage de la couche de roulement en remblai latéritique de 0.20 m d'épaisseur avec pente latérale de 5%.

Le Plan Type #102 présente le profil type des pistes transversales.

Une attention particulière a été portée sur le drainage qui est le principal point faible des pistes à réhabiliter. Le drainage de la piste se retrouve à 3 niveaux :

1. Le profil en toit de la piste permet d'évacuer rapidement les eaux de pluie vers les fossés latéraux. Les pentes transversales ont été fixées à 5% étant donné les pentes longitudinales des pistes.
2. Les fossés latéraux de forme triangulaire auront une profondeur de 0.5m. Ils sont conçus pour faciliter le travail à la niveleuse tout en assurant un drainage adéquat. Les pentes (v/h) sont fixées à 1/2 côté piste et à 2/1 côté talus. Pour des pentes longitudinales supérieures à 1%, les fossés sont convertis en caniveau rectangulaire (0.4 x 0.4 m) revêtu par un perré maçonné de 20 cm d'épaisseur.

Les fossés latéraux divergents d'une longueur de 10 m sont aménagés à intervalles réguliers (200 m) pour évacuer les eaux de drainage des pistes vers l'extérieur. Ces fossés latéraux sont surtout nécessaires dans les zones à forte pente sur les pistes transversales où le tracé de la piste est dans le sens de la pente. Le volume de déblai pour les fossés latéraux est fixé à 30 m<sup>3</sup>/km.

3. Les dalots pour le franchissement des canaux seront réalisés maçonnerie de moellons avec une hauteur/largeur standard de minimum de 0.6 m pour faciliter leur curage. Les murs de tête et murs en aile seront réalisés en maçonnerie de moellons.

Le passage sur les drains et les fossés seront réalisés via des buses en béton de 400 mm avec tête amont et aval en maçonnerie de moellons.

Lorsque la configuration du terrain ne se prête pas à un positionnement suffisamment profond de la buse, pour éviter ouvrages supplémentaires et des sur-profondeurs des fossés, des petits dos-d'âne seront aménagés au droit des dalots.

Les dalots et buses sont positionnés aux points bas et aux emplacements où il est nécessaire de collecter l'eau d'un fossé pour l'évacuer de l'autre côté de la piste, c'est-à-dire en fonction des caractéristiques topographiques ainsi que de la distance séparant deux changements de pente d'un même drain.

## 7.6 Ouvrages types

Les ouvrages du réseau d'irrigation et de drainage comprennent les ouvrages nécessaires au fonctionnement hydraulique des canaux ainsi que ceux nécessaires au franchissement des obstacles. Ces ouvrages sont pour la plupart des ouvrages types. Ils comprennent les prises de distribution et d'alimentation en eau, les chutes et coursiers, les partiteurs, les dalots, les aqueducs et les ouvrages de décharge.

Les ouvrages types liés à la circulation autour et dans l'aménagement (passerelles, dalots, ponts) sont présentés dans la deuxième section de ce chapitre qui traite de l'accès et de la circulation.

Des ouvrages particuliers sont prévus si leurs dimensions sortent des normes prévues pour les ouvrages types. Il s'agit notamment des ouvrages de mobilisation de la ressource en eau (prise, aqueducs, siphons). Ces ouvrages, leurs plans et les métrés correspondants sont présentés en détail dans le chapitre suivant relatif aux propositions d'aménagement.

Le tableau ci-après présente brièvement les différents ouvrages types et leur fonction. Les plans types de ces ouvrages sont présentés dans le cahier des plans. Les tableaux des cotes variables et les métrés détaillés de ces ouvrages seront présentés en APD.

*Note: Il est possible que certains ouvrages ne soient pas prévus dans le cadre du présent aménagement, ils sont néanmoins présentés pour mémoire et référence future.*

**Tableau 39 - Ouvrages types – Codes et description**

Ouvrage	Code	Fonction	N° de plan
Prise de distribution	PRDST	Dérive l'eau du canal de niveau supérieur vers le canal de niveau inférieur	PT 02
Prise d'alimentation	PRAL	Assure la distribution de l'eau à la parcelle à partir du canal d'irrigation (tertiaire ou quaternaire) via un arroseur	PT 03
Chute	CH	Permet de rattraper les différences de niveau entre le canal et le terrain naturel en fonction de la topographie	PT 05
Coursier	CS	Ouvrage placé en remplacement d'une succession de chutes pour rattraper une importante différence de niveau liée à une modification majeure de la topographie sur l'axe du canal	PT 06
Aqueduc	AQ	Permet à un canal de franchir un autre canal ou un drain	PT 08
Partiteur	PA	Permet de diviser le débit d'un canal vers deux canaux	PT 10
Décharge	DE	Permet la décharge d'un drain dans le réseau hydrographique ou un axe d'écoulement existant	PT 11
Dalot canal sous piste	DC	Dalot permettant à un canal de franchir une piste	PT 12
Dalot simple pour piste	DP	Dalot permettant l'évacuation des eaux de ruissellement d'une piste vers un fossé	PT 13
Passerelle piétonne	PP	Passerelle en béton armé pour franchissement de canaux et de drains collecteurs	PT 16
Gabarits de canaux	-	Gabarit des canaux	PT 101

### 7.6.1 Ouvrages du réseau d'irrigation et de drainage

#### 7.6.1.1 Prises de distribution (PRDST)

Ces ouvrages présentés au *Plan type #02*, sont construits en maçonnerie de moellons, placés sur un canal de niveau supérieur et destinés à alimenter un canal dérivé (de niveau inférieur).

Ils comprennent:

- Une prise équipée d'une vannette en acier avec système de relevage à tige filetée et voile en tôle de 5 mm contrôlant l'admission vers le canal secondaire/tertiaire;
- Un batardeau permettant la régulation du plan d'eau sur le canal primaire; le dispositif ne doit pas bloquer intégralement le débit sur le canal de niveau supérieur, la hauteur du batardeau est donc limitée à la hauteur  $Y_u$  du canal sur lequel il est placé (cf. caractéristiques des canaux) de manière à permettre un déversement;
- Une dalle en béton armé pour le franchissement du canal principal;
- De manière optionnelle, en fonction de la topographie, l'aval de l'ouvrage sur le canal de niveau supérieur et la sortie vers le canal dérivé peuvent être équipés d'une chute (voir ci-dessous) directement incorporée dans le corps de l'ouvrage.

#### 7.6.1.2 Prise d'alimentation en eau (PRAL)

Ces ouvrages, présentés dans le *Plan type #03*, sont constitués d'un tuyau en PVC type 110 PN6 placé horizontalement dans la berge, calé à 5 cm du fond du canal et ancré dans une tête amont et aval en maçonnerie de moellons.

Le débit qui transite au travers d'une prise est calculé à partir des formules ci-dessous :

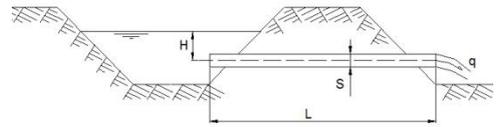
$$q=1000\mu S\sqrt{2gH}$$

$$\mu=\frac{1}{\sqrt{1,62+L\frac{\lambda}{D}}}$$

Avec :

- q : débit en l/s  
 μ : coefficient de débit  
 S : section d'écoulement en m<sup>2</sup>  
 H : charge sur la prise en m  
 L : longueur du tuyau en m  
 λ/D : coefficient lié à la rugosité

Figure 29 - Prise pour arroseur



Un système de batardeau est disposé dans l'axe du canal d'alimentation afin de permettre d'augmenter la charge hydraulique et le débit dérivé vers l'arroseur. L'admission de l'eau d'irrigation vers l'arroseur est contrôlée par une petite vannette métallique.

Les têtes amont et aval sont maintenues en place par un petit bloc de maçonnerie de moellons. Le tuyau dépasse de la maçonnerie de 5 cm à chaque extrémité. Le tuyau est fixé sur toute sa longueur dans un manchon de béton non armé de 0.30 x 0.30 m afin d'éviter tout acte de vandalisme.

Les ouvrages de prise pour arroseur peuvent être équipés ou non d'ouvrages de chute si la dénivellée du terrain le nécessite. Dans ce cas, le nombre de chute total à installer sur le canal peut être réparti en ouvrages de chutes simples qui peuvent être placés en fonction de la pente et en ouvrages de chutes joints aux ouvrages de prises. Le fait de joindre l'ouvrage de chute à l'ouvrage de prise permet de réduire le coût total des ouvrages mais implique que la position des chutes soit dictée par la position des arroseurs. Pour cette raison, il n'est pas recommandé de placer toutes les chutes sur les ouvrages de prise mais de laisser certaines chutes indépendantes à placer en fonction de la topographie.

### 7.6.1.3 Chutes sur canaux (CH)

Cet ouvrage est présenté au *Plan type #05*. La hauteur des chutes varie de 0.25 m à 1.00 m par pas de 0.25 m. Au-dessus de 1 m, ou si une succession de chutes rapprochée s'avère nécessaire, un coursier peut être plus intéressant à réaliser (voir ci-après). Les chutes peuvent servir de régulateur du plan d'eau et sont de ce fait batardables. Toutes les chutes sont équipées d'un seuil fixe de 0.10 m de hauteur pour améliorer le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage.

Les chutes sont des ouvrages en maçonnerie de moellons qui comprennent un seuil, deux parafouilles, un bassin de dissipation et une protection aval du canal par un revêtement de perré sec.

Les dimensions du bassin de dissipation sont calculées de manière à dissiper l'énergie générée par la chute et obtenir un écoulement uniforme à l'aval de l'ouvrage. Le dimensionnement de ces bassins est effectué sur base de d'une formule empiriques (SOGETMA, 1974) :

$$V = Qz/C$$

Avec :

V : le volume en m<sup>3</sup>

Z : la hauteur de la chute

Q : le débit en l/s

C : un coefficient qui prend la valeur de 150 lorsqu'il s'agit d'un bassin de dissipation et 50 pour un bassin tranquillisation.

### 7.6.1.4 Coursiers sur canaux (CS)

Ces ouvrages sont présentés au *Plan type #06*. Comme expliqué ci-dessus, il peut être plus économique de placer un coursier lorsque la dénivellée à rattraper dépasse 1.00 m et nécessite la réalisation d'une succession de chutes rapprochées.

Les coursiers sont dimensionnés sur le même principe que les chutes. Le fond du canal du coursier est réalisé en dent de scie de manière à limiter la vitesse d'écoulement à l'extrémité de l'ouvrage, dans le bassin de dissipation.

#### **7.6.1.5 Aqueduc (AQ)**

Ces ouvrages présentés dans le *Plan type #08* permettent de faire passer un canal au-dessus d'un autre canal, drain ou émissaire via un aqueduc dont la largeur est fonction du débit du canal "du dessous".

Ils comprennent une tête amont et une tête aval en maçonnerie de moellons avec parafeuilles. Un canal rectangulaire (canal "du dessus"), en béton armé posé sur des culées en maçonnerie de moellons, permet de passer sur le canal "du dessous".

De manière optionnelle une chute est placée à l'aval du canal "du dessus". Le dimensionnement de cette chute suit les principes présentés plus haut.

Ces ouvrages sont prévus pour des canaux dont le gabarit ne dépasse pas 252 l/s. Au-delà, des ouvrages particuliers sont spécifiquement dimensionnés. Ces ouvrages sont présentés dans le cahier des plans au PT-08.1.

#### **7.6.1.6 Partiteur (PA)**

Ces ouvrages présentés dans le *Plan type #06* permettent de diviser continuellement et de manière proportionnelle le débit d'un canal vers deux canaux dérivés. Ils sont construits en maçonnerie de moellons et constitués d'un parafeuille amont et aval et de deux têtes aval vers les canaux dérivés. Un seuil fixe dans lequel est ancrée une tôle en acier assure le partage des débits. La cote et les dimensions du seuil sont calées de manière à créer un écoulement critique.

L'ouvrage comporte souvent une chute sur une des branches. Le dimensionnement de cette chute suit les principes présentés plus haut.

#### **7.6.1.7 Décharge (DE)**

Afin de protéger les berges des rivières et axes d'écoulement dans lesquelles se déversent les drains, un aménagement de protection en vétiver est prévu à ces endroits particuliers. L'aménagement de protection consiste en la plantation de vétiver sur la surface à protéger (densité 0.15m par 0.25m). Si un phénomène d'érosion est déjà observable, le vétiver peut être renforcé par des plants de bambou.

Si la pente longitudinale de l'émissaire est supérieure à 1%, une fascine doit être mise en place dans le lit mineur à intervalle de 25 m.

Lorsque la dénivelée est trop importante, cette solution basée sur la nature (NBS) peut être remplacée par un ouvrage en maçonnerie de moellons suivant le même principe que les coursiers. Il permet aux drains de se vidanger dans un canal ou un émissaire, sans occasionner une érosion dommageable des berges. Il est constitué d'une tête amont, d'une descente épousant la pente de la berge et d'une tête aval.

Suivant les conditions d'exécution, notamment la possibilité d'atteindre le fond du drain de vidange (cas des rivières), il sera éventuellement nécessaire de placer des gabions pour protéger et asseoir l'ouvrage. Dans ce cas, un soin particulier sera donné à l'exécution des gabions et à leur fondation.

Cet ouvrage est présenté au plan *type #11*.

### **7.6.2 Ouvrages du réseau de circulation**

#### **7.6.2.1 Dalots pour passage des pistes sur les canaux (DC)**

Ces ouvrages sont présentés au *Plan type #12*. Ils comprennent une tête amont et une tête aval, une dalle en béton armé et des murs en maçonnerie de moellons avec parafeuilles. La dalle supérieure est composée de dalles préfabriquées en béton armé reliées entre elles par des armatures et recouvertes d'une couche de béton de 0.06 m.

Lorsque cela est nécessaire, deux aqueducs de colature (CO) sont placés de part et d'autre du dalot pour permettre aux eaux de ruissellement canalisées par les fossés des pistes de passer au-dessus des canaux.

### **7.6.2.2 Dalots simples sur piste (DP)**

Ces ouvrages sont présentés au *Plan type #13*. Ils sont construits à intervalles réguliers sur les pistes d'accès pour évacuer les eaux de ruissellement des fossés vers un drain ou pour passer un petit cours d'eau latéral temporaire. Ces ouvrages sont conçus et construits de manière similaire aux dalots permettant aux pistes de franchir les canaux. Ils comprennent une tête amont et une tête aval, une dalle et des murs en maçonnerie de moellons avec parafouilles. La dalle supérieure est réalisée en béton armé. La largeur du dalot est fixée à 1.0 ou à 1.8 m.

### **7.6.2.3 Passerelles piétonnes (PP)**

Les passerelles piétonnes sont présentées au *Plan type #16*. Le franchissement des canaux et des drains collecteurs par les piétons est assuré par la mise en place d'une dalle de béton armé de 0.90 m de large ancrée dans des murs de maçonnerie de moellons.

Une passerelle est placée systématiquement lorsque des pistes piétonnes croisent les canaux et les drains collecteurs principaux. Des passerelles sont en outre placées en moyenne tous les 500 m sur les canaux et les drains collecteurs principaux. Leur implantation exacte sera déterminée avec les associations d'usagers.

## **7.7 Entretien des infrastructures**

Les différents types d'entretiens, les rôles et responsabilités et l'organisation de l'entretien sont présentés dans les chapitres ci-dessous. Cependant, pour plus de détails concernant l'entretien des ouvrages, les interventions spécifiques etc. nous renvoyons au *Manuel d'entretien des aménagements hydroagricoles au Burundi*, produit dans le cadre du projet PAIOSA (Programme d'Appui Institutionnel et Opérationnel au Secteur Agricole) par SHER en 2017. Ce manuel existe en deux versions, une à destination des techniciens des DPAE et une plus simplifiée à destination des AUE.

Une fois l'aménagement opérationnel, l'entretien des structures est un élément majeur pour garantir le bon fonctionnement et la durée de vie de l'aménagement. Si l'entretien n'est pas réalisé correctement :

- la quantité d'eau disponible pour l'irrigation diminue ;
- l'eau d'irrigation ne circule plus comme initialement ;
- il y a des risques d'arrêt de l'irrigation si un ouvrage est détruit ;
- le temps d'irrigation augmente et les paysans commencent à se plaindre par rapport aux quantités d'eau reçues ;
- les ouvrages durent moins longtemps et il faut les réhabiliter plus souvent ;
- les rendements des cultures baissent, car elles manquent d'eau ;
- les dépenses pour remettre en état le réseau sont plus importantes ;
- des conflits apparaissent entre exploitants ;
- les redevances eaux ne sont pas payées ;
- l'AUE perd de son autorité ;
- les problèmes ne font que s'aggraver.

Par contre, si l'entretien est réalisé correctement :

- les ouvrages restent en bon état, il y a moins de risque d'arrêt de l'irrigation ;
- chaque exploitant reçoit la quantité d'eau prévue, pour la durée prévue et au moment prévu ;
- les redevances sont collectées plus facilement ;
- les rendements des cultures sont meilleurs ;
- les dépenses pour l'entretien sont réduites et réparties chaque année ;
- un bon climat social s'installe entre les exploitants.

### 7.7.1 Différents types d'entretien

Les opérations d'entretien correspondent aux inspections et à la réparation régulière des infrastructures de manière à ce qu'elles restent en bon état de fonctionnement pour de nombreuses années. Il s'agit par exemple du curage et du faucardage des canaux et des drains, de la recharge des diguettes des canaux, de l'entretien des talus à l'amont et à l'aval des ouvrages de prise ou des chutes, de l'entretien des pistes piétonnières internes, etc.

Il ne faut pas confondre l'entretien courant/périodique et l'amélioration ou la réhabilitation des infrastructures (entretien structurant et détériorations liées aux catastrophes naturelles). Ces dernières correspondent à des travaux importants qui nécessitent des budgets importants, elles sont réalisées après de nombreuses années et résultent d'un changement des conditions d'exploitation et/ou par l'usure normale des équipements.

Les objectifs d'un bon entretien sont d'assurer que le réseau d'irrigation et de drainage ainsi que les voies d'accès aux différentes parties de l'aménagement sont maintenus en bon état de manière à permettre un bon approvisionnement en eau, un bon drainage et un bon accès dans toutes les parties de l'aménagement.

Un bon entretien doit donc

- prévenir la détérioration des canaux, des drains et des ouvrages qui, s'ils ne sont pas bien entretenus, nécessiteront des travaux de réparation ou de remise en état de plus en plus coûteux ;
- réparer les dégâts qui apparaissent au cours de la saison d'irrigation.

Il est important de comprendre que la plupart des tâches liées à l'entretien courant sont des actions préventives, c.-à-d. des tâches qui permettent de résoudre des petits problèmes avant qu'ils ne deviennent trop importants et très coûteux.

Les interventions d'entretien sont classées en trois types d'action :

- l'entretien courant,
  - l'entretien saisonnier / périodique,
  - et l'entretien d'urgence.
- **L'entretien courant** est réalisé régulièrement au cours de la saison d'irrigation par les exploitants eux-mêmes sous la supervision du comité de l'AUE, à travers ses aiguadiers, généralement sous forme de travaux collectifs.
- Il concerne des petits travaux sur les canaux (par exemple boucher des trous dans les canaux, curage des bassins de dissipation, graissage des vannes). Il s'agit donc d'activités simples ne nécessitant pas de moyens onéreux, mais d'importance capitale pour le bon fonctionnement et la durabilité d'un système d'irrigation et de drainage.
- **L'entretien saisonnier / périodique** concerne les travaux d'entretien plus importants qui doivent être programmés une ou deux fois par an généralement entre deux saisons d'irrigation quand le réseau d'irrigation n'est pas utilisé. Il s'agit par exemple du curage / recalibrage des canaux, faucardage, réparation et peinture des vannes, etc., ainsi que le planage d'entretien.
- En plus de la participation des exploitants, il nécessite un budget pour acheter les matériaux de construction et le paiement éventuel de main-d'œuvre spécialisée (par exemple des maçons).
- **L'entretien d'urgence** concerne des travaux qui doivent être réalisés très rapidement suite à un événement exceptionnel afin d'assurer la continuation des activités d'irrigation / éviter des détériorations importantes.
- Il s'agit par exemple d'un éboulement de terrain qui bouche un canal, ou de l'érosion du lit et des berges de la rivière à la sortie du bassin de dissipation d'une prise de dérivation, etc. Ces activités

peuvent éventuellement nécessiter ponctuellement de la main-d'œuvre spécialisée ou l'intervention d'un appui technique externe.

### 7.7.2 Rôles et responsabilités

Les Associations des Usagers de l'Eau (AUE) ont un rôle central dans l'organisation de l'entretien. Elles prennent connaissance des problèmes éventuels grâce à leurs aiguadiers qui assurent la distribution de l'eau ou directement via les exploitants.

Les comités des AUE doivent être appuyés par le Technicien du Génie Rural de la DPAE pour les questions techniques et organisationnelles.

Les exploitants contribuent aux entretiens monétairement via la redevance eau et en nature via leur participation aux travaux communautaires.

Les AUE doivent :

- collecter les redevances eau pour financer les travaux, les activités d'exploitation et entretien du réseau et pour constituer un fonds de réserve pour l'entretien ;
- et mobiliser les exploitants du périmètre aménagé pour les travaux manuels d'entretien.
- Les AUE ont aussi la possibilité de :
  - recruter un technicien pour les appuyer dans la gestion du réseau, ou recruter un opérateur privé pour la gestion de l'eau et les travaux d'entretien (graissage des vannes, peinture des parties métalliques, etc.) ;
  - passer des marchés avec des entreprises pour les gros travaux.

Les statuts de l'AUE lui donnent donc la responsabilité d'organiser l'ensemble des opérations d'entretien du réseau.

Les travaux d'urgence doivent en général, être engagés très rapidement pour éviter des dégâts plus importants. Si l'intervention d'urgence ne demande pas de budget élevé, il n'est pas justifié de convoquer une assemblée générale des exploitants pour obtenir l'approbation des travaux. Il est donc important de définir un montant maximum des travaux d'urgence pour lequel le comité de l'AUE ne doit pas demander l'approbation de l'Assemblée générale.

Le tableau suivant présente les différents intervenants et leur rôle dans les opérations d'entretien.

**Tableau 40 - Intervenants et rôles dans les opérations d'entretien**

	Intervenant	Rôles dans les opérations d'entretien
Association des Usagers de l'Eau	Comité de l'AUE	Organise l'inspection régulière et les entretiens courants. Organise l'inspection saisonnière, prépare les plans et budgets d'entretien. Obtient l'approbation de l'AG sur les travaux et le budget. Assure la collecte et la bonne gestion des redevances. Organise et contrôle la réalisation des travaux d'entretien.
	Aiguadiers	Constatent les problèmes rencontrés par les exploitants sur les réseaux d'irrigation et informent le comité de l'AUE pour que ce dernier organise la mise en œuvre des mesures correctives. Sous la direction du comité de l'AUE, organisent et contrôlent les travaux. Participent à l'inspection régulière et saisonnière.
	Exploitants	Informent l'aiguadier dont ils dépendent des problèmes rencontrés. Participent aux travaux d'entretien qui nécessitent de la main-d'œuvre non qualifiée. Paient les redevances eau.
<b>Tâcherons</b>		Maçons, gabionneurs, etc.
<b>MINAGRIE - DPAE</b>	Technicien Génie Rural (DPAE)	Au nom de l'État, exerce son rôle régalien pour contrôler régulièrement le bon entretien et le bon fonctionnement des ouvrages d'irrigation et de drainage. Constata et évalue les dégâts éventuels sur les ouvrages après des événements exceptionnels. Participe à l'inspection saisonnière et appuie l'AUE pour la préparation des budgets et des modalités techniques pour exécuter les travaux prévus. Appuie l'AUE pour l'organisation et le contrôle des travaux d'entretien périodiques et d'urgence.

### 7.7.3 Organisation de l'entretien

Les trois étapes à suivre pour entretenir correctement le réseau sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 41 - Etapes à suivre lors de l'entretien**

<b>Inspections</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identification des travaux d'entretiens courants et périodiques</li> <li>▪ Constats de dégâts suite à des événements exceptionnels</li> </ul>
<b>Planification</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Description des travaux à réaliser – Définition des priorités</li> <li>▪ Estimation des quantités de matériaux et de main d'œuvre</li> <li>▪ Calcul du budget</li> <li>▪ Présentation et approbation en AG</li> </ul>
<b>Exécution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Organisation des travaux d'entretiens courants, périodiques et d'urgence</li> <li>▪ Contrôle de la qualité des matériaux et des travaux</li> </ul>

#### 7.7.3.1 Inspections

On distingue les inspections régulières, les inspections périodiques ou saisonnières et les inspections d'urgence. Les inspections doivent être menées de manière systématique. Il est conseillé d'utiliser un registre d'entretien pour noter systématiquement les problèmes rencontrés et les travaux réalisés au cours de la saison.

Les **inspections régulières** sont réalisées une fois par semaine pendant la période d'irrigation. L'aiguadier doit parcourir les différents canaux dont il a la responsabilité, de l'amont vers l'aval. Il notera la position des problèmes rencontrés : dégradations des diguettes, fuites, érosion autour des ouvrages hydrauliques, fonctionnement des vannes et vannettes, difficultés d'écoulement dans les canaux et tout autre problème qui doit être corrigé rapidement pour éviter des dégradations plus importantes.

L'aiguadier doit demander de l'aide d'un autre membre du comité de l'AUE ou du TGR s'il n'est pas sûr ou estime que certains problèmes dépassent sa compétence.

Les observations notées dans le registre d'entretien ou dans la fiche d'inspection serviront de base pour la planification des travaux. Il est donc important que les notes et les schémas soient clairs et précis.

Les **inspections périodiques ou saisonnières** sont réalisées par le comité de l'AUE, appuyé par les aiguadiers et le Technicien du Génie Rural. L'aménagement sera inspecté de l'amont vers l'aval en suivant les différentes parties du réseau.

Les inspections sont réalisées en fin de période d'irrigation, au moment où les activités agricoles sont réduites, mais quand le réseau est toujours en fonctionnement ce qui permet de détecter les problèmes.

Il faut être attentif de noter les problèmes et dégâts qui doivent être traités en priorité pour éviter qu'ils ne deviennent trop importants la saison suivante. Chaque problème doit être noté dans le registre d'entretien avec un petit schéma si nécessaire ou bien dans une fiche d'inspection.

Ces inspections doivent être réalisées suffisamment à l'avance pour avoir le temps de planifier et exécuter les travaux avant la prochaine saison culturale.

Les **inspections d'urgence** sont réalisées après un événement exceptionnel comme une grosse crue ou une très forte pluie. Il est important de juger si les dégâts doivent être réparés de façon permanente immédiatement ou si cela peut attendre en appliquant des mesures temporaires pour éviter des dégâts plus importants.

On peut par exemple utiliser immédiatement des sacs de sable et des fascines pour protéger les talus d'un ouvrage soumis à une forte érosion et prévoir de reconstruire le remblai et placer des gabions lors des travaux d'entretien ultérieurs.

### 7.7.3.2 Planification

La planification concerne les étapes suivantes :

- l'estimation des quantités des travaux ;
  - le calcul du budget ;
  - la vérification de la disponibilité des ressources nécessaires ;
  - la programmation réaliste des entretiens ;
  - la présentation et l'approbation de l'AG.

Le montant de la redevance n'est pas négociable à la baisse. Il peut cependant être révisé à la hausse pour augmenter la réserve pour les travaux d'urgence. Pour cela le comité de l'AUE doit prouver à l'Assemblée Générale que les dépenses pour ces entretiens sont plus importantes

#### e. Estimation des quantités de travaux

Le diagnostic réalisé pendant les inspections du réseau a permis de :

- recenser toutes les dégradations du réseau avec leurs caractéristiques ;
  - définir les priorités pour chacun de ces problèmes.

Sur cette base le comité de l'AUE appuyé par le TGR calculera les quantités de matériaux et de main-d'œuvre nécessaires pour chaque intervention. Le tableau suivant donne les besoins et les quantités généralement appliquées pour les travaux d'entretien courant.

**Tableau 42 - Besoins et quantités pour travaux d'entretien courant**

Travaux	Matériaux & Équipement	Main-d'œuvre	Quantité
Curage manuel	Pelles, pioches, brouettes, etc.	Pour 1 exploitant	1.5 m <sup>3</sup> /jour
Remblai compacté manuel	Pelles, pioches, brouettes, dames, arrosoir, etc.	Pour 1 exploitant	0.75 m <sup>3</sup> /jour
Faucardage	Machette	Pour 1 exploitant	50 m <sup>2</sup> /jour
Maçonnerie de moellons/ briques	Ciment, sable, moellons / briques, pelle, pioche et truelle, sceau, tamis, niveau de maçon, sacs en jute pour éviter le séchage trop rapide des travaux de réparations	Pour 1 maçon + 2 ouvriers	2 m <sup>3</sup> /jour
Bétonnage	Ciment, sable, gravier, pelle, pioche et truelle, sceau, tamis, sacs en jute pour éviter le séchage trop rapide des travaux de réparations	Pour 1 maçon + 2 ouvriers	1.5 m <sup>3</sup> /jour
Gabionnage	Moellons, cages, pince et tenaille	Pour 1 ouvrier expérimenté et 3 ouvriers	6 m <sup>3</sup> /jour
Fascinage	Pieux, branchages/ roseaux, machettes, masse, pelle	Pour 3 exploitants	6 m <sup>2</sup> /jour

#### ▪ Le budget de travaux

Il découle logiquement des quantités calculées et du coût unitaire des travaux et matériaux :

$$\text{Coût} = \text{quantités} \times \text{prix unitaires}$$

Les prix unitaires à connaître sont :

- le prix de la journée de travail pour les tâcherons et les ouvriers ;
- le prix des matériaux : ciment, sable, moellons, gabions, peinture antirouille, graisse, etc.

Le calcul d'un budget peut paraître difficile au début et nécessiter un appui du TGR. Afin de réduire le montant des redevances, il est bien sûr important d'utiliser en priorité la force de travail des exploitants pour tout ce qui concerne les travaux de curage, faucardage, etc.

Le budget total des travaux comprend :

- la somme de tous les travaux prévus ;
- une réserve pour les travaux imprévus.

Quand le budget est bouclé, le programme des entretiens doit être soigneusement préparé. Pour cela le comité de l'AUE devra préparer, avant l'AG, avec l'appui du TGR, un programme réaliste des travaux sur base des quantités calculées précédemment et le montant effectivement disponible pour les travaux d'entretien.

Le programme d'entretien doit définir :

- quand les travaux vont commencer et le délai maximum d'exécution ;
- combien de jours les exploitants seront mobilisés au titre de la contribution en nature,
- les besoins en main-d'œuvre qualifiée comme les maçons ou les gabionneurs.

Le programme doit être réaliste en termes de délais afin que le réseau soit en bon état de fonctionnement pour la prochaine saison d'irrigation. Pour cela il faut prévoir une marge de sécurité pour tenir compte des difficultés possibles de mobiliser les exploitants. Le budget et le programme des travaux d'entretien peuvent alors être présentés en Assemblée Générale. A cette occasion, les membres de l'AUE souhaiteront connaître :

- l'état des comptes,
- les travaux prévus et les priorités décidées,
- le budget et le programme des travaux,
- les contributions en nature attendues.

A cette occasion, il est important de rappeler les amendes et sanctions qui seront infligées à ceux qui ne participent pas !

Le budget total pour la prochaine saison, divisé par la superficie utile doit être inférieur ou égal à la redevance eau. La superficie utile de l'aménagement est égale à la somme des superficies recensées pour chaque exploitant de l'AUE.

La redevance eau doit permettre de couvrir

- les dépenses pour l'entretien ;
- les frais de gestion de l'AUE.

La redevance est définie par ha. Le montant à payer par chaque exploitant est fonction de la taille de sa parcelle. La redevance eau n'est pas négociable à la baisse. Un montant minimum est calculé pour l'aménagement. Si l'exposé des comptes de l'AUE montre que le budget de la saison précédente n'a pas été dépensé, il faut garder ces économies pour alimenter le fonds de réserve qui permet de faire face à des travaux d'urgence ultérieurs.

### **7.7.3.3 Exécution des travaux**

Le comité de l'AUE porte la pleine responsabilité de l'organisation de l'exécution des travaux d'entretien courant et périodique ainsi que des contrôles nécessaires pour s'assurer de la participation effective de tous les exploitants aux travaux, du respect du programme de travaux ainsi que de la qualité des matériaux et du travail réalisé.

En cas d'absentéisme, le comité de l'AUE devra prendre les sanctions nécessaires conformément au règlement de l'AUE - il sera appuyé au besoin par l'administration locale. Il est très important que les sanctions soient effectivement appliquées pour éviter une diminution progressive de la participation aux

travaux. Si un exploitant ne peut pas participer aux travaux, il peut se faire remplacer, mais les statuts de l'AUE doivent préciser l'âge minimal pour participer aux travaux d'entretien

#### **f. Travaux d'entretien courant**

Ces travaux sont organisés de manière régulière tout au long de la saison d'irrigation, selon un calendrier et un programme décidé en AG avant de commencer la saison d'irrigation.

La supervision et l'organisation sont généralement assurées par les aiguadiers de chaque secteur : ils mobilisent les exploitants, contrôlent leur présence et signalent au comité de l'AUE les absences.

Les travaux d'entretien courant sont identifiés lors des inspections régulières de l'aiguadier (appuyé éventuellement par le comité AUE et le TGR) et concernent principalement :

- le curage des ouvrages,
- le bouchage des trous, comblement des ravines,
- la réparation de gabions,
- le faucardage et l'enlèvement des débris qui bloquent les ouvrages, les canaux et les drains,
- le graissage et le nettoyage des vannes et vannettes.

L'aiguadier doit organiser les différents exploitants en groupe de travail et les répartir sur les sections de canaux et ouvrages qui nécessitent un entretien. Pour obtenir un avancement satisfaisant de l'entretien, le travail doit être défini "à la tâche" et non pas pour une durée (exemple 10 m de canal par exploitant).

#### ▪ **Travaux d'entretien périodique / saisonnier**

Sur base du programme de travaux périodiques qui a été décidé préalablement en AG (étape de planification) le comité de l'AUE doit :

- s'assurer que les aiguadiers mobilisent les exploitants du périmètre, contrôlent leur présence, désignent les travaux à réaliser ;
- engager la main-d'œuvre qualifiée et les tacherons pour les travaux de maçonnerie / bétonnage et de gabionnage.

Les travaux d'entretien périodiques s'opèrent aussi au niveau de la parcelle : restructuration des diguettes et planage pour la riziculture.

#### ▪ **Travaux d'entretien d'urgence**

Les réparations d'urgence doivent par définition être réalisées rapidement afin de rétablir l'approvisionnement en eau / éviter la destruction des ouvrages menacés. Il est donc important de définir préalablement en Assemblée Générale un montant maximum des travaux d'urgence pour lequel le comité de l'AUE ne doit pas demander l'approbation de l'Assemblée générale.

L'inspection des dégâts est réalisée par l'aiguadier (appuyé par le comité AUE et le TGR) et un budget est calculé sur base de la solution retenue.

Si l'intervention ne demande pas de budget élevé, il n'est pas justifié de convoquer une assemblée générale des exploitants pour obtenir l'approbation des travaux. Le comité de l'AUE libère les montants requis et organise la mobilisation des exploitants et si nécessaire de la main-d'œuvre spécialisée et des tacherons. Le budget annuel de l'AUE doit prévoir une réserve pour les travaux d'urgence. Il se peut cependant que le montant ne soit pas suffisant ou qu'il soit décidé de ne pas utiliser la totalité du fonds de réserve. Dans ce cas, une cotisation supplémentaire exceptionnelle (éventuellement en nature) des exploitants peut être nécessaire.

### **7.7.4 Points clés pour une bonne exécution des entretiens**

Il est important que les membres de l'AUE soient satisfaits de la manière dont les travaux d'entretien ont été réalisés.

L'exécution des activités d'entretien est spécifique à chaque aménagement et pourra sensiblement varier d'un site à l'autre. Les principes suivants doivent cependant être suivis :

- Une bonne programmation des travaux d'entretien est nécessaire, car le temps et les ressources financières pour l'exécution sont limités ;
- Il est nécessaire de bien contrôler les travaux pour s'assurer qu'ils sont réalisés dans les règles de l'art et que le programme d'exécution est respecté ;
- Tous les exploitants doivent contribuer aux travaux conformément aux décisions prises en AG, en payant la redevance eau et en participant aux travaux collectifs ; le non-respect doit entraîner des sanctions qui doivent être appliquées conformément au règlement de l'AUE ;
- Quand des travaux peuvent être réalisés par une main-d'œuvre non qualifiée, les exploitants s'engagent en priorité ;
- Si les travaux envisagés sont trop compliqués techniquement, il est conseillé d'avoir recours à des ressources extérieures compétentes ;
- La budgétisation, la programmation et l'exécution des travaux d'entretien doit être faite dans la transparence et de l'équité afin de maintenir un climat de confiance entre le comité et les membres de l'AUE.

## **8 Propositions d'aménagement**

### **8.1 Présentation de l'aménagement proposé**

#### **8.1.1 Organisation du réseau d'irrigation**

L'aménagement proposé permet l'irrigation de 2188 ha de parcelles agricoles auxquels s'ajoute une superficie de 124 ha correspondant aux jardins de cases et vergers situés dans les zones d'habitat le long des transversales (voir présentation du système des paysannats dans le rapport de diagnostic), soit une superficie totale irrigable de 2312 ha.

Ces superficies aménagées se répartissent de part et d'autre de la rivière Kaburantwa, depuis l'agglomération de Buganda, jusqu'à l'agglomération de Ndava.

Elles se répartissent également de part et d'autre de la route nationale RN5, depuis le piémont des collines de la crête Congo-Nil, jusqu'à la rivière Rusizi.

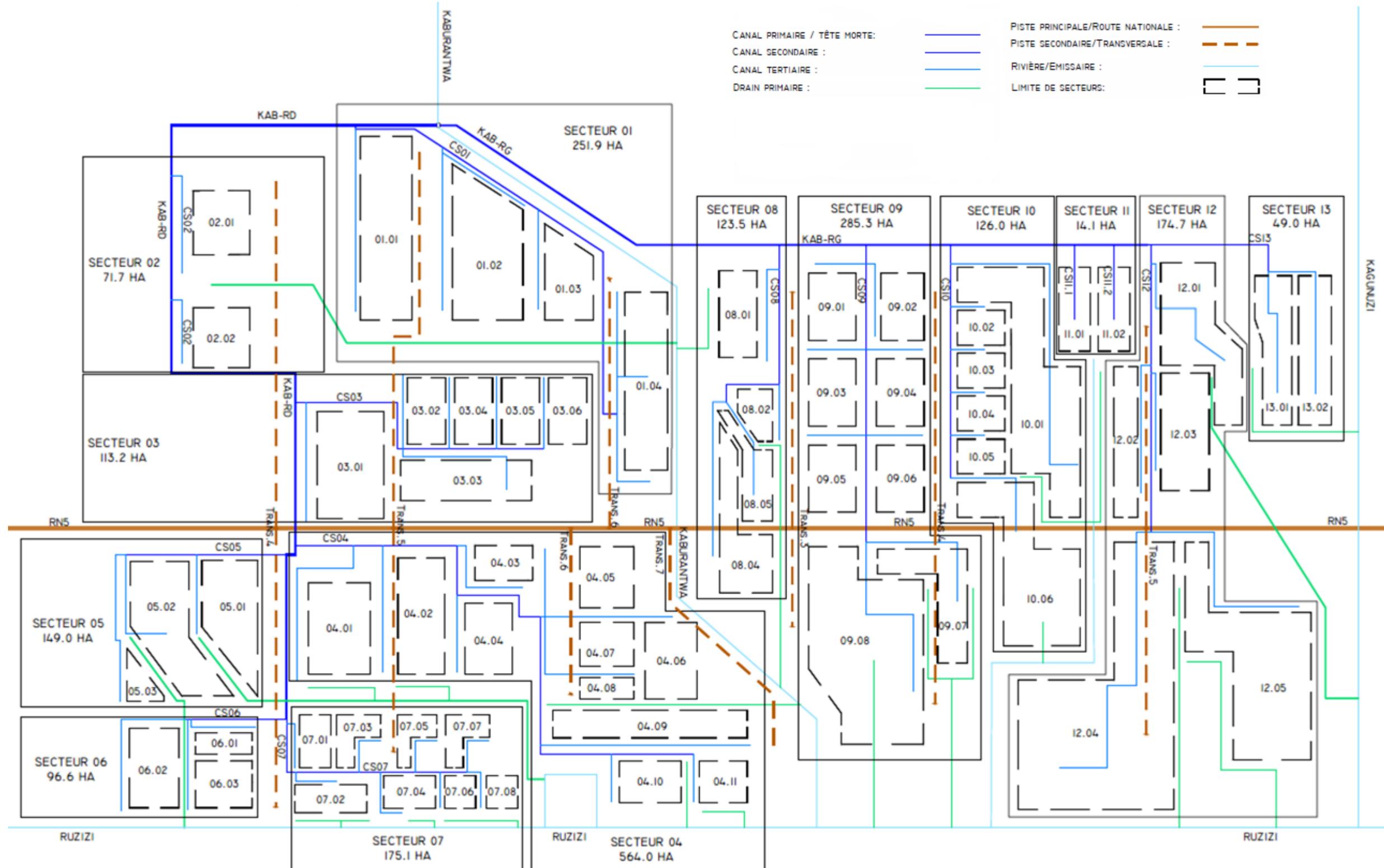
L'alimentation en eau de l'aménagement est assurée par une seule prise sur la Kaburantwa, située à environ 300 m en aval de la centrale KABU-16.

Les paragraphes qui suivent présentent l'aménagement proposé avant de donner le détail des superficies aménagées et de présenter le bilan hydrique de l'aménagement. Ce rapport est accompagné de deux vues d'ensemble au format A0 qui présentent l'ensemble de l'aménagement à l'échelle 1/10.000<sup>ème</sup>. Une présentation schématique de l'aménagement proposé est disponible à la page suivante.

De façon à rendre plus claire la présentation de l'aménagement, celle-ci est organisée en 3 sections se rapportant chacune à une partie de l'aménagement :

- Infrastructures pour la mobilisation de la ressource en eau : prise, canal d'amenée, dessableur, partiteur, canaux de tête morte en rives gauche et droite et infrastructures associées (drainage, franchissement de thalwegs, cours d'eau, vallées), piste d'accès ;
- Infrastructures pour la distribution de l'eau en rive gauche de la Kaburantwa : réseaux d'irrigation et de drainage ;
- Infrastructures pour la distribution de l'eau en rive droite de la Kaburantwa : réseaux d'irrigation et de drainage ;
- Réseau de circulation : réhabilitation des pistes transversales.

Figure 30 – Présentation schématique de l'aménagement proposé



### **8.1.1.1 Infrastructures pour la mobilisation de la ressource en eau**

L'étude diagnostic a présenté de façon détaillée l'ensemble des contraintes affectant le choix du site pour le seuil de dérivation : nécessité de placer la prise à une cote altimétrique suffisamment haute dans la vallée pour faciliter le franchissement de la Kansega, présence de la centrale KABU-16, présence de zones d'orpaillage, zones de glissement dans la partie haute de la vallée de la Kaburantwa.

Le site de prise retenu se situe à environ 300 m en aval de la centrale KABU-16, dans une partie où la vallée se rétrécit et le soubassement rocheux est affleurant, juste en aval d'une zone où les versants de la vallée ont été dégradés (érosion en rive gauche, orpaillage en rive droite).

La rive droite de la vallée, en aval immédiat du site de prise, présente une zone de glissement suivie de versants abrupts. Il est impossible d'y implanter un canal tête morte. C'est pourquoi, le seuil de dérivation comporte une prise unique implantée en rive gauche.

En 5.3.6 il a été montré que le transport solide de la Kaburantwa est important. Celui-ci ne sera pas atténué par le barrage de la centrale KABU-16. En effet, la conception de la centrale prévoit que le barrage est constitué de vannes segment qui seront ouvertes en grand lors des épisodes de crues pour purger les sédiments accumulés. Ces sédiments seront transportés progressivement vers la prise pour les réseaux d'irrigation. En période de crue, les vannes de purge du seuil de prise devront aussi être ouvertes en grand pour permettre le passage des sédiments.

En saison sèche, la majeure partie de l'écoulement qui alimentera l'aménagement provient de l'eau turbinée par la centrale. La présence de la centrale réduit donc l'apport en sédiments en saison sèche.

Ce dessableur sera implanté en rive gauche de la Kaburantwa, sur une terrasse alluviale en aval de la prise. Son alimentation se fait par un canal d'amenée de 210 m de long implanté sur un socle rocheux sur environ 60% de sa longueur, en pied de versants abrupts. Le canal est réalisé sous forme de dalot en béton armé sur 90 m en aval de la prise pour limiter le volume de déblais et assurer sa protection.

La figure ci-dessous présente l'emplacement des différentes infrastructures mentionnées dans les paragraphes qui précèdent.

A 100 m en aval du dessableur, le CTM se partage en deux branches :

- CTM-RG : en rive gauche, 7 320 m de long, amène l'eau à un siphon de 118 m de long sur la Kansega qui se prolonge par une section de 340 m de long en rive gauche de la Kansega avant d'arriver au périmètre irrigué « rive gauche » ;
- CTM-RD : en rive droite, après avoir franchi la Kaburantwa par un aqueduc de 51.5 m de long, le CTM a une longueur de 2 935 m et amène l'eau à un siphon de 773 m sur la Kabengwa pour l'irrigation des superficies en « rive droite ».

**Figure 31 – Environnement du site de dérivation et infrastructures annexes**

Les infrastructures de mobilisation de la ressource en eau sont donc constituées :

- D'ouvrages particuliers :
  - Un seuil de dérivation sur la Kaburantwa avec une prise en rive gauche;
  - Un dessableur;
  - Un partiteur ;
  - Un aqueduc pour le franchissement de la Kaburantwa par le CTM-RD ;
  - Un siphon inversé pour le franchissement de la Kagengwa par le CTM-RD ;
  - Un siphon inversé pour le franchissement de la Kasenga par le CTM-RG.
- De canaux :
  - Un canal d'amenée 5.95 m<sup>3</sup>/s partant du seuil de dérivation vers le partiteur en transitant par un dessableur;
  - Un canal tête morte 3.7 m<sup>3</sup>/s en rive droite ;
  - Un canal tête morte 2.3 m<sup>3</sup>/s en rive gauche.

#### **8.1.1.2 Infrastructures pour la distribution de l'eau en rive droite de la Kaburantwa**

Après avoir franchi la Kagengwa, le CTM-RD arrive à proximité de l'extrémité Nord-Est de la Transversale 4. C'est à cet endroit que débute la distribution de l'eau et le CTM-RD devient alors un canal primaire (CP-RD).

Le CP-RD progresse selon une direction globale Nord-Est/Sud-Ouest. Il franchit la RN5 à la limite sud de la localité de Buganda progresse selon une direction Nord-Ouest / Sud-Est et continue ensuite sa progression jusqu'à rejoindre les terrasses de la plaine de la Rusizi.

Dans sa partie amont, au Nord de la RN5, le CP-RD suit d'abord la topographie afin de dominer le plus de superficies possibles. Ceci l'amène à adopter un parcours en forme de S et à franchir deux fois la transversale 4.

Dans sa partie aval, au Sud de la RN5, le CP-RD progresse parallèlement à la Transversale 4.

Le CP-RD alimente les blocs de la rive droite sur 1421.6 ha à partir de 7 canaux secondaires qui eux-mêmes desservent 26 canaux tertiaires et 32 canaux quaternaires. Le tableau ci-dessous présente l'organisation de ce réseau.

**Tableau 43 – Inventaire des canaux de distribution en rive droite de la Kaburantwa**

Canaux			Canaux		
Secondaires	Tertiaires	Quaternaires	Secondaires	Tertiaires	Quaternaires
CS01	CT01.01	CQ01.01.01	CS04	CT04.07	CQ04.07.01
		CQ01.01.02			CQ04.07.02
		CQ01.01.03			CQ04.07.03
		CQ01.01.04			CQ04.07.04
		CQ01.01.05		-	
	CT01.02a	-		CT04.08	-
	CT01.02b	-		CT04.09	-
	CT01.03	CQ01.03.01		CQ04.09.01	
		CQ01.03.02		CQ04.09.02	
		CQ01.03.03		CQ04.10.01	
		CQ01.03.04		CQ04.10.02	
		CQ01.03.05		CQ04.10.03	
	CT01.04a	-		CT04.10	CQ04.10.04
CT01.04b	-	CT04.11	CQ04.11.01a		
CT01.04c	-		CQ04.11.01b		
CT02.01	-		CQ04.11.02		
	-		CQ04.11.03		
CT02.02	CQ02.02.01	CQ04.11.04			
	CQ02.02.02	CQ05.01.01			
	CQ02.02.03	CQ05.01.02			
	-	CQ05.01.03			
CS03	CT03.01	CQ03.01.01	CS05	CT05.01	-
		CQ03.01.02			CQ05.02.01
	CT03.02	-		CT05.02	CQ05.02.02
	CT03.03	-	CT05.03	-	
	CT03.04	-		-	
	CT03.05	-	CT06.01	-	
CT03.06	-	-			
CS04	CT04.01	CQ04.01.01	CS06	CT06.02	-
		CQ04.01.02			CQ06.02.01
		CQ04.01.03			CQ06.02.02
		CQ04.01.04		CQ06.02.03	
		CQ04.01.05		CQ06.03.01	
		CQ04.01.06		CQ06.03.02	
	CT04.02	CQ04.02.01	CT06.03	CQ06.03.03	
		CQ04.02.02		-	
		CQ04.02.03		-	
		CQ04.02.04	CT07.01	-	
		CQ04.02.05	CT07.02	-	
		CQ04.02.06	CT07.03	-	
	CT04.03	-	CT07.04	-	
	CT04.04	-		CQ07.04.01	
	CT04.05	CQ04.05.01	CQ07.04.02		
		CQ04.05.02	CT07.05	-	
	CT04.06	CQ04.06.01	CT07.06	CQ07.06.01	
		CQ04.06.02		CQ07.06.02	
		CQ07.06.03			
		CT07.07	-		
		CT07.08	CQ07.08.01		
			CQ07.08.02		

### 8.1.1.3 Infrastructures pour la distribution de l'eau en rive gauche de la Kaburantwa

Après avoir franchi la Kansega, le CTM-RG traverse une zone très érodée puis atteint la Transversale 3. C'est après la traversée de cette transversale que la distribution de l'eau débute. Le CTM-RG devient alors canal primaire (CP-RG). Il progresse selon une direction Nord-Ouest / Sud-Est en longeant le versant des collines de la crête Congo-Nil, en direction de la rivière Kagunuzi.

Le CP-RG alimente les blocs de la rive gauche sur 766.5 ha à partir de 6 canaux secondaires qui desservent 41 canaux tertiaires et finalement 64 canaux quaternaires. Le tableau ci-dessous présente l'organisation de ce réseau.

**Tableau 44 – Inventaire des canaux de distribution en rive gauche de la Kaburantwa**

Secondaires	Canaux		Secondaires	Canaux	
	Tertiaires	Quaternaires		Tertiaires	Quaternaires
CS08	CT08.01	CQ08.01.01	CS10	CT10.01	-
		CQ08.01.02		CT10.02	-
	CT08.02	CQ08.02.01		CT10.03	-
		CQ08.02.02		CT10.04	-
	-	-		CT10.05	-
CT08.03	-	CT10.06	-	-	
CT08.04	-		CQ10.06.01	CQ10.06.02	
CS09	CT09.01	CQ09.01.01	CS11.01	-	-
		CQ09.01.02	CS11.02	-	-
		CQ09.01.03		CT12.01	-
	CT09.02	-	CT12.02	-	
		CT09.03	CQ09.03.01	CT12.03	-
			CQ09.03.02		CQ12.03.01
	CQ09.03.03		CQ12.03.02		
	CT09.04	CQ09.04.01	CT12.04	-	
		CQ09.04.02		CT12.05a	-
		CQ09.04.03		-	
	CT09.05	CQ09.05.01	CT12.05b	-	
		CQ09.05.02		CQ12.05.01	
		CQ09.05.03		CQ12.05.02	
	CT09.06	CQ09.06.01	CT12.05.03	-	
	CT09.07	CQ09.07.01		CS13	CT13.01
	CT09.08	CT09.08a	CT13.01	-	
		CT09.08b		-	
		CQ09.08.01		-	
		CQ09.08.02		-	
		CQ09.08.02a		-	
CQ09.08.02b		-			
CQ09.08.03	-				

### 8.1.2 Synthèse des superficies aménagées

Le tableau suivant présente la répartition des superficies irriguées par canaux, jusqu'au niveau quaternaire.

Tableau 45 – Récapitulatif des superficies dominées par le réseau d'irrigation proposé

CP	Superficie dominée (ha)	CS	Superficie dominée (ha)	CT	Superficie dominée (ha)	CQ	Superficie quartier hydraulique (ha)	
KAB-RD	1421.6	CS01	251.93	CT01.01	109.95	CQ01.01.01	12.75	
						CQ01.01.02	22.26	
						CQ01.01.03	24.06	
						CQ01.01.04	24.09	
						CQ01.01.05	26.79	
				CT01.02a	12.92		12.92	
				CT01.02b	13.38		13.38	
				CT01.03	63.3	CQ01.03.01	12.33	
						CQ01.03.02	12.03	
						CQ01.03.03	12.07	
						CQ01.03.04	10.56	
						CQ01.03.05	16.31	
				CT01.04a	10.06		10.06	
				CT01.04b	20.75		20.75	
		CT01.04c	21.57		21.57			
		CS02	71.65	CT02.01	20.02			20.02
								17.94
				CT02.02	51.63	CQ02.02.01	9.15	
						CQ02.02.02	10.84	
						CQ02.02.03	13.7	
		CS03	113.23	CT03.01	21.54	CQ03.01.01	8.27	
						CQ03.01.02	13.27	
				CT03.02	27.06		27.06	
				CT03.03	11.92		11.92	
				CT03.04	22.25		22.25	
				CT03.05	15.13		15.13	
		CS04	564.07	CT04.01	145.69	CQ04.01.01	19.85	
						CQ04.01.02	24.08	
						CQ04.01.03	24.08	
						CQ04.01.04	24.09	
						CQ04.01.05	24.11	
						CQ04.01.06	29.48	
				CT04.02	87.3			2.96
						CQ04.02.01	9.53	
						CQ04.02.02	12.05	
						CQ04.02.03	11.87	
						CQ04.02.04	18.77	
						CQ04.02.05	15.18	
				CT04.03	10.14		10.14	
				CT04.04	42.78		42.78	
		CT04.05	24.03	CQ04.05.01	11.49			
CQ04.05.02	12.54							
CT04.06	36.38	CQ04.06.01	7.66					
		CQ04.06.02	28.72					
CT04.07	40.14	CQ04.07.01	11.93					
		CQ04.07.02	11.53					
		CQ04.07.03	8.79					
		CQ04.07.04	7.89					
CT04.08	26.62		26.62					
CT04.09	51.58		31.4					

CP	Superficie dominée (ha)	CS	Superficie dominée (ha)	CT	Superficie dominée (ha)	CQ	Superficie quartier hydraulique (ha)
				CT04.10	33.92	CQ04.09.01	9.8
						CQ04.09.02	10.38
						CQ04.10.01	4.5
						CQ04.10.02	9.2
						CQ04.10.03	9.2
						CQ04.10.04	11.02
				CT04.11	65.49	CQ04.11.01a	8.99
						CQ04.11.01b	23.22
						CQ04.11.02	16.81
						CQ04.11.03	11.46
						CQ04.11.04	5.01
		CS05	149.01	CT05.01	43.12	CQ05.01.01	12.12
						CQ05.01.02	12.17
						CQ05.01.03	18.83
				CT05.02	79.38	CQ05.02.01	11.8
						CQ05.02.02	13.16
							26.51
		CS06	96.64	CT06.01			2.68
							11.86
							3.59
				CT06.02	43.88	CQ06.02.01	12.79
						CQ06.02.02	13.57
						CQ06.02.03	13.93
				CT06.03	38.22	CQ06.03.01	12.17
						CQ06.03.02	12.16
						CQ06.03.03	13.89
		CS07	175.05	CT07.01			8.16
							17.57
							19.47
				CT07.04	27.94	CQ07.04.01	13.61
						CQ07.04.02	9.71
							4.62
CT07.05	16.54				16.54		
				CQ07.06.01	13.78		
				CQ07.06.02	13.58		
				CQ07.06.03	11.27		
CT07.06	38.63		13.66				
			33.08				
			33.08				
CT07.08		CQ07.08.01	14.48				
		CQ07.08.02	18.6				
KAB-RG	766.5	CS08	123.54	CT08.01	17.54	CQ08.01.01	5.97
						CQ08.01.02	11.57
				CT08.02	19.65	CQ08.02.01	11.18
						CQ08.02.02	5.38
				CT08.03	38.49		3.09
							38.49
		CT08.04	47.86	a	31.91		
				b	4.66		
				c	11.29		
		CS09	278.17	CT09.01	30.98	CQ09.01.01	9.12
						CQ09.01.02	10.04
						CQ09.01.03	11.82
CT09.02	13.45				13.45		

CP	Superficie dominée (ha)	CS	Superficie dominée (ha)	CT	Superficie dominée (ha)	CQ	Superficie quartier hydraulique (ha)			
				CT09.03	33.14	CQ09.03.01	9.99			
							CQ09.03.02	10.13		
							CQ09.03.03	13.02		
				CT09.04	30.18	CQ09.04.01	9.99			
							CQ09.04.02	10.13		
							CQ09.04.03	10.06		
				CT09.05	21.92	CQ09.05.01	7.74			
							CQ09.05.02	8.69		
							CQ09.05.03	5.49		
				CT09.06	5.6	CQ09.06.01	5.6			
				CT09.07	30.21		21.47			
							CQ09.07.01	8.74		
				CT09.08	112.69	CT09.08a	9.83			
							CT09.08b	13.39		
							CQ09.08.01	11.23		
							CQ09.08.02	3.22		
							CQ09.08.02a	42.7		
							CQ09.08.02b	12.42		
					CQ09.08.03	19.9				
		CS10	125.99	CT10.01	39.24	-	39.24			
						CT10.02	7.72	-	7.72	
						CT10.03	7.72	-	7.72	
						CT10.04	7.5	-	7.5	
						CT10.05	6.01	-	6.01	
						CT10.06	57.8	-	14.17	
						CQ10.06.01	32.86			
						CQ10.06.02	10.77			
		CS11.01	6.99			-	6.99			
		CS11.02	7.09			-	7.09			
		CS12	174.73	CT12.01	18.17	-	18.17			
						CT12.02	13.77	-	13.77	
								-	14.64	
						CT12.03	26.29		CQ12.03.01	6.45
									CQ12.03.02	5.2
						CT12.04	54.21	-	54.21	
						CT12.05a	10.6	-	10.6	
								-	4.47	
				CT12.05b	51.69		CQ12.05.01	20.7		
							CQ12.05.02	22.23		
							CQ12.05.03	4.29		
		CS13	49.97	-		-	9.11			
						CT13.01	19.79	-	19.79	
						CT13.01	21.07	-	21.07	

### 8.1.3 Bilan hydrique

La section 5.2 a présenté l'étude pédologique conduite sur la zone et montré qu'en terme d'aptitude, les sols sont globalement aptes à la riziculture.

La section 5.3.3 a présenté le régime hydrologique de la Kaburantwa en année sèche et en année moyenne. Elle a également mis en évidence l'influence de la centrale KABU-16 sur la variation du débit journalier, pour chaque mois de l'année.

La section 6.3 a présenté les besoins en eau nets des différentes cultures représentatives des cultures pratiquées dans la zone.

Enfin, la section précédente (8.1.2) présente le détail de l'ensemble des superficies aménagées.

L'ensemble de ces informations est combiné pour établir le bilan hydrique de l'aménagement. Celui-ci est établi pour les conditions suivantes :

- Situation la plus critique en termes de demande, à savoir une double riziculture pratiquée sur l'ensemble des superficies en année sèche ;
- Situation la plus critique en termes de disponibilité de la ressource, à savoir l'année sèche ;
- Mise en place de la riziculture étalée sur 3 décades à l'échelle du périmètre ;
- Efficience du réseau d'irrigation de 60 %.

Le tableau ci-dessous présente le résultat, décade par décade, du bilan hydrique de l'aménagement dans ces conditions.

Ce tableau montre que la décade la plus critique est la première décade du mois d'octobre. Toutefois, même pour cette décade, le volume des apports reste supérieur au volume des besoins du périmètre avec un excédent de  $2.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

**Tableau 46 – Bilan hydrique de l'aménagement proposé : année sèche / double riziculture**

Zone	Bloc	Débit requis max (l/s)	Débit requis (l/s)																	
			01-1	01-2	01-3	02-1	02-2	02-3	03-1	03-2	03-3	04-1	04-2	04-3	05-1	05-2	05-3	06-1	06-2	06-3
Rive droite	S01	364.8	243.6	217.8	179.2	130.6	149.5	202.0	281.2	265.5	236.3	182.9	125.1	147.6	175.9	283.2	299.1	363.6	348.7	307.8
	S02	105.7	70.6	63.1	51.9	37.8	43.3	58.6	81.5	76.9	68.5	53.0	36.3	42.8	51.0	82.1	86.7	105.4	101.1	89.2
	S03	163.9	109.5	97.9	80.5	58.7	67.2	90.8	126.4	119.3	106.2	82.2	56.2	66.3	79.0	127.3	134.4	163.4	156.7	138.3
	S04	816.7	545.5	487.6	401.1	292.4	334.8	452.4	629.7	594.4	529.2	409.4	280.1	330.5	393.8	634.2	669.8	814.2	780.8	689.2
	S05	215.8	144.1	128.8	106.0	77.2	88.5	119.5	166.3	157.0	139.8	108.2	74.0	87.3	104.0	167.5	176.9	215.1	206.3	182.1
	S06	139.9	93.5	83.5	68.7	50.1	57.4	77.5	107.9	101.8	90.7	70.1	48.0	56.6	67.5	108.7	114.7	139.5	133.8	118.1
	S07	253.5	169.3	151.3	124.5	90.7	103.9	140.4	195.4	184.5	164.2	127.1	86.9	102.6	122.2	196.8	207.9	252.7	242.3	213.9
Rive gauche	S08	178.9	119.5	106.8	87.9	64.0	73.3	99.1	137.9	130.2	115.9	89.7	61.3	72.4	86.2	138.9	146.7	178.3	171.0	150.9
	S09	402.8	269.0	240.5	197.8	144.2	165.1	223.1	310.5	293.1	261.0	201.9	138.1	163.0	194.2	312.8	330.3	401.5	385.1	339.9
	S10	182.4	121.8	108.9	89.6	65.3	74.8	101.0	140.6	132.8	118.2	91.5	62.6	73.8	88.0	141.7	149.6	181.9	174.4	153.9
	S11	20.4	13.6	12.2	10.0	7.3	8.4	11.3	15.7	14.8	13.2	10.2	7.0	8.3	9.8	15.8	16.7	20.3	19.5	17.2
	S12	253.0	169.0	151.0	124.3	90.6	103.7	140.1	195.1	184.1	163.9	126.8	86.8	102.4	122.0	196.5	207.5	252.2	241.9	213.5
	S13	72.4	48.3	43.2	35.5	25.9	29.7	40.1	55.8	52.7	46.9	36.3	24.8	29.3	34.9	56.2	59.3	72.1	69.2	61.1
Total [m³/s]			2.12	1.89	1.56	1.13	1.30	1.76	2.44	2.31	2.05	1.59	1.09	1.28	1.53	2.46	2.60	3.16	3.03	2.68
<b>Volume besoin [x1000 m³]</b>			<b>1 829</b>	<b>1 635</b>	<b>1 345</b>	<b>981</b>	<b>1 123</b>	<b>1 517</b>	<b>2 112</b>	<b>1 994</b>	<b>1 775</b>	<b>1 373</b>	<b>939</b>	<b>1 108</b>	<b>1 321</b>	<b>2 127</b>	<b>2 246</b>	<b>2 730</b>	<b>2 619</b>	<b>2 311</b>
Débit régulé [m³/s]	Tranche 8h-13h	7.80	7.90	8.27	8.63	9.00	8.63	8.27	7.90	8.57	9.23	9.90	9.93	9.97	10.00	9.47	8.93	8.40	7.80	
	Tranche 13h-18h	6.91	7.03	7.46	7.90	8.34	7.90	7.46	7.03	7.82	8.62	9.42	9.46	9.50	9.54	8.90	8.26	7.62	6.91	
	Tranche 18h-23h	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35	12.35
	Tranche 23h-8h	5.77	5.91	6.44	6.97	7.50	6.97	6.44	5.91	6.88	7.84	8.81	8.85	8.90	8.95	8.18	7.41	6.64	5.77	
<b>Volume apports [x1000 m³]</b>			<b>6 739</b>	<b>6 826</b>	<b>7 142</b>	<b>7 459</b>	<b>7 776</b>	<b>7 459</b>	<b>7 142</b>	<b>6 826</b>	<b>7 402</b>	<b>7 978</b>	<b>8 554</b>	<b>8 582</b>	<b>8 611</b>	<b>8 640</b>	<b>8 179</b>	<b>7 718</b>	<b>7 258</b>	<b>6 739</b>
<b>Bilan apports - besoins [x1000 m³]</b>			<b>4 910</b>	<b>5 190</b>	<b>5 797</b>	<b>6 479</b>	<b>6 653</b>	<b>5 942</b>	<b>5 031</b>	<b>4 832</b>	<b>5 627</b>	<b>6 604</b>	<b>7 614</b>	<b>7 474</b>	<b>7 291</b>	<b>6 513</b>	<b>5 933</b>	<b>4 988</b>	<b>4 639</b>	<b>4 428</b>

Zone	Bloc	Débit requis max (l/s)	Débit requis (l/s)																	
			07-1	07-2	07-3	08-1	08-2	08-3	09-1	09-2	09-3	10-1	10-2	10-3	11-1	11-2	11-3	12-1	12-2	12-3
Rive droite	S01	364.8	198.1	89.5	0.0	0.0	0.0	0.0	59.7	174.5	324.0	364.8	341.8	309.9	226.3	150.6	158.7	160.1	239.6	235.6
	S02	105.7	57.4	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	50.6	93.9	105.7	99.0	89.8	65.6	43.7	46.0	46.4	69.4	68.3
	S03	163.9	89.0	40.2	0.0	0.0	0.0	0.0	26.8	78.4	145.6	163.9	153.6	139.3	101.7	67.7	71.3	71.9	107.7	105.9
	S04	816.7	443.6	200.3	0.0	0.0	0.0	0.0	133.7	390.7	725.4	816.7	765.3	693.8	506.7	337.3	355.3	358.4	536.6	527.5
	S05	215.8	117.2	52.9	0.0	0.0	0.0	0.0	35.3	103.2	191.6	215.8	202.2	183.3	133.8	89.1	93.9	94.7	141.7	139.4
	S06	139.9	76.0	34.3	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	66.9	124.3	139.9	131.1	118.9	86.8	57.8	60.9	61.4	91.9	90.4
	S07	253.5	137.7	62.2	0.0	0.0	0.0	0.0	41.5	121.3	225.1	253.5	237.5	215.3	157.2	104.7	110.3	111.2	166.5	163.7
Rive gauche	S08	178.9	97.1	43.9	0.0	0.0	0.0	0.0	29.3	85.6	158.9	178.9	167.6	152.0	111.0	73.9	77.8	78.5	117.5	115.5
	S09	402.8	218.7	98.8	0.0	0.0	0.0	0.0	65.9	192.7	357.7	402.8	377.4	342.2	249.9	166.3	175.2	176.7	264.6	260.1
	S10	182.4	99.1	44.7	0.0	0.0	0.0	0.0	29.9	87.3	162.0	182.4	170.9	155.0	113.2	75.3	79.4	80.1	119.8	117.8
	S11	20.4	11.1	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	9.8	18.1	20.4	19.1	17.3	12.6	8.4	8.9	8.9	13.4	13.2
	S12	253.0	137.4	62.1	0.0	0.0	0.0	0.0	41.4	121.0	224.7	253.0	237.0	214.9	157.0	104.5	110.1	111.0	166.2	163.4
	S13	72.4	39.3	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8	34.6	64.3	72.4	67.8	61.5	44.9	29.9	31.5	31.7	47.5	46.7
Total [m³/s]			1.72	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	1.52	2.82	3.17	2.97	2.69	1.97	1.31	1.38	1.39	2.08	2.05
<b>Volume besoin [x1000 m³]</b>			<b>1 488</b>	<b>672</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>448</b>	<b>1 310</b>	<b>2 433</b>	<b>2 739</b>	<b>2 566</b>	<b>2 327</b>	<b>1 699</b>	<b>1 131</b>	<b>1 191</b>	<b>1 202</b>	<b>1 799</b>	<b>1 769</b>
Débit régulé [m³/s]	Tranche 8h-13h		7.20	6.60	6.27	5.93	5.60	5.50	5.40	5.30	5.43	5.57	5.70	6.13	6.57	7.00	7.20	7.40	7.60	7.70
	Tranche 13h-18h		6.26	5.74	5.45	5.16	4.87	4.78	4.69	4.61	4.72	4.84	4.95	5.33	5.71	6.08	6.26	6.43	6.67	6.79
	Tranche 18h-23h		12.00	11.00	10.44	9.89	9.33	9.17	9.00	8.83	9.06	9.28	9.50	10.22	10.94	11.67	12.00	12.33	12.35	12.35
	Tranche 23h-8h		5.06	4.64	4.40	4.17	3.93	3.86	3.79	3.72	3.82	3.91	4.00	4.31	4.61	4.92	5.06	5.20	5.48	5.62
<b>Volume apports [x1000 m³]</b>			<b>6 221</b>	<b>5 702</b>	<b>5 414</b>	<b>5 126</b>	<b>4 838</b>	<b>4 752</b>	<b>4 666</b>	<b>4 579</b>	<b>4 694</b>	<b>4 810</b>	<b>4 925</b>	<b>5 299</b>	<b>5 674</b>	<b>6 048</b>	<b>6 221</b>	<b>6 394</b>	<b>6 566</b>	<b>6 653</b>
<b>Bilan apports - besoins [x1000 m³]</b>			<b>4 733</b>	<b>5 031</b>	<b>5 414</b>	<b>5 126</b>	<b>4 838</b>	<b>4 752</b>	<b>4 217</b>	<b>3 269</b>	<b>2 262</b>	<b>2 071</b>	<b>2 358</b>	<b>2 972</b>	<b>3 974</b>	<b>4 917</b>	<b>5 029</b>	<b>5 192</b>	<b>4 767</b>	<b>4 884</b>

#### 8.1.4 Débits d'équipement

La section 6.4 a montré que le débit de pointe « à la parcelle » est de 2 l/s/ha.

La section 7.3 a présenté les principes de dimensionnement des canaux et notamment, le fait que les prises pour arroseur sont dimensionnées pour délivrer un débit de 12 l/s (main d'eau). Une prise pour arroseur délivre le débit nécessaire à l'irrigation d'une superficie de 6 ha de riziculture.

Ces prises sont prévues pour fonctionner par groupe de 3. Le débit de projet des canaux qui alimentent ces prises pour arroseur est donc fixé au multiple de 36 l/s (18 ha) directement supérieur au débit théorique calculé.

Cette approche permet de standardiser les débits d'équipement et par conséquent les gabarits de canaux et les ouvrages de distribution. Elle est indispensable à la bonne exécution des travaux d'aménagement.

Néanmoins, cette standardisation conduit à un surdimensionnement inévitable des infrastructures lorsque la superficie desservie par un canal arroseur est inférieure à 6 ha. Ces surdimensionnements s'additionnent en remontant dans la hiérarchie des canaux. En conséquence, la consommation d'eau réelle de l'aménagement serait plus importante que la consommation théorique présentée dans la section précédente basée sur le débit fictif continu (donc non standardisé). Ce phénomène est d'autant plus important que l'aménagement est étendu et alimenté par un réseau d'irrigation ramifié comportant de nombreux canaux.

A contrario, plus le périmètre est étendu, moins il est probable que la campagne rizicole soit lancée simultanément (durant la même décennie) sur l'ensemble des superficies. Elle sera logiquement étalée sur plusieurs décades, ce qui conduit à un lissage du besoin de pointe du périmètre et justifie l'introduction de la notion de besoins de pointe « à la parcelle » et « au périmètre » discutée en 6.4 :

- Le besoin (brut) de pointe à la parcelle est celui résultant d'une mise en place de la riziculture sur une seule décennie. Il est de 2 l/s/ha ;
- Le besoin (brut) de pointe au périmètre est celui considérant la mise en place de la riziculture étalée sur 3 décades. Il est de 1.45 l/s/ha.

La prise en compte de ce postulat permet de ne pas surdimensionner les canaux principaux (tertiaires, secondaires et primaires) en adoptant les règles suivantes :

- Les canaux qui alimentent directement des quartiers hydrauliques (essentiellement les quaternaires) sont dimensionnés pour le débit de pointe « à la parcelle » (2 l/s/ha);
- Les canaux tertiaires – qui alimentent plusieurs canaux quaternaires – sont dimensionnés pour le débit de pointe « au périmètre » (1.45 l/s/ ha) ;
- Les canaux secondaires sont dimensionnés en sommant les débits d'équipement en tête des canaux tertiaires qu'ils alimentent ;
- De la même façon, les canaux primaires sont dimensionnés en sommant les débits d'équipement en tête des canaux secondaires qu'ils alimentent.

La section 8.3.1 présente le résultat détaillé de l'application de ces règles au réseau d'irrigation proposé. Le tableau ci-dessous présente le débit d'équipement en tête des canaux secondaires qui en résulte ainsi que le débit d'équipement en tête de canal primaire.

**Tableau 47 – Débits d'équipement en tête de réseaux primaires et secondaires**

Canal tête morte / primaire	Débit équipement en tête de réseau [l/s]	Canal secondaire	Débit équipement [l/s]
Rive droite	3 456	CS01	576
		CS02.01	36
		CS02.02	108
		CS03	288
		CS04	1 368
		CS05	360
		CS06	252
Rive gauche	2 268	CS07	468
		CS08	396
		CS09	864
		CS10	360
		CS11.01	36
		CS11.02	36
		CS12	468
CS13	108		
<b>TOTAL</b>	<b>5 724</b>		

A ce débit, il faut rajouter les quantités qui seront éventuellement consommées par les orpailleurs et pour les jardins de case le long des transversales. Un débit de projet de 5.96 m<sup>3</sup>/s sera donc prévu d'être dérivé par le seuil de prise sur la Kaburantwa.

L'exploitation de la centrale KABU-16 alternant dans la même journée des phases d'accumulation d'eau au niveau de la retenue et des phases de turbinage, va engendrer des variations quotidiennes du débit disponible au niveau de la prise de l'aménagement.

L'analyse du bilan hydrique de l'aménagement a montré que la décade la plus critique est la première décade d'octobre. Le tableau ci-dessous présente, pour cette décade et pour l'année sèche, l'évolution quotidienne du débit disponible à la prise et du débit détourné (fonction du débit d'équipement).

**Tableau 48 – Evolution quotidienne du débit disponible à la prise et du débit détourné (première décade d'octobre / année sèche)**

Tranche horaire	Débit disponible [m <sup>3</sup> /s]	Débit détourné [m <sup>3</sup> /s]
8h-13h	5.57	5.57
13h-18h	4.84	4.84
18h-23h	9.28	5.72
23h-8h	3.91	3.91

Il reste à vérifier que, tenant compte de ces variations de débit à la prise et des débits d'équipement en tête de secondaires, chaque bloc reçoit le volume d'eau nécessaire à ses besoins.

Cette vérification se base sur le fait que les prises pour canal secondaire délivrent une fraction constante du débit présent dans le canal primaire. Le tableau ci-dessous présente l'évolution, au cours de la journée, du débit délivré à chaque canal secondaire pour la première décade d'octobre en année sèche. Il montre (dernière colonne « V délivré – V besoin »), que le volume d'eau délivré à chaque bloc répond aux besoins de ce bloc.

**Tableau 49 – Evolution quotidienne des débits délivrés aux canaux secondaires (première décade d'octobre / année sèche)**

Canal	Superficie [ha]	Déb. Req. Continu [l/s]	Vol. requis [m³]	Déb. Équip. [l/s]	Débit délivré [l/s]				Vol. délivré [m³]	Vol. délivré – Vol. besoin [m³]
					8h-13h	13h-18h	18h-23h	23h-8h		
<b>KAB-RD</b>	<b>1421.6</b>	<b>2 063.3</b>	<b>178 268</b>	<b>3 456</b>	<b>3 361</b>	<b>2 921</b>	<b>3 456</b>	<b>2 361</b>	<b>251 769</b>	<b>73 500</b>
S01		365.3	31 562	576	560	487	576	393	41 961	10 399
S02.01	20.0	31.0	2681	36	35	30	36	25	2 623	-58
S02.02	51.6	74.9	6 468	108	105	91	108	74	7 868	1 399
S03	113.2	164.2	14 185	288	280	243	288	197	20 981	6 795
S04	564.1	817.9	70 667	1 368	1 330	1 156	1 368	934	99 658	28 991
S05	149.0	216.1	18 668	360	350	304	360	246	26 226	7 557
S07	175.1	253.8	21 930	468	455	396	468	320	34 094	12 163
S06	96.6	140.1	12 107	252	245	213	252	172	18 358	6 251
<b>KAB-RG</b>	<b>766.5</b>	<b>1 111.4</b>	<b>96 025</b>	<b>2 268</b>	<b>2 206</b>	<b>1 917</b>	<b>2 268</b>	<b>1 549</b>	<b>165 223</b>	<b>69 199</b>
S08	123.5	179.1	15 477	396	385	335	396	270	28 849	13 371
S09	278.2	403.3	34 849	864	840	730	864	590	62 942	28 093
S10	126.0	182.7	15 784	360	350	304	360	246	26 226	10 442
S11.01	7.0	10.2	882	36	35	30	36	25	2 623	1 741
S11.02	7.0	10.2	882	36	35	30	36	25	2 623	1 741
S12	174.7	253.4	21 890	468	455	396	468	320	34 094	12 204
S13	50.0	72.5	6 260	108	105	91	108	74	7 868	1 608

## 8.2 Infrastructures pour la mobilisation de la ressource en eau

Les infrastructures pour la mobilisation de l'eau sont localisées sur la Figure 31. Elles sont constituées des ouvrages principaux suivants :

1. Un ouvrage de prise en béton armé qui comprend
  - a. En raison de l'importance de la crue de projet ( $Q_{50} 260 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et de largeur relativement réduite du site un seuil déversoir de type labyrinthe a été sélectionné. Ce type de seuil permet, pour une largeur de site donnée de réduire la hauteur de la lame d'eau sur un déversoir. Comme cela est présenté en 8.2.1 ci-dessous avec une largeur de 18 m, le seuil labyrinthe aura une longueur développée de 43.94 m capable de faire transiter la crue cinquantennale estimée à  $260 \text{ m}^3/\text{s}$  avec une lame d'eau de 2.9 m. Le seuil est muni de 2 vannes de chasse de dimensions (bxh) 1.2 m x 1.2 m.
  - b. Une prise latérale oblique à  $45^\circ$ , située sur la rive gauche, munie de deux vannes de dimensions (bxh) 3.25 m x 2.4 m. La prise est prévue pour le passage de la totalité du débit d'équipement ( $5.94 \text{ m}^3/\text{s}$ ) à une vitesse de 0.5 m/s. la prise est également munie d'une grille grossière pour éliminer les éléments flottants.

La prise sera située juste en aval d'une ancienne zone d'orpaillage dont les activités ont été arrêtées suite à la mise en défens de la zone dans le cadre du projet de la centrale hydroélectrique KABU-16. Ces zones en rive droite et gauche caractérisées par des talus instables seront réhabilitées et stabilisées à l'aide de gradins de gabions et la plantation d'espèces végétales fixatrices comme les bambous et le vétiver.

La zone en rive droite bénéficiera d'un gradin de gabions de 5 m de hauteur en moyenne sur une longueur de 90 m.

La zone en rive gauche comporte 2 lentilles qui doivent être stabilisées via l'installation de gradins de gabions de 2 m de haut espacés de 5 m comme cela est montré sur la figure ci-dessous . La zone sera en outre revégétalisée sur  $700 \text{ m}^2$  avec du bambou et du vétiver.

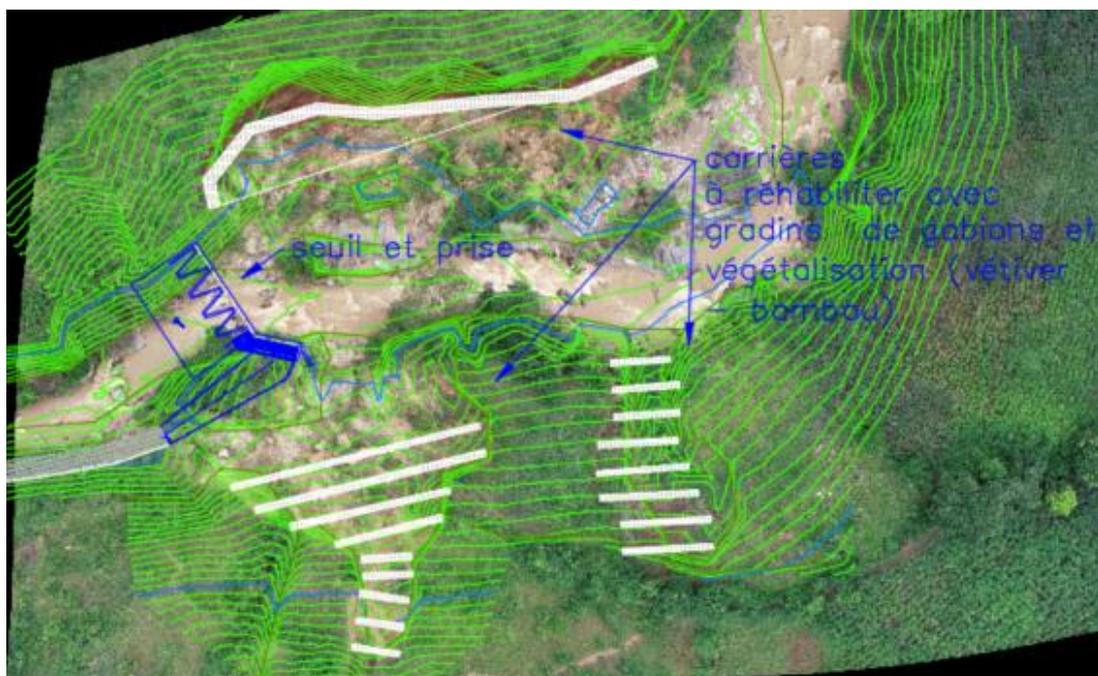


Figure 32 - Site de prise – Réhabilitation des anciennes carrière d'orpaillage.

1. Un canal d'amenée en béton armé, de section transversale rectangulaire de dimensions (bxh) 3.5 m x 1.7 m, et véhiculant un débit de  $5.94 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le canal mesure 205 m de long jusqu'au dessableur et

possède une pente uniforme de 0.5/1000. Il sera partiellement couvert par une dalle en béton armé. Il se prolonge de 100 m après le dessableur pour rejoindre la partiteur qui délivre le débit aux canaux de tête morte en rive gauche (2.3 m<sup>3</sup>/s) et en rive droite (3.7 m<sup>3</sup>/s).

2. Un dessableur pour piéger les sédiments de diamètre inférieur à 0.3 mm. Le dessableur comporte deux compartiments identiques pour permettre un approvisionnement continu des réseaux d'irrigation. Ces compartiments sont gérés par deux vannes d'entrée et deux vannes de sortie, ainsi qu'une vanne de chasse de dimensions 0.5m x 0.5m pour chacun.

Les dimensions effectives de chaque compartiment sont :

- Longueur : 45 m
- Largeur : 3.2 m
- Profondeur : 3.95 m

Le canal d'amenée est équipé d'un déversoir de sécurité à l'amont du dessableur. Ce déversoir rejoint le coursier de la purge vers la rivière.

En raison de l'exiguïté du site au niveau de l'ouvrage de prise, l'abris du gardien ainsi que les toilettes seront construits à proximité du site du dessableur. Une aire de parking (25 x 15 m) est aussi prévue à cet endroit ;

3. Un canal aval après le dessableur en maçonnerie de moellon, 5.94 m<sup>3</sup>/s, menant à un partiteur pour répartir le débit sur les deux canaux de tête morte en rives gauche et droite.
4. Un partiteur qui permet de répartir le débit du canal d'amenée (5.94 m<sup>3</sup>/s) entre les CTM de la rive gauche (2.27 m<sup>3</sup>/s) et la rive droite (3.67 m<sup>3</sup>/s). Le partiteur est équipé de 2 vannes de sectionnement de 1.5x1.7 m pour le CTM-RG et 2.1x1.7 m pour le CTM-RD ainsi que d'un déversoir de sécurité et un coursier pour rejoindre la rivière.
5. Le canal de rive droite (CTM-RD) en maçonnerie de moellons véhiculera un débit de 3.67 m<sup>3</sup>/s sur une longueur de 2 935 m, (bxh) 3.5 x 1.7 m, avec une pente uniforme de 0.5/1000.

Le franchissement de la Kaburantwa par le CTL-RD se fera par un aqueduc. Un coursier fera la jonction entre le partiteur et l'aqueduc.

Le franchissement des thalwegs se fera par des pont-canaux reposant sur des dalots de dimensions variables adaptés à la largeur du lit des thalwegs traversés.

Le franchissement de la Kagengwa, se fera aussi au moyen d'un siphon inversé composé de 778 m de conduite partiellement enterrée en acier de diamètre DN1200 et de pression nominale PN06. Deux chambres de mise en charge/décharge sont installées aux extrémités avec une différence de niveau de 7.3 m pour compenser les pertes de charges estimées à 5.3 m.

Une chambre de purge est requise au point bas pour évacuer les dépôts d'éventuels sédiments. Les extrémités de la conduite sont munies de grilles de protection.

Le choix de favoriser un siphon de 778 m par rapport au contournement des vallées est dicté par des considérations économiques et opérationnelles. En effet les études montrent que le canal CTM-RD coûte environ 650 USD/ml de canal. En raison des contraintes topographiques imposées par le réseau hydrographique, le tracé additionnel du contournement des vallées mesure environ 5.7 km soit un coût d'environ 3.7 MUSD. Le siphon envisagé coûte quant à lui environ 670 KUSD.

6. Le canal de tête morte en rive gauche (CTM-RG) véhiculera un débit de 2.27 m<sup>3</sup>/s sur une longueur de 7 660 m (7320 m en maçonnerie de moellons de section rectangulaire (bxh) 2.5 m x 1.7 m et 340 m en béton armé (bxh) 2.0 m x 1.4 m après la Kansega) avec une pente uniforme de 0.5/1000. Ce canal est combiné avec la piste d'accès aux infrastructures de prise.

Le franchissement des thalwegs se fera par des pont-canaux reposant sur des dalots de dimensions variables adaptés à la largeur du lit des thalwegs traversés.

Le franchissement de la Kansega se fera au moyen d'un siphon inversé composé de 118 m de conduite apparente en acier de diamètre DN1200 et de pression nominale PN06 avec des massifs d'ancrage au niveau des coudes. Deux chambres de mise en charge/décharge sont installées au niveau des extrémités avec une différence de niveau de 1.75m pour compenser les pertes de charges à l'intérieur du siphon estimées à 1.0 m.

Une chambre de purge est requise au point bas pour évacuer les dépôts d'éventuels sédiments. Les extrémités de la conduite sont munies de grilles de protection.

Les canaux de tête morte seront protégés de part et d'autre de leur emprise sur une bande de 5 m végétalisée avec du vétiver (densité 0.5 x 0.5 m ) et une haie vive d'Umunyari (Euphorbe - 1 plant par mètre). En raison de leur profondeur (~1.7 m), les canaux seront en outre équipés de garde-corps tout le long des traversées des villages. Afin de faciliter le passage d'une rive à l'autre du canal, des passerelles en béton armé équipées de garde-corps sont prévues tous les 500 m.

### 8.2.1 Dimensionnement du déversoir du seuil de prise

Le déversoir sera de type « labyrinthe ». Ce type de déversoir dispose d'une capacité d'évacuation élevée pour des crues de grande ampleur sur des sites de faible largeur comme c'est le cas pour la prise sur la Kaburantwa. Le calcul se réfère aux normes USBR.

L'essentiel, dans le calcul de la capacité d'un déversoir de type labyrinthe, est la détermination du coefficient de débit,  $\mu$ , qui dépend aussi bien de la profondeur de la lame d'eau que de la hauteur du déversoir, ce qui ramène à un calcul itératif dans la formule du calcul de la capacité d'évacuation :

$$Q = \frac{2}{3} C_d L \sqrt{2g} H^{1.5}$$

Où

- Q : la capacité du déversoir, en m<sup>3</sup>/s
- Cd : est le coefficient de débit donné par l'abaque ci-dessous ;
- L : la longueur effective du déversoir, en m
- H : la profondeur de la lame d'eau déversante, en m.

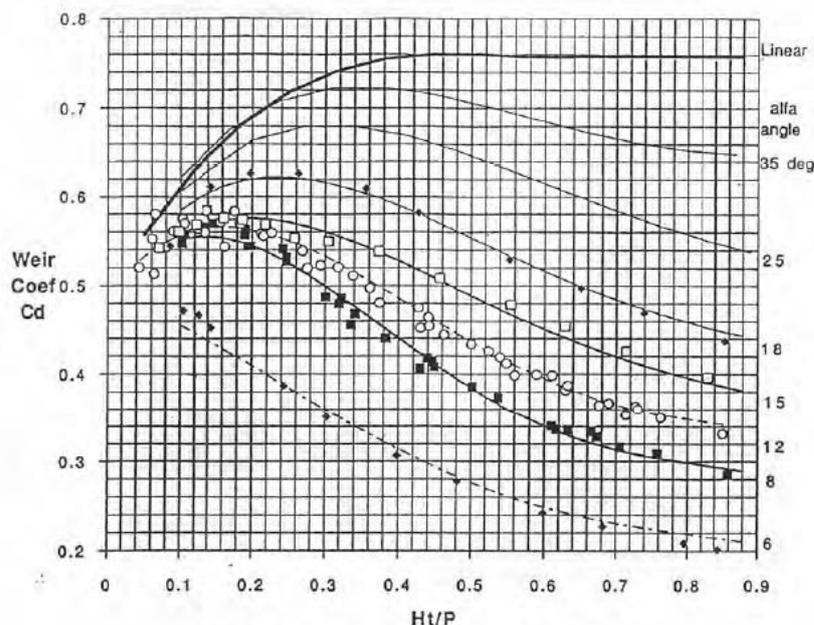
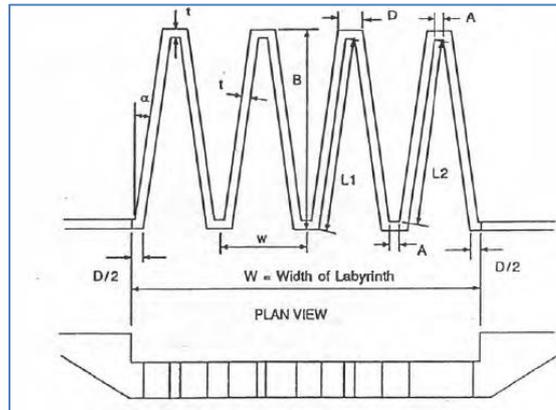


Figure 33 - Abaque pour la détermination du coefficient de débit

Nous obtenons les résultats suivants :

P	3.85 m
g	9.77 m/s <sup>2</sup>
Q	260.00 M3/s
N	4.00 cycle
t	0.35 m
A	0.60 m
D	1.14 m
L1	5.23 m
L2	4.89 m
α	15.00 deg
a	1.35 m
w	4.44 m
<b>W</b>	<b>17.78 m</b>
L <sub>crete-cycle</sub>	10.98
L <sub>crete-Total</sub>	43.94
<b>Cd</b>	<b>0.406</b>
<b>H</b>	<b>2.90 m</b>



R=P/12	t	P/12	
	0.35	0.32	<b>OK</b>
t<A<2t	A	t	
	0.60	0.35	<b>OK</b>
H/P<0.9	H/P=	0.75	<b>OK</b>

Conditions à satisfaire

Figure 34 - Dimensions principales (USBR)

### Résultats

Le niveau de la crête du déversoir se situe à l'élévation 877.4 m. Le niveau d'eau maximal au-dessus d'une crue de 260 m<sup>3</sup>/s est à 880.30m soit une lame d'eau de 2.9 m.

Les tableaux ci-dessous synthétisent les paramètres du seuil et de la prise d'eau, ainsi que la réhabilitation des zones d'orpaillage adjacentes et présentent le métré correspondant.

Tableau 50 – Métré pour la réalisation du seuil et de la prise d'eau

Paramètres	Unité	Valeur
Cote crête déversoir	m	877.4
Cote TN fonds rivière	m	874.3
Longueur crête / longueur développée	m	18.5 / 43.95
Crue de projet	m <sup>3</sup> /s	260
Lame sur déversoir crue de projet	m	2.9
Cote /radier vanne de chasse	m	873.55
Vanne de chasse (bxh)	m	1.2 x 1.2
Débit de projet prise	m <sup>3</sup> /s	5.94
Cote seuil prise d'eau	m	876.1
Vanne prise d'eau (bxh)	m	3.25 x 2.4

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	803.7
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	2 411.2
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	194.0
205	Dérivation temporaire pour construction d'ouvrage en rivière	ff	1.0
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	65.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	162.0
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	100.0
630	Vanne de chasse pour seuil-barrage 1.2x1.2 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti retrait)	pce	2.0
631	Vanne de prise 3.25x2.5 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	2.0
651.002	Batardeau 1.2 x 1.2 y compris cadre (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	ff	2.0

	Paramètres	Unité	Valeur
651.003	Batardeau 3.25 x 2.5 y compris cadre (fourniture et pose, y compris béton 2 <sup>e</sup> phase anti-retrait)	ff	2.0
643.002	Garde-corps pour passerelle (Hauteur=1.10m, fixation sur poutre tous les mètres, double barre horizontale)	ml	26.0
640	Fourniture et pose de caillebotis métallique	m <sup>2</sup>	3.5

Tableau 51 – Métré pour la réhabilitation des anciennes carrières d'orpillage à proximité du seuil de prise

Paramètres	Unité	Valeur
Longueur en rive droite	m	90
Hauteur moyenne talus en rive droite	m	5
Longueur gabions en rive gauche zone 1	m	195
Hauteur moyenne gradin	m	2
Longueur gabions en rive gauche zone 2	m	105
Hauteur moyenne gradin	m	2

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	97.5
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	1 050.0
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim <sup>®</sup> S51 ou Kaytech <sup>®</sup> U34	m <sup>2</sup>	1 575.0
1000	Protection en vétiver (écartement 0.15*0.25)	m <sup>2</sup>	2 100.0
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	97.5
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	1 050.0
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim <sup>®</sup> S51 ou Kaytech <sup>®</sup> U34	m <sup>2</sup>	1 575.0
1000	Protection en vétiver (écartement 0.15*0.25)	m <sup>2</sup>	2 100.0

### 8.2.2 Dimensionnement du canal d'amenée

La formule de Manning est utilisée pour le dimensionnement du canal d'amenée :

$$V = \frac{1}{m} R_h^{2/3} i^{1/2}$$

Où :

- M : est le coefficient de Manning exprimant la rugosité de la paroi du canal, considéré 0.014 pour une paroi en béton et 0.025 pour une paroi en maçonnerie de moellons.
- V : est la vitesse d'écoulement en m ;
- Rh : est le rayon hydraulique, en m, qui est le rapport de la section transversale plane de l'eau par le périmètre hydraulique correspondant à la longueur de contact entre l'eau et la paroi du canal.
- I : est la pente du canal

Nous obtenons les hauteurs d'eau suivantes pour le canal d'amenée :

**Tableau 52 – Calcul hydraulique du canal d'amenée rectangulaire en béton**

m	0.014
i	0.0005
Angle paroi	90 deg
<b>h</b>	<b>1.29</b> m
B (larg. Plafon)	3.50 m
Sh	4.53 m <sup>2</sup>
Ph	6.09 m
Rh	0.74 m
<b>Q</b>	<b>5.94</b> m <sup>3</sup> /s
V	1.31 m/s

Le tableau ci-dessous synthétise les paramètres du canal d'amenée

**Tableau 53 – Métré pour la réalisation du canal d'amenée**

Paramètres	Unité	Valeur
Matériau	-	Béton
Dimension – Rectangulaire (bxh)	m	3.5 x 1.7
Débit de projet	m <sup>3</sup> /s	5.94
Pente	m/m	0.0005
Manning	-	0.014
Hauteur d'eau	m	1.29
Cote fond de canal départ prise	m	876.10
Longueur bief #1 jusque dessableur	m	205
Cote fond de canal arrivée dessableur	m	876.00
Cote fond de canal sortie dessableur	m	875.96
Longueur bief #2 jusque partiteur	m	100
Cote fond de canal partiteur	m	875.91
Cote plan d'eau partiteur	m	877.20

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1 752.0
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1 567.0
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	721.3
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	121.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	684.0
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1 752.0
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1 567.0
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	721.3

### 8.2.3 Dimensionnement du dessableur

#### ▪ Principe de dimensionnement

Le principe du dimensionnement du dessableur est de déterminer la longueur nécessaire pour que les particules solides d'une taille donnée décantent jusqu'au fond. Ces particules sont ensuite évacuées à travers des vannes de chasse.

Pour ce faire, la vitesse dans le dessableur doit être réduite en augmentant la section d'écoulement. Le dessableur est conçu en deux compartiments dont chacun véhicule 3 m<sup>3</sup>/s.

La vitesse de chaque particule véhiculée par l'écoulement comporte 2 composantes :

- l'une horizontale correspondant à la vitesse de l'écoulement ;

- et l'autre verticale due à son poids propre mais auquel s'oppose la poussée d'Archimède. Pour déterminer, cette vitesse, on fait intervenir le coefficient de traînée pour lequel on suppose la forme de la particule comme sphérique. Cette vitesse est donnée par la formule :

$$V_p = \sqrt{\frac{4(\rho_p - \rho_w)gd}{3\rho_w C_D}}$$

Où :

- $\rho_p$  et  $\rho_w$  sont respectivement les poids spécifiques de la particule (2600 kg/m<sup>3</sup>) et de l'eau (1000 kg/m<sup>3</sup>);
- d est le diameter de la particule (0.3E-3 m);
- g: accélération de la pesanteur (9.77 m/s<sup>2</sup>)
- $C_D \equiv f_n(R_{ep})$  est le coefficient de traînée donné par le graphique ci-dessous;
- Et le nombre de Reynolds de la particule:  $R_{ep} = \rho_w V_p d / \mu$

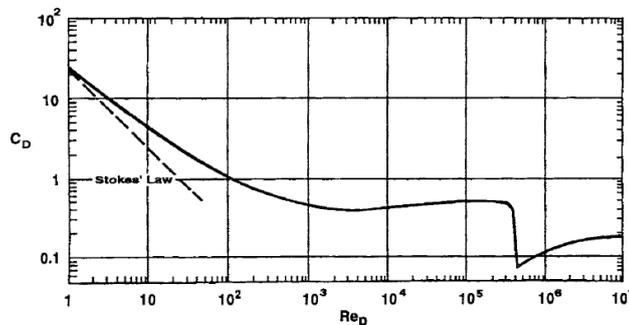


Figure 35 - Coefficient de traînée pour une particule sphérique

▪ **Dimensions du dessableur**

Le tableau ci-dessous synthétise les paramètres du dessableur.

Tableau 54 – Métré pour la réalisation du dessableur

Paramètres	Unité	Valeur
Matériau	-	Béton
Longueur divergent	m	12.8
Longueur bassin décantation	m	45.0
Profondeur bassin décantation	m	3.95
Nombre de bassins	-	2
Largeur bassin	m	3.2
Diamètre minimum particule	mm	0.3
Vannes de sectionnement (bxh)	m	(4) 1.55 x 1.65
Vannes de chasse (bxh)	m	(2) 0.5 x 0.5

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
113.001	Construction d'une latrine VIP pour gardien	ff	1.0
113.002	Construction d'un abri pour gardien	ff	1.0
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	3 929.3
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1 184.8
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	554.8
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	63.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	2 006.0

	Paramètres	Unité	Valeur
351	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	75.0
632	Vanne de chasse dessableur 0.5x0.5 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	1.0
633	Vanne pour dessableur 1.55x1.65 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	4.0
651	Batardeau 1.55x1.65 y compris cadre (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	ff	2.0

### 8.2.4 Dimensionnement du partiteur

Le tableau ci-dessous synthétise les paramètres du partiteur.

Après le partiteur, le CTM-RD est équipé d'un coursier qui permet de rejoindre l'aqueduc sur la Kaburantwa.

**Tableau 55 – Métré pour la réalisation du partiteur**

Paramètres	Unité	Valeur
Matériau	-	Béton armé
Longueur amont	m	5
Largeur x hauteur amont	m	3.5 x 1.7
Vanne de sectionnement (bxh) – CTM-RG	m	1.5 x 1.7
Vanne de sectionnement (bxh) – CTM-RD	m	2.1 x 1.7
Longueur transition aval CTM-RG	m	5
Longueur transition aval CTM-RD	m	5
Déversoir amont partiteur	m	10
Longueur coursier (maçonnerie de moellons)	m	25

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	39.1
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	13.0
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	3.4
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	32.3
351	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	37.5
634	Vanne de partiteur 1.5x1.7 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	1.0
635	Vanne de partiteur 2.1x1.7 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	1.0

### 8.2.5 Dimensionnement de l'aqueduc CTM-RD sur la Kaburantwa

L'ouvrage est réalisé en béton armé. La section du canal de forme rectangulaire est dimensionné avec la formule Manning exposée plus haut.

Un coursier à l'aval du partiteur permet de rejoindre l'ouvrage à la cote

L'ouvrage repose sur des piles en béton armé, espacées de 10 m et de 6.30 m de haut au maximum.

Le tableau ci-dessous synthétise les paramètres de l'aqueduc sur la Kaburantwa.

**Tableau 56 – Métré pour la réalisation de l'aqueduc sur la Kaburantwa**

Paramètres	Unité	Valeur
Matériau	-	Béton
Longueur totale	m	51.5
Nombre de piles / travées	m	(6) - 10
Débit transitant	m <sup>3</sup> /s	3.67
Pente	m	0.0005
Manning	m	0.014
Section (bxh)	m	2.5 x 2.55
Hauteur d'eau	m	1.27

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	610.5
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	203.5
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	151.2
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	227.0

### 8.2.6 Dimensionnement des siphons (franchissement Kansega et Kagengwa)

#### ▪ Calcul de la submergence à l'entrée des conduites

L'entrée de la conduite est encastrée dans les murs de la chambre de mise en charge. Elle doit être suffisamment immergée afin d'éviter un entrainement d'air par effet de vortex.

Le calcul de la profondeur minimale de la génératrice supérieure de la conduite par rapport au niveau du plan d'eau, est réalisé à l'aide de la formule de Gordon :

$$s = c \times v \times \sqrt{D}$$

Où :

- S : est la profondeur de submergence, en m, telle que définie ci-dessus ;
- C : est un coefficient, pris égal à 0.54 (cas symétrique) ;
- V : vitesse de l'écoulement dans la conduite, en m/s ;
- D : diamètre de la conduite.

Les résultats de calcul sont les suivants :

Rive gauche	Rive droite
V : 2.01 m/s	V : 3.24 m/s
D : 1.2 m	D : 1.2 m
S=1.19 m	S=1.92 m

#### ▪ Traitement des pertes de charge linéaires dans les siphons

Les pertes de charges linéaires dans les conduites, en charge, des siphons sont calculées à l'aide de la formule de Darcy-Weissbach :

$$HL_f = f \times \frac{L * V^2}{2 \times g \times D}$$

Où:

- L : Longueur de la conduite;

- V : Vitesse de l'écoulement ;
- g : Accélération de la gravité;
- D : Diamètre intérieur de la conduite;
- f : Coefficient de frottement ; calculé itérativement par le biais de la formule de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log_{10} \times \left( \frac{e/D}{3.7} + \frac{2.51}{R_e \times \sqrt{f}} \right)$$

Où "e" est la rugosité de la paroi du tuyau, prise égale à 0.1 mm. Cette valeur étant conservatrice et correspond à une paroi de conduit neuve.

et  $R_e$  le nombre de Reynolds, calculé par la formule de Reynolds suivante:

$$R_e = \frac{V \times D}{\mu_k}$$

Où  $\mu_k$  est la viscosité cinématique de l'eau, prise égale à  $1.31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  (à 10 °C).

#### ▪ Traitement des pertes de charge singulières dans les siphons

Les pertes de charge singulières sont calculées pour les coudes et les extrémités des conduites à l'aide de la formule :

$$HL_i = K \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

Où :

- V est la Vitesse, en m/s;
- g l'accélération de la gravité, en  $\text{m/s}^2$
- K est le coefficient de perte de charge singulières obtenu à partir de la littérature

#### ▪ Résultats des pertes de charge

Pertes de charge	Rive gauche	Rive droite
Perte de charge linéaire (m)	0.23	4.26
Perte de charge singulière (m)	0.64	0.32
Pertes de charge totales	0.87	4.58
Perte de charge totale avec majoration (1.15)	1.00	5.26

Les tableaux ci-dessous synthétisent les paramètres des siphons.

**Tableau 57 – Métré pour la réalisation du siphon en rive droite (Kagengwa)**

Paramètres	Unité	Valeur
Matériau conduite /DN /PN	-	Acier DN1200 PN6
Longueur	m	773
Cote plan d'eau départ	m	871.6
Cote plan d'eau sortie	m	864.3
Débit transitant	$\text{m}^3/\text{s}$	3.67
Dénivelée / Pertes de charge	m	7.3 > 5.3

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	$\text{m}^3$	5 685.5
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	$\text{m}^3$	1 895.2
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	$\text{m}^3$	5 031.6
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par $\text{m}^3$	$\text{m}^3$	17.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par $\text{m}^3$	$\text{m}^3$	152.0

	Paramètres	Unité	Valeur
2001	Conduite acier soudé DN1200 PN6 (fourniture et pose)	ml	1.0
2002	Chambre de purge équipée pour conduite acier 1200	ff	795.0

**Tableau 58 – Métré pour la réalisation du siphon en rive gauche (Kansega)**

Paramètres	Unité	Valeur
Matériau conduite /DN /PN	-	Acier DN1200 PN6
Longueur	m	118
Cote plan d'eau départ	m	873.74
Cote plan d'eau sortie	m	871.99
Débit transitant	m <sup>3</sup> /s	2.27
Dénivelée / Pertes de charge	m	1.75 > 1.00

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	740.8
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	246.9
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	323.1
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	17.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	112.0
2001	Conduite acier soudé DN1200 PN6 (fourniture et pose)	ml	118.0
2002	Chambre de purge équipée pour conduite acier 1200	pce	1.0

### 8.2.7 Canal tête morte en rive droite

Le canal tête morte en rive droite a une longueur de 2 935 m. En amont, il prend naissance à la sortie de l'aqueduc permettant le franchissement de la Kaburantwa, tandis qu'en aval, il se termine à l'entrée du siphon inversé permettant le franchissement de la Kagengwa.

Une plateforme est réalisée préalablement à l'implantation du canal. La largeur de la plateforme est telle qu'elle déborde de 2 m de part et d'autre du canal en plus de l'emprise nécessaire à la mise en place d'un drain en pied de talus permettant de récolter et d'évacuer l'eau de ruissellement. Ce drain a une largeur au plafond de 0.30 m, une profondeur de 0.35 m et des pentes de talus (h/v) de 2/3.

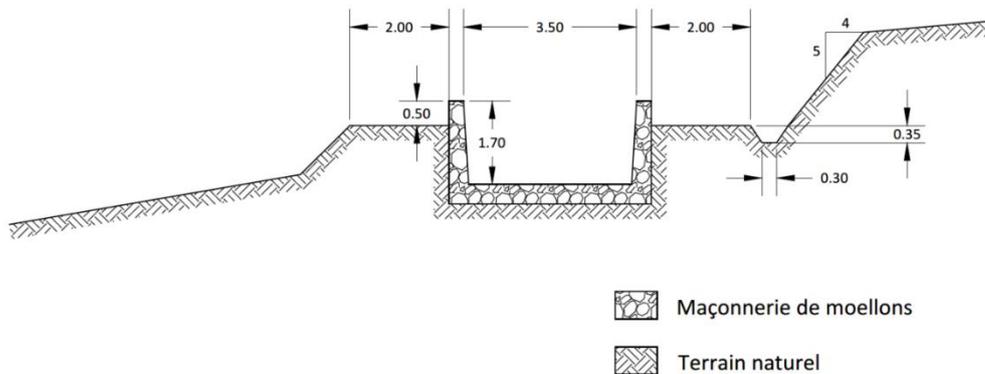
Le canal est réalisé en maçonnerie de moellons. Il est dimensionné pour un débit de 3456 l/s et une pente longitudinale de 0.0005 m/m.

De façon à réduire le volume de déblais, les parois du canal adoptent une pente de talus quasiment vertical (léger dévers de 10 cm). Le radier du canal a une épaisseur de 40 cm, les murs ont une épaisseur de 30 cm. Le canal est partiellement enterré dans la plateforme, les murs débordent de 50 cm. La hauteur de revanche est prise égale à 25% de la hauteur d'eau maximale dans le canal. Le dimensionnement se fait par l'équation de Manning. Le tableau ci-dessous présente le détail du dimensionnement et le métré correspondant.

**Tableau 59 – Dimensionnement du CTM-RD**

Paramètres	Unité	Valeur
Revêtement		Maçonnerie
Section		Rectangulaire
Coef. Manning	[-]	0.025
Débit équipement	[m <sup>3</sup> /s]	3.67
Largeur au plafond	[m]	3.50
Hauteur d'eau	[m]	1.39
Pente de talus (h/v)	[m/m]	0
Pente longitudinale	[m/m]	0.0005
Vitesse d'écoulement	[m/s]	0.75
Revanche	[m]	0.31
Hauteur totale	[m]	1.70

La figure ci-dessous présente la coupe en travers type du canal tête morte en rive droite.

**Figure 36 – Coupe en travers type du canal tête morte en rive droite**

Les tableaux ci-dessous rappellent les dimensions de la plateforme, du canal et du drain ainsi que les métrés correspondant à la réalisation de ces travaux.

**Tableau 60 – Métré pour la réalisation de la plateforme du CTM en rive droite**

Paramètres	Unité	Valeur
Emprise plateforme (y compris drain)	[m]	8.87
Pente talus déblais (h/v)	[m/m]	1.25
Pente talus remblais (h/v)	[m/m]	1.00

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	19 992.0
22.001	Remblais en provenance d'emprunts	[m <sup>3</sup> ]	7 342.5

**Tableau 61 – Métré pour la réalisation du canal CTM en rive droite**

Paramètres	Unité	Valeur
Revêtement		Maçonnerie
Section		Rectangulaire
Largeur au plafond	[m]	3.50
Pente de talus (h/v)	[m/m]	0
Hauteur totale	[m]	1.70
Epaisseur radier canal	[m]	0.4

Paramètres	Unité	Valeur
Epaisseur mur canal		0.3
Section maçonnerie	[m <sup>2</sup> ]	2.83
Section déblais	[m <sup>2</sup> ]	6.56
Longueur du canal	[m]	2 935

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	23 406.1
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	[m <sup>3</sup> ]	10 097.4

Tableau 62 – Métré pour la réalisation du contre-drain du CTM en rive droite

Paramètres	Unité	Valeur
Largeur au plafond	[m]	0.30
Profondeur	[m]	0.35
Pente talus (h/v)	[m/m]	0.67
Section déblais	[m <sup>2</sup> ]	0.19
Longueur	[m]	2 935

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	666.0

A intervalle régulier, l'eau drainée par le contre-drain est renvoyée vers la vallée en franchissant le canal tête morte. Le franchissement se fait par un ouvrage de type buse sous canal. Cet ouvrage est présenté dans le cahier des plans.

En phase APS, ces ouvrages sont prévus à raison de 1 ouvrage tous les 300 m de canal. L'implantation de ces ouvrages sera précisée en phase d'avant-projet détaillé.

Le tableau ci-dessous donne le nombre et les caractéristiques de cet ouvrage.

Tableau 63 – Ouvrage pour drainage sous CTM-RD

Paramètres	Unité	Valeur Variante 1
Largeur au plafond du canal	[m]	3.50
Hauteur du canal	[m]	1.70
Hauteur d'enfouissement du canal	[m]	1.20
Epaisseur radier canal (MM)	[m]	0.40
Epaisseur mur canal (MM)	[m]	0.30
Emprise de la plateforme en rive droite	[m]	2.00
Emprise de la plateforme en rive gauche	[m]	2.00
Diamètre buse	[m]	0.80
Profondeur buse sous plateforme	[m]	2.85
Longueur buse	[m]	8.10
Nombre d'ouvrages	[-]	12.00

<b>Métré</b>			
<b>Num</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	933.1
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	311.0
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	299.5
351	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	163.4
413	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 800	ml	88.8

Le canal croise six axes d'écoulement (PM 0+520, PM 0+950, PM 1+325, PM 2+040, PM 2+080). Le passage de ces écoulements sous le canal se fait soit au moyen des buses décrites ci-dessus soit au moyen d'un aqueduc reposant sur un dalot en fonction de la largeur de l'axe à franchir. Etant donné le débit d'équipement du canal, l'ouvrage aqueduc- dalot est composé d'un canal de section rectangulaire en béton armé posé sur un dalot simple ou double également en béton armé. Cet ouvrage est présenté dans le cahier des plans. Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques de l'ouvrage et le métré des travaux nécessaires à la réalisation des 6 ouvrages.

Tableau 64 – Aqueducs- Dalots pour CTM-RD

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeur</b>
Nombre d'ouvrages	[-]	6
<b>Canal supérieur</b>		
Largeur au plafond	[m]	3.5
Pente talus (h/v)	[m/m]	0
Hauteur du canal	[m]	1.7
Pente longitudinale	[m/m]	0.0005
<b>Dalot sous canal</b>		
Longueur dalot	[m]	4.0
Largeur dalot	[m]	2.0
Hauteur dalot	[m]	1.25

<b>Métré</b>			
<b>Num</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	287.1
321.1	Enrochements de protection - moellons de 20 à 30 kg	m <sup>3</sup>	83.0
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	19.0
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	38.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	171.2

Le canal croise également 4 pistes d'une largeur de 6 m (PM 1+675, PM 2+615, PM 3+015, PM 3+550). Un double dalot en béton armé est installé pour le passage du canal sous chacune de ces pistes. Le dalot est de section rectangulaire. Un convergent en maçonnerie de moellons réalisé à l'entrée et à la sortie du dalot permet de passer de la section trapézoïdale à la section rectangulaire. Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques de l'ouvrage et le métré des travaux nécessaires à la réalisation des 4 ouvrages.

Tableau 65 – Caractéristiques des dalots pour passage CTM-RD sous pistes et métré correspondant

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeur</b>
Nombre d'ouvrages	[-]	4
Nombre de dalots par ouvrage	[-]	2
Longueur dalot	[m]	6.8
Largeur dalot	[m]	2.1
Hauteur dalot	[m]	2.3

Paramètres		Unité	Valeur
<b>Métré</b>			
Num	Description	Unité	Quantité
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	[m <sup>3</sup> ]	155.2
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	[m <sup>3</sup> ]	32.4
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	[m <sup>3</sup> ]	296.4

Comme présenté plus haut, le canal de tête morte sera protégé de part et d'autre de son emprise sur une bande de 5 m végétalisée avec du vétiver (densité 0.5 x 0.5 m ) et une haie vive d'Umunyari (Euphorbe - 1 plant par mètre), ce qui représente une superficie protégée de 3 ha, 117 400 plants de vétiver et 5 870 pieds d'Umunyari.

En raison de sa profondeur (~1.7 m), le canal sera en outre équipé de garde-corps tout le long des traversées des villages, soit environ 400 m. Afin de faciliter le passage d'une rive à l'autre du canal, des passerelles en béton armé équipées de garde-corps sont prévues tous les 500 m soit 6 passerelles.

Le tableau ci-dessous présente le métré pour l'ensemble des travaux pour la réalisation du canal tête morte en rive droite.

**Tableau 66 – Métré des travaux pour la réalisation du CTM-RD**

Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	42 480.4
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	2 696.8
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	8 812.8
222	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	7 342.5
302.1	Fouilles d'ouvrages en terrain compacté	m <sup>3</sup>	155.2
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	5 482.2
321.1	Enrochements de protection - moellons de 20 à 30 kg	m <sup>3</sup>	83.0
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	19.0
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	17.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	588.0
351	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	10 557.2
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	38.0
413	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 800	ml	88.8
643.002	Garde-corps pour passerelle (Hauteur=1.10m, fixation sur poutre tous les mètres, double barre horizontale)	ml	424.6
2001	Conduite acier soudé DN1200 PN6 (fourniture et pose)	ml	778.0
2002	Chambre de purge équipée pour conduite acier 1200	ff	1.0
1000.004	Zone tampon 5 m - Haie Umunyari + vétiver	ml	2 935.0

### 8.2.8 Canal tête morte en rive gauche

Le canal tête morte en rive gauche est composé de deux biefs :

- Bief #1 : ce bief commence à l'endroit après le partiteur en aval du dessableur et se termine à l'entrée du siphon installé pour le franchissement de la Kansega. Il a une longueur de 7320 m ;
- Bief #2 : de la sortie du siphon installé pour le franchissement de la Kasenga et se termine à la première prise pour canal secondaire (CS08) après avoir franchi la Transversale 3. Il a une longueur de 340 m.

### 8.2.8.1 Canal tête morte en amont de la Kansega

Le canal tête morte en rive gauche en amont de la Kansega a une longueur de 7320 m depuis le partiteur qui scinde le canal issu du dessableur en en deux branches (canal tête morte rive gauche et canal tête morte rive droite) jusqu'à l'entrée du siphon permettant le franchissement de la Kansega.

Entre les PM 0+000 et 5+900, le canal est longé par une piste qui permet l'accès aux infrastructures de prise (voir 8.5.1). Le canal est creusé dans une plateforme réalisée préalablement et dont la largeur est telle que :

- Elle déborde de 2 m de l'emprise du canal côté vallée ;
- Une bande de circulation de 4 m est prévue en rive gauche du canal, côté talus ;
- Elle comprend un drain installé en pied de talus.

Les travaux nécessaires à la réalisation de cette plateforme sont présentés dans la section relative au réseau de circulation en section 8.5 ci-dessous.

Entre les PM 5+900 et 7+320 le canal est réalisé à flanc de colline. Comme pour le CTM-RD le canal est creusé dans une plateforme dont la largeur est telle que :

- Elle déborde de 2 m de part et d'autre de l'emprise du canal ;
- Elle comprend un drain installé en pied de talus.

Les travaux de terrassements nécessaires à la réalisation de cette plateforme sont comptabilisés dans cette section.

Le canal est réalisé en maçonnerie de moellons. Il est dimensionné pour un débit de 2268 l/s et une pente longitudinale de 0.0005 m/m. De façon à réduire le volume de déblais, les parois du canal adoptent une pente de talus quasiment verticale (léger dévers de 10 cm). Le radier du canal a une épaisseur de 40 cm, les murs ont une épaisseur de 30 cm. Le canal est partiellement enterré dans la plateforme, les murs débordent de 50 cm. La hauteur de revanche est prise égale à 25% de la hauteur d'eau maximale dans le canal. Le dimensionnement se fait par l'équation de Manning. Le tableau ci-dessous présente le détail du dimensionnement et le métré correspondant.

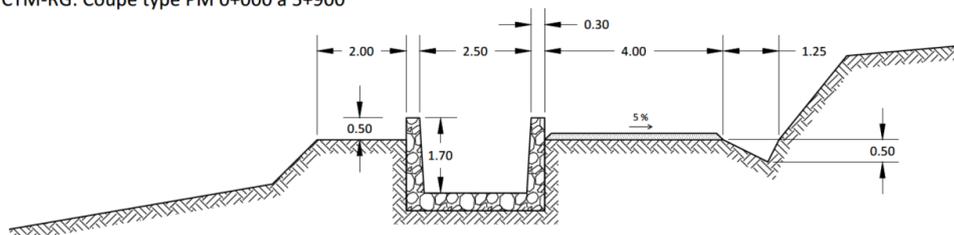
**Tableau 67 – Dimensionnement du CTM-RG en amont de la Kansega**

Paramètres	Unité	Valeur
Revêtement		Maçonnerie
Section		Rectangulaire
Coef. Manning	[-]	0.025
Débit équipement	[m <sup>3</sup> /s]	2.27
Largeur au plafond	[m]	2.50
Hauteur d'eau	[m]	1.35
Pente de talus (h/v)	[m/m]	0
Pente longitudinale	[m/m]	0.0005
Section mouillée	[m <sup>2</sup> ]	3.38
Rayon hydraulique	[m]	0.65
Vitesse d'écoulement	[m/s]	0.67
Revanche	[m]	0.34
Hauteur totale	[m]	1.70

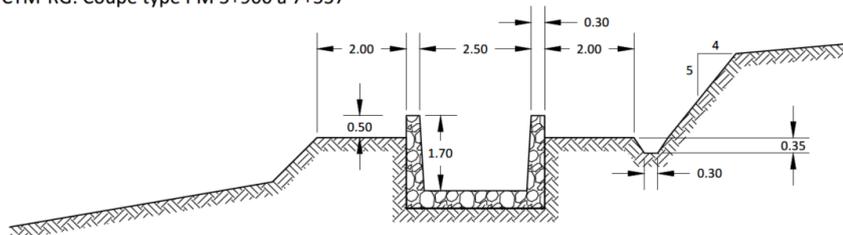
La figure ci-dessous présente la coupe en travers type du canal tête morte en rive gauche.

**Figure 37 – Coupe en travers type du canal tête morte en rive gauche**

CTM-RG: Coupe type PM 0+000 à 5+900



CTM-RG: Coupe type PM 5+900 à 7+557



Maçonnerie de moellons

Terrain naturel

Les tableaux ci-dessous rappellent les dimensions du canal, de la plateforme avec drain (pour le bief 5+900 à 7+557 m) ainsi que les métrés correspondant à la réalisation de ces travaux.

**Tableau 68 – Métré pour la réalisation de la plateforme du CTM-RG en amont de la Kansega entre PM 5+900 et 7+557**

Paramètres	Unité	Valeur
Emprise plateforme (y compris drain)	[m]	7.87
Pente talus déblais (h/v)	[m/m]	1.25
Pente talus remblais (h/v)	[m/m]	1.00

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	4 579.4
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	[m <sup>3</sup> ]	519.5

**Tableau 69 – Métré pour la réalisation du contre-drain du CTM-RG en amont de la Kansega entre PM 5+900 et 7+557**

Paramètres	Unité	Valeur
Largeur au plafond	[m]	0.30
Profondeur	[m]	0.35
Pente talus (h/v)	[m/m]	0.67
Section déblais	[m <sup>2</sup> ]	0.19
Longueur	[m]	1657

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	309.3

**Tableau 70 – Métré pour la réalisation du canal CTM-RG en amont de la Kansega**

Paramètres	Unité	Valeur
Revêtement		Maçonnerie
Section		Rectangulaire
Largeur au plafond	[m]	2.50
Pente de talus (h/v)	[m/m]	0

Paramètres	Unité	Valeur
Hauteur totale	[m]	1.70
Epaisseur radier canal	[m]	0.4
Epaisseur mur canal		0.3
Section maçonnerie	[m <sup>2</sup> ]	2.43
Section déblais	[m <sup>2</sup> ]	4.96
Longueur du canal	[m]	7 320

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	37 482.7
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	[m <sup>3</sup> ]	18 363.5

A intervalle régulier, l'eau drainée par le contre-drain est renvoyée vers la vallée en franchissant le canal tête morte. Le franchissement se fait un ouvrage de type buse sous canal. L'ouvrage est présenté dans le cahier des plans.

En phase APS, ces ouvrages sont prévus à raison de 1 ouvrage tous les 300 m de canal. L'implantation de ces ouvrages sera précisée en phase d'avant-projet détaillé.

Le tableau ci-dessous donne le nombre et les caractéristiques de cet ouvrage.

**Tableau 71 – Ouvrage pour drainage sous CTM-RD**

Paramètres	Unité	Valeur	
		Bief 0+000 – 5+900	Bief 5+900 -7+557
Largeur au plafond du canal	[m]	2.50	2.50
Hauteur du canal	[m]	1.70	1.70
Hauteur d'enfouissement du canal	[m]	1.20	1.20
Epaisseur radier canal	[m]	0.40	0.40
Epaisseur mur canal	[m]	0.30	0.30
Emprise de la plateforme en rive droite	[m]	2.00	2.00
Emprise de la plateforme en rive gauche	[m]	4.00	2.00
Diamètre buse	[m]	0.80	0.80
Profondeur buse sous plateforme	[m]	2.85	2.85
Longueur buse	[m]	9.10	7.10
Nombre d'ouvrages	[-]	6	20

Le canal croise 8 axes d'écoulement (PM 0+270, PM 0+375, PM 1+285, PM 2+060, PM 3+215, PM 6+350). Le passage de ces écoulements sous le canal se fait soit au moyen des buses décrites ci-dessus soit au moyen d'un aqueduc reposant sur un dalot en fonction de la largeur de l'axe à franchir. Etant donné le débit d'équipement du canal, l'ouvrage aqueduc/dalot est composé d'un canal de section rectangulaire en béton armé posé sur un dalot simple ou double également en béton armé. Cet ouvrage est présenté dans le cahier des plans. Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques de l'ouvrage et le métré des travaux nécessaires à la réalisation des 8 ouvrages.

**Tableau 72 – Aqueduc pour CTM-RG**

Paramètres	Unité	Valeur
Nombre d'ouvrages	[-]	8
<b>Canal supérieur</b>		
Largeur au plafond	[m]	2.5
Pente talus (h/v)	[m/m]	0
Hauteur du canal	[m]	1.7
Pente longitudinale	[m/m]	0.0005
<b>Dalot sous canal</b>		
Longueur dalot	[m]	4.0
Largeur dalot	[m]	2.0
Hauteur dalot	[m]	1.25

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	287.1
321.1	Enrochements de protection - moellons de 20 à 30 kg	m <sup>3</sup>	83.0
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	19.0
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	38.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	171.2

Le canal croise également 3 pistes d'une largeur de 6 m (PM 4+075, PM 5+917, PM 6+109). Un double dalot en béton armé est installé pour le passage du canal sous chacune de ces pistes. Le dalot est de section rectangulaire. Un convergent en maçonnerie de moellons réalisé à l'entrée et à la sortie du dalot permet de passer de la section trapézoïdale à la section rectangulaire. Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques de l'ouvrage et le métré des travaux nécessaires à la réalisation des 3 ouvrages.

**Tableau 73 – Caractéristiques des dalots pour passage CTM-RG sous pistes et métré correspondant**

Paramètres	Unité	Valeur
Nombre d'ouvrages	[-]	3.00
Nombre de dalots par ouvrage	[-]	2.00
Longueur dalot	[m]	6.80
Largeur dalot	[m]	1.50
Hauteur dalot	[m]	1.70

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	[m <sup>3</sup> ]	93.9
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	[m <sup>3</sup> ]	19.0
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	[m <sup>3</sup> ]	167.1

### 8.2.8.2 Canal tête morte en aval de la Kansega

La cote du plan d'eau à la sortie du siphon en rive gauche de la Kansega est de 871.99 m.

Dans cette zone, la cote du terrain naturel atteint 876 m.

Le canal tête morte doit franchir cette zone haute avant de rejoindre les zones à irriguer situées juste après la transversale 3.

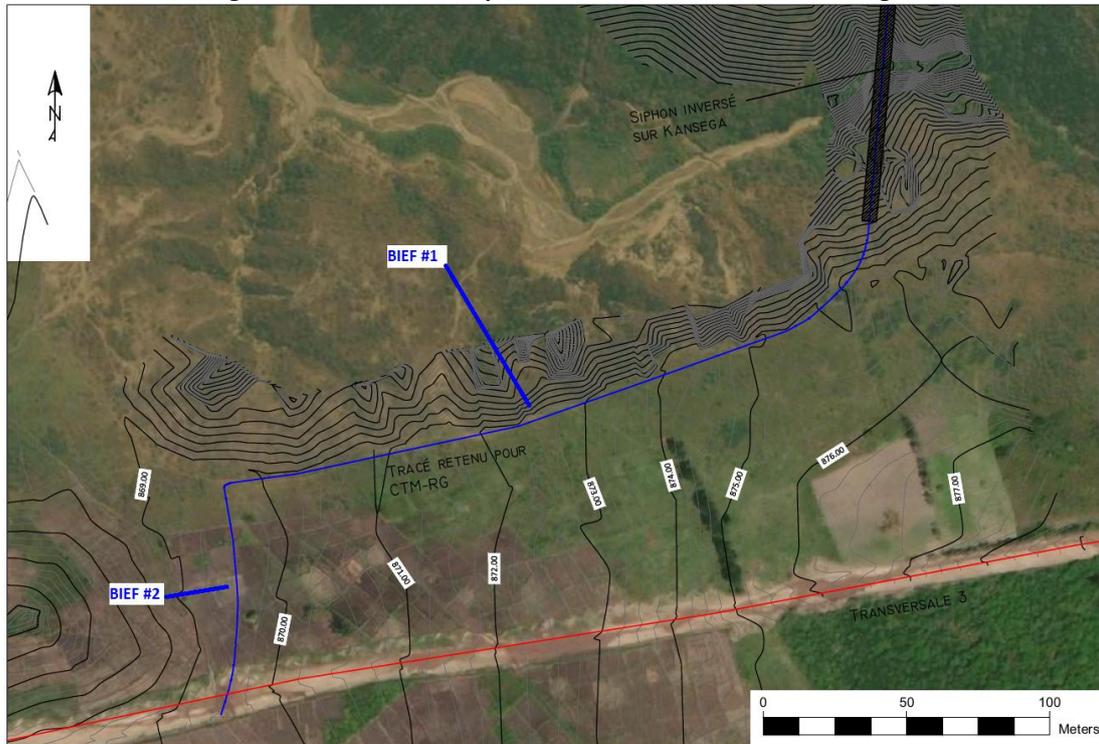
La traversée directe de la zone haute n'est pas envisageable : elle nécessiterait de creuser une tranchée pouvant atteindre 6 m de profondeur.

Le tracé retenu longe le versant de la Kansega sur une longueur de 255 m. Le diagnostic a montré que le versant de la vallée était très érodé. Le canal sera donc implanté en bord de versant, en dehors de la zone

d'érosion. Une fois que le canal atteint la cote ~ 872, il bifurque vers le sud, en direction de la transversale 5 et de la zone à irriguer (longueur : 85 m)

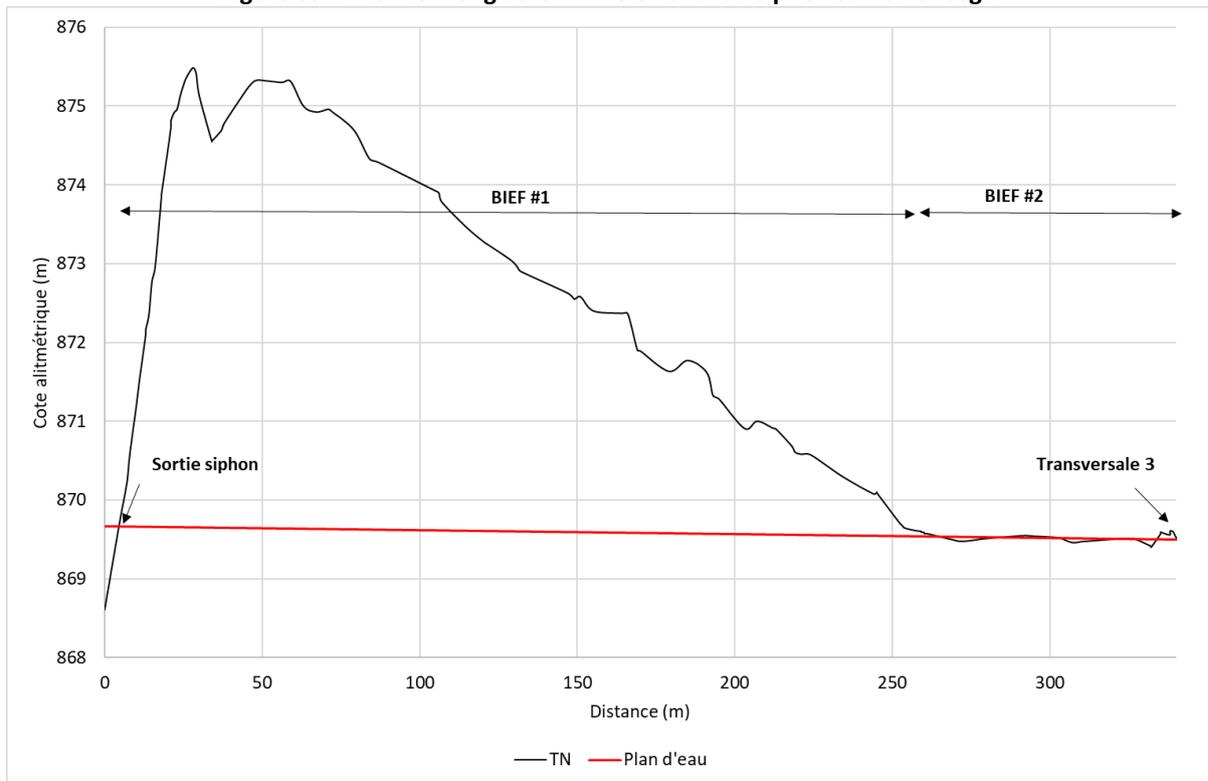
La figure ci-dessous illustre le tracé retenu.

**Figure 38 – Tracé retenu pour le CTM-RG en aval de la Kansega**



La figure ci-dessous montre le profil en long correspondant à ce tracé de canal.

Figure 39 – Profil en long du CTM-RG en aval du siphon sur la Kansega



Cette figure montre que le tracé du CTM-RG en aval du siphon est composé de deux tronçons :

- Bief #1 : sur une longueur de 255 m depuis la sortie du siphon. Ce bief correspond à la portion du canal longeant le versant de la Kansega et nécessitant un terrassement important avant l'implantation du canal ;
- Bief #2 : sur une longueur de 85 m entre l'extrémité du bief #1 et la traversée de la transversale 3. Ce tronçon ne nécessite pas de terrassements particuliers autres que ceux liés à la réalisation du canal.

Les travaux de terrassement réalisés sur le Bief #1 consistent à réaliser une plateforme horizontale dans laquelle le canal est implanté. La cote de la plateforme correspond à la cote plan d'eau maximale dans le canal.

Cette plateforme est équipée des éléments suivants :

- Le canal tête morte ;
- Une bande de circulation de 1 m de large en rive gauche du canal ;
- Un drain (Drain #1).

En rive gauche, la liaison entre la plateforme et le TN est réalisée par un talus adoptant une pente (h/v) de 4/5. Une risberme de 1 m de large est prévue par tranche de dénivelée de 3 m.

En rive droite, la liaison avec le versant de la Kansega se fait en prolongeant horizontalement la plateforme jusqu'à atteindre le versant.

En plus du drain présent sur la plateforme, un drain (Drain #2) est réalisé au sommet du talus pour éviter une dégradation des talus constitués d'un matériau sensible à l'érosion (comme cela est visible actuellement avec les griffures d'érosion profondes causées par les eaux de drainage et de ruissellement en provenance des rizières et de la transversale TR3).

Enfin, les écoulements repris par les deux drains doivent être renvoyés vers la vallée de la Kansega via un axe d'écoulement naturel présent à proximité de la transversale 3. Ceci nécessite de faire passer ces écoulements sous le canal au moyen d'un dalot.

Les paragraphes suivants présentent les dimensions et détails des travaux nécessaires à la réalisation de ces différents éléments.

Pour limiter au maximum l'emprise du canal et donc l'importance des travaux de terrassement, le canal est réalisé en béton armé et adopte une section rectangulaire depuis la sortie du siphon jusqu'à la transversale 3. Le canal est partiellement enterré dans la plateforme, seule la partie correspondante à la revanche dépasse. Le radier du canal a une épaisseur de 0.20 m, les voiles ont une épaisseur de 0.15 m. La hauteur de revanche est prise égale à 25% de la hauteur d'eau maximale dans le canal. Le dimensionnement se fait par l'équation de Manning. Le tableau ci-dessous présente le détail du dimensionnement et le métré correspondant.

**Tableau 74 – Dimensionnement du CTM-RG en aval du franchissement de la Kansega et métré correspondant**

Paramètres de dimensionnement		
Paramètres	Unité	Valeur
Revêtement		Béton
Section		Rectangulaire
Coef. Manning	[-]	0.014
Débit équipement	[m <sup>3</sup> /s]	2.268
Largeur au plafond	[m]	2.00
Hauteur d'eau	[m]	1.09
Pente de talus (h/v)	[m/m]	0
Pente longitudinale	[m/m]	0.0005
Vitesse d'écoulement	[m/s]	1.04
Revanche	[m]	0.27
Hauteur totale	[m]	1.40
Epaisseur voile	[m]	0.15
Epaisseur radier	[m]	0.2
Section béton	[m <sup>2</sup> ]	0.88
Section déblais	[m <sup>2</sup> ]	2.98
Longueur du canal	[m]	340

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	[m <sup>3</sup> ]	299.2
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	1 012.3

Le tableau ci-dessous présente les dimensions adoptées pour les deux drains et le métré correspondant.

**Tableau 75 – Dimensionnement des drains et métré correspondant**

Paramètres	Unité	Valeur
Largeur au plafond	[m]	0.3
Profondeur	[m]	0.35
Pente de talus (h/v)	[m/m]	0.67
Section déblais	[m <sup>2</sup> ]	0.13
Longueur Drain #1	[m]	255
Longueur Drain #2	[m]	235

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	65.7

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques et métré du dalot pour passage des eaux de drainage sous le canal.

**Tableau 76 – Dimensionnement du dalot et mètre correspondant**

Paramètres	Unité	Valeur
Longueur	[m]	3.80
Largeur	[m]	0.80
Hauteur	[m]	0.70

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	[m <sup>3</sup> ]	8.6
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	[m <sup>2</sup> ]	4.3
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	[m <sup>3</sup> ]	1.7
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	[m <sup>3</sup> ]	15.7

Sur base de ces différents éléments, le tableau suivant présente les caractéristiques adoptées pour les travaux de terrassement.

**Tableau 77 – Paramètres dimensionnels des travaux de terrassement et mètre correspondant**

Paramètres	Unité	Valeur
Largeur plateforme rive gauche canal	[m]	3.00
Largeur plateforme rive droite canal	[m]	Variable
Pente de talus (h/v)	[m]	0.80

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	8 723.0

Le tableau ci-dessous présente le métré pour l'ensemble des travaux liés à cette partie du canal.

**Tableau 78 – Métré des travaux pour la réalisation du CTM-RG en aval de la Kansega**

Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	9801.1
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	[m <sup>3</sup> ]	8.6
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	[m <sup>2</sup> ]	4.3
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	[m <sup>3</sup> ]	300.9
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	[m <sup>3</sup> ]	15.7

### 8.2.8.3 Synthèse des travaux pour le CTM-RG

Le tableau ci-dessous présente le métré pour l'ensemble des travaux pour la réalisation du canal tête morte en rive gauche.

Comme présenté plus haut, le canal de tête morte sera protégé de part et d'autre de son emprise sur une bande de 5 m végétalisée avec du vétiver (densité 0.5 x 0.5 m) et une haie vive d'Umunyari (Euphorbe - 1 plant par mètre), ce qui représente une superficie protégée de 7.7 ha, 308 000 plants de vétiver et 15400 pieds d'Umunyari.

En raison de sa profondeur (~1.7 m), le canal sera en outre équipé de garde-corps tout le long des traversées des villages, soit environ 550 m. Afin de faciliter le passage d'une rive à l'autre du canal, des passerelles en béton armé équipées de garde-corps sont prévues tous les 500 m soit 16 passerelles.

**Tableau 79 – Métré des travaux pour la réalisation du CTM-RG**

Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	48 086.8
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	377.2
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	5 217.2
222	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	519.5
302.1	Fouilles d'ouvrages en terrain compacté	m <sup>3</sup>	102.5
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	448.6
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	940.0
331.1	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	4.3
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	17.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	446.3
351	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	18 628.0
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	705.0
413	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 800	ml	37.2
643.002	Garde-corps pour passerelle (Hauteur=1.10m, fixation sur poutre tous les mètres, double barre horizontale)	ml	615.6
1000	Zone tampon 5 m - Haie Umunyari + vétiver	ml	7 700.0
2001	Conduite acier soudé DN1200 PN6 (fourniture et pose)	ml	118.0
2002	Chambre de purge équipée pour conduite acier 1200	ff	1.0

### 8.3 Réseau d'irrigation

Le réseau d'irrigation est dimensionné sur base des besoins en eau du Riz de 150 jours.

Pour rappel (8.1.4), les canaux situés le plus bas dans la hiérarchie sont dimensionnés en considérant le besoin en eau du Riz 150 j « à la parcelle » en saison B, c'est-à-dire 2.0 l/s/ha. Les canaux de niveau supérieur sont dimensionnés en considérant le besoin en eau du Riz 150 j « au périmètre » en saison A/B. Il s'agit d'un débit de 1.45 l/s/ha.

Les levés topographiques détaillés réalisés sur la zone à aménager ont permis de tracer l'ensemble du réseau de canaux primaires, secondaires, tertiaires et quaternaires ainsi que les arroseurs. Les profils en long réalisés au stade APS mettent en évidence la présence de pentes importantes sur le tracé de certains canaux du réseau d'irrigation. Les profils des canaux devront être modifiés en y incorporant des chutes pour limiter les pentes et les vitesses d'écoulement. Les profils en long des canaux d'irrigation seront présentés en phase APD.

Suivant la qualité des terrains de fondation, certains tronçons de canaux seront revêtus pour limiter le risque de pertes par infiltration. Pour la zone de l'aménagement se situant en rive droite de la Kaburantwa, il s'agit des canaux dont les sols de fondation sont de type régosol typique. Pour la zone de l'aménagement se situant en rive gauche de la Kaburantwa, il s'agit des canaux dont la fondation est un sol de type régosol eutrophe. Les investigations géotechniques sur les fondations des canaux principaux permettront de déterminer la nécessité au pas de les revêtir.

#### 8.3.1 Débits de dimensionnement des canaux

Les superficies irriguées et les gabarits des canaux correspondant aux débits de projets du réseau primaire, et secondaire, tertiaire et quaternaire sont présentés dans les tableaux des pages suivantes.

##### 8.3.1.1 Canaux primaires

Les superficies dominées et les gabarits des canaux d'irrigation primaires correspondants sont présentés aux tableaux ci-dessous.

**Tableau 80 –Canal primaire en rive droite - Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Bloc irrigué		Canal Primaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
01	252	CP.RD	0	3 456
02.01	21	CP.RD	342	2 880
02.02	52	CP.RD	1614	2 844
03	113	CP.RD	1209	2 736
04	564	CP.RD	786	2 448
05	149	CP.RD	417	1 080
07	175	CP.RD	1923	720
06	97	CP.RD	133	252

**Tableau 81 –Canal primaire en rive gauche - Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Bloc		Canal Primaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
08	124	CP.RG	0	468
09	285	CP.RG	440	432
10	126	CP.RG	754	396
11.01	7	CP.RG	1081	288
11.02	7	CP.RG	952	288
12	175	CP.RG	1438	288

**8.3.1.2 Canaux secondaires, tertiaires, quaternaires**

Les superficies dominées et les gabarits des canaux d'irrigation correspondant sont présentés par bloc aux tableaux ci-dessous.

**a. Canal secondaire 01****Tableau 82 – Bloc 01 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
01.01.01	13	CQ01.01.01	377	36	CT01.01	223	216	CS01	1101	576
01.01.02	22	CQ01.01.02	692	72	CT01.01	223	180	-	-	360
01.01.03	24	CQ01.01.03	882	72	CT01.01	223	144	-	-	360
01.01.04	24	CQ01.01.04	882	72	CT01.01	223	108	-	-	360
01.01.05	27	CQ01.01.05	881	72	CT01.01	223	72	-	-	360
-	-	-	-	-	CT01.02	5	72	CS01	1101	360
01.02a	13	-	-	-	CT01.02a	664	36	-	-	288
01.02b	13	-	-	-	CT01.02b	378	36	-	-	288
01.03.01	12	CQ01.03.01	378	36	CT01.03	152	180	CS01	1101	288
01.03.02	12	CQ01.03.02	378	36	CT01.03	152	144	-	-	108
01.03.03	12	CQ01.03.03	378	36	CT01.03	152	108	-	-	108
01.03.04	11	CQ01.03.04	378	36	CT01.03	152	72	-	-	108
01.03.05	16	CQ01.03.05	756	36	CT01.03	152	36	-	-	108
01.04a	10	-	-	-	CT01.04a	542	36	CS01	1101	108
01.04b	21	-	-	-	CT01.04b	1236	36	-	-	-
01.04c	22	-	-	-	CT01.04c	319	36	-	-	-

**b. Canal secondaire 02****Tableau 83 – Réseau d'irrigation Bloc 02 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
02.01	21	-	-	-	CT02.01	598	72
02.02.01	27	CQ01.02.01	235	36	CT02.02	289	108
02.02.02	11	CQ01.02.02	372	36	CT02.02	289	72
02.02.03	14	CQ01.02.03	579	36	CT02.02	289	36

**c. Canal secondaire 03****Tableau 84 - Réseau d'irrigation Bloc 03 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
03.01.01	8	CQ03.01.01	94	36	CT03.01	144	72	CS03	273	288
03.01.02	13	CQ03.01.02	244	36	CT03.01	144	36	-	-	216
03.02	27	-	-	-	CT03.02	853	72	CS03	273	216
03.03	12	-	-	-	CT03.03	483	36	CS03	273	144
03.04	22	-	-	-	CT03.04	950	36	CS03	273	108
03.05	15	-	-	-	CT03.05	572	36	CS03	273	72
03.06	15	-	-	-	CT03.06	572	36	CS03	273	36

**d. Canal secondaire 04****Tableau 85 – Réseau d'irrigation Bloc 04 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quatenaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
04.01.01	20	CQ04.01.01	496	36	CT04.01	247	252	CS04	510	1368
04.01.02	24	CQ04.01.02	864	72	CT04.01	247	216			1116
04.01.03	24	CQ04.01.03	864	72	CT04.01	247	180			1116
04.01.04	24	CQ04.01.04	863	72	CT04.01	247	144			1116
04.01.05	24	CQ04.01.05	863	72	CT04.01	247	108			1116
04.01.06	29	CQ04.01.06	862	72	CT04.01	247	72			1116
04.02	3	-	-	-	CT04.02	-	216	CS04	510	1116
04.02.01	10	CQ04.02.01	378	36	CT04.02	222	216			900
04.02.02	12	CQ04.02.02	378	36	CT04.02	222	180			900
04.02.03	12	CQ04.02.03	378	36	CT04.02	222	144			900
04.02.04	19	CQ04.02.04	567	36	CT04.02	222	108			900
04.02.05	15	CQ04.02.05	565	36	CT04.02	222	72			900
04.02.06	17	CQ04.02.06	429	36	CT04.02	222	36			900
04.03	10	-	-	-	CT04.03	696	36	CS04	510	900
04.04	43	-	-	-	CT04.04	1313	72	CS04	510	864
04.05.01	11	CQ04.05.01	379	36	CT04.05	129	72	CS04	510	792
04.05.02	13	CQ04.05.02	378	36	CT04.05	129	36			720
04.06.01	8	CQ04.06.01	599	36	CT04.06	335	108	CS04	510	720
04.06.02	29	CQ04.06.02	999	72	CT04.06	335	72			612
04.07.01	12	CQ04.07.01	374	36	CT04.07	190	144	CS04	510	612
04.07.02	12	CQ04.07.02	374	36	CT04.07	190	108			468
04.07.03	9	CQ04.07.03	186	36	CT04.07	190	72			468
04.07.04	8	CQ04.07.04	186	36	CT04.07	190	36			468
04.08	27	-	-	-	CT04.08	825	72	CS04	510	468
04.09	31	-	-	-	CT04.09	-	72	CS04	510	396

Quartier		Canal Quatenaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
04.09.01	10	CQ04.09.01	577	36	CT04.09	1033	72			324
04.09.02	10	CQ04.09.02	383	36	CT04.09	1033	36			324
04.10.01	5	CQ04.10.01	198	36	CT04.10	153	144	CS04	510	324
04.10.02	9	CQ04.10.02	194	36	CT04.10	153	108			180
04.10.03	9	CQ04.10.03	194	36	CT04.10	153	72			180
04.10.04	11	CQ04.10.04	194	36	CT04.10	153	36			180
04.11.01	4	CQ04.11.01	106	108	CT04.11	-	180	CS04	510	180
04.11.01a	19	CQ04.11.01a	672	72	CT04.11	175	144			0
04.11.01b	9	CQ04.11.01b	701	36	CT04.11	175	144			0
04.11.02	17	CQ04.11.02	572	72	CT04.11	175	144			0
04.11.03	11	CQ04.11.03	383	36	CT04.11	175	72			0
04.11.04	5	CQ04.11.04	194	36	CT04.11	175	36			0

#### e. Canal secondaire 05

Tableau 86 – Réseau d'irrigation Bloc 05 : Synthèse superficies dominées et débits de projet

Quartier		Canal Quatenaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
05.01.01	12	CQ05.01.01	384	36	CT05.01	169	108	CS05	491	360
05.01.02	12	CQ05.01.02	383	36	CT05.01	169	72			252
05.01.03	19	CQ05.01.03	632	36	CT05.01	169	36			252
05.02	54	-	-	-	CT05.02	546	180	CS05	491	252
05.02.01	12	CQ05.02.01	383	36	CT05.02	546	144			72
05.02.02	13	CQ05.02.02	383	36	CT05.02	546	108			72
05.03	27	-	-	-	CT05.03	1478	72	CS05	491	72

**f. Canal secondaire 06****Tableau 87 – Réseau d'irrigation Bloc 06 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
06	7	-	-	-	-	-	-	CS06		252
06.01	12	-	-	-	CT06.01	276	36	CS06	208	216
06.02	4	-	-	-	-	-	-	CS06	208	216
06.02.01	13	CQ06.02.01	198	36	CT06.02	353	108			108
06.02.02	14	CQ06.02.02	380	36	CT06.02	353	72			108
06.02.03	14	CQ06.02.03	380	36	CT06.02	353	36			108
06.03.01	12	CQ06.03.01	378	36	CT06.03	231	108	CS06	208	108
06.03.02	12	CQ06.03.02	378	36	CT06.03	231	72			0
06.03.03	14	CQ06.03.03	378	36	CT06.03	231	36			0

**g. Canal secondaire 07****Tableau 88 – Réseau d'irrigation Bloc 07 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
07.01	8	-	-	-	CT07.01	414	36	CS07	285	468
07.02	18	-	-	-	CT07.02	402	36	CS07	285	432
07.03	20	-	-	-	CT07.03	764	36	CS07	285	396
07.04	5	-	-	-	CT07.04	310	108	CS07	285	360
07.04.01	14	CQ07.04.01	383	36	CT07.04	310	72	-	-	252
07.04.02	10	CQ07.04.02	383	36	CT07.04	310	36	-	-	252
07.05	17	-	-	-	CT07.05	708	36	CS07	285	252
07.06.01	14	CQ07.06.01	382	36	CT07.06	207	108	CS07	285	216
07.06.02	14	CQ07.06.02	382	36	CT07.06	207	72	-	-	108
07.06.03	11	CQ07.06.03	383	36	CT07.06	207	36	-	-	108

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
07.07	14	-	-	-	CT07.07	745	36	CS07	285	108
07.08.01	15	CQ07.08.01	383	36	CT07.08	269	72	CS07	285	72
07.08.02	18	CQ07.08.02	383	36	CT07.08	269	36	-	-	0

#### h. Canal secondaire 08

Tableau 89 – Réseau d'irrigation Bloc 08 : Synthèse superficies dominées et débits de projet

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
08.01.01	6	CQ08.01.01	189	36	CT08.01	108	72	CS08	413	396
08.01.02	12	CQ08.01.02	460	36	CT08.01	108	36	-	-	324
08.02.01	11	CQ08.02.01	383	36	CT08.02	150	108	CS08	413	324
08.02.02	5	CQ08.02.02	194	36	CT08.02	150	72	-	-	216
08.02	3	-	-	-	CT08.02	150	36	-	-	216
08.03	39	-	-	-	CT08.03	826	72	CS08	413	216
08.04.01	32	-	-	72	CT08.04	800	144	CS08	413	144
08.04.02	5	-	-	36	CT08.04	800	72	-	-	0
08.04.03	11	-	-	36	CT08.04	800	36	-	-	0

**i. Canal secondaire 09****Tableau 90 – Réseau d'irrigation Bloc 09 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quatenaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
09.01.01	9	CQ09.01.01	306	36	CT09.01	133	108	CS09	189	864
09.01.02	10	CQ09.01.02	354	36	CT09.01	133	72			756
09.01.03	12	CQ09.01.03	378	36	CT09.01	133	36			756
09.02	13	-	-	-	CT09.02	309	36	CS09	189	756
09.03.01	10	CQ09.03.01	378	36	CT09.03	128	108	CS09	189	720
09.03.02	10	CQ09.03.02	378	36	CT09.03	128	72			612
09.03.03	13	CQ09.03.03	378	36	CT09.03	128	36			612
09.04.01	10	CQ09.04.01	378	36	CT09.04	128	108	CS09	189	612
09.04.02	10	CQ09.04.02	378	36	CT09.04	128	72			504
09.04.03	10	CQ09.04.03	378	36	CT09.04	128	36			504
09.05.01	8	CQ09.05.01	194	36	CT09.05	128	108	CS09	189	504
09.05.02	9	CQ09.05.02	194	36	CT09.05	128	72			396
09.05.03	5	CQ09.05.03	194	36	CT09.05	128	36			396
09.06.01	6	CQ09.06.01	194	36	CT09.06	383	36	CS09	189	396
09.07	21	-	-	-	CT09.07	663	72	CS09	189	360
09.07.01	9	CQ09.07.01	355	36	CT09.07	663	36			288
09.08a	10	-	-	-	CT09.08	310	288	CS09	189	288
09.08.01	11	CQ09.08.01	383	36	CT09.08	310	216			0
09.08.02	3	CQ09.08.02	396	108	CT09.08	310	180			0
09.08.02a	43	CQ09.08.02a	729	72	CT09.08	310	72			0
09.08.02b	12	CQ09.08.02b	250	36	CT09.08	310	72			0
09.08.03	20	CQ09.08.03	750	36	CT09.08	310	72			0
09.08b	13	-	-	-	CT09.08	310	36			0

**j. Canal secondaire 10****Tableau 91 – Réseau d'irrigation Bloc 10 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quatenaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
10.01	39	-	-	-	CT10.01	1609	72	CS10	175	360
10.02	8	-	-	-	CT10.02	204	36	CS10	175	288
10.03	8	-	-	-	CT10.03	204	36	CS10	175	252
10.04	8	-	-	-	CT10.04	204	36	CS10	175	216
10.05	6	-	-	-	CT10.05	204	36	CS10	175	180
10.06	14	-	-	-	CT10.06	277	144	CS10	175	144
10.06.01	33	CQ10.06.01	1280	72	CT10.06	277	72	-	-	-
10.06.02	11	CQ10.06.02	500	36	CT10.06	277	36	-	-	-

**k. Canal secondaire 11****Tableau 92 – Réseau d'irrigation Bloc 11 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quatenaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
11.01	7	-	-	-	CT11.01	522	36	-	-	-
11.02	7	-	-	-	CT11.02	514	36	-	-	-

**I. Canal secondaire 12****Tableau 93 – Réseau d'irrigation Bloc 12 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
12.01	18	-	-	-	CT12.01	994	36	CS12	429	468
12.02	14	-	-	-	CT12.02	1022	36	CS12	429	432
12.03	15	-	-	-	-	-	-	CS12	429	396
12.03.01	6	CQ12.03.01	194	36	CT12.03	383	108			288
12.03.02	5	CQ12.03.02	189	36	CT12.03	383	36			288
12.04	54	-	-	-	CT12.04	1561	108	CS12	429	288
12.05a	11	-	-	-	-	-	-	CS12	429	180
12.05b	4	-	-	-	-	-	-			0
12.05.01	21	CQ12.05.01	699	36	CT12.05	506	180			0
12.05.02	22	CQ12.05.02	1039	36	CT12.05	506	72			0
12.05.03	4	CQ12.05.03	437	36	CT12.05	506	36			0

**m. Canal secondaire 13****Tableau 94 – Réseau d'irrigation Bloc 13 : Synthèse superficies dominées et débits de projet**

Quartier		Canal Quaternaire			Canal Tertiaire			Canal Secondaire		
Code	Superficie [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
13	9	-	-	-	-	-	-	CS13	593	108
13.01	20	-	-	-	CT13.01	695	36	CS13		
13.02	21	-	-	-	CT13.02	1008	36	CS13		

### 8.3.2 Terrassement des canaux

Le réseau d'irrigation est constitué de canaux en terre et de canaux revêtus quand les sols sont trop perméables. Les canaux sont réalisés principalement en déblais, les sections en remblais sont autant que possible minimisées. Le cas échéant, les terres en déblais seront utilisées pour la confection des diguettes et cavaliers. Les tableaux des pages suivantes présentent les quantités de terrassements estimées pour les réseaux primaires, secondaires, tertiaires et quaternaires. Le détail des quantités calculées sera fourni en phase APD en même temps que les profils en long et en travers.

#### 8.3.2.1 Canaux primaires

##### a. Rive droite Kaburantwa

Tableau 95 – Réseau d'irrigation Canal primaire en rive droite de la Kaburantwa : Terrassements

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>
CP.RD	1 421.6	6 423	16 375.6	7 142.0	4 385.4

##### b. Rive gauche Kaburantwa

Tableau 96 – Réseau d'irrigation Canal primaire en rive gauche de la Kaburantwa : Terrassements

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>
CP.RG	766.5	4 664	6 411.4	4 361.4	2 899.3

#### 8.3.2.2 Canaux secondaires, tertiaires, quaternaires

##### a. Bloc 01

Tableau 97 – Réseau d'irrigation Bloc 01 : Terrassements

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS01	251.9	4 404.0	3 991.4	2 836.2	0.0	12 141.7	9 731.2
CT01.01	110.0	1 115.9	659.9	460.6	0.0		
CQ01.01.01	12.8	377.0	125.4	107.1	0.0		
CQ01.01.02	22.3	692.0	281.8	233.7	0.0		
CQ01.01.03	24.1	882.0	359.1	297.8	0.0		
CQ01.01.04	24.1	882.0	359.1	297.8	0.0		
CQ01.01.05	26.8	881.0	358.7	297.5	0.0		
CT01.02	26.3	5.0	348.6	297.7	0.0		
CT01.02a	12.9	664.0	220.9	188.7	0.0		
CT01.02b	13.4	378.0	125.7	107.4	0.0		
CT01.03	63.3	762.4	386.7	284.1	0.0		
CQ01.03.01	12.3	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ01.03.02	12.0	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ01.03.03	12.1	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ01.03.04	10.6	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ01.03.05	16.3	756.0	251.5	214.8	0.0		
CT01.04a	10.1	542.0	180.3	154.0	0.0		
CT01.04b	20.8	1 236.0	411.1	351.2	0.0		
CT01.04c	21.6	319.0	106.1	90.6	0.0		

**b. Bloc 02****Tableau 98 – Réseau d'irrigation Bloc 02 : Terrassements**

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CT02.01	21.4	598.0	198.9	169.9	0.0	3 811.5	3 054.8
CT02.02	51.6	866.0	372.7	293.3	0.0		
CQ02.02.01	9.2	235.0	78.2	66.8	0.0		
CQ02.02.02	10.8	372.0	123.7	105.7	0.0		
CQ02.02.03	13.7	579.0	192.6	164.5	0.0		

**c. Bloc 03****Tableau 99 – Réseau d'irrigation Bloc 03 : Terrassement**

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS03	113.2	1 638.0	955.6	702.0	0.0	5 301.6	4 249.1
CT03.01	21.5	288.0	106.5	89.5	0.0		
CQ03.01.01	8.3	94.0	31.3	26.7	0.0		
CQ03.01.02	13.3	244.0	81.2	69.3	0.0		
CT03.02	27.1	853.0	347.3	288.0	0.0		
CT03.03	11.9	483.0	160.6	137.2	0.0		
CT03.04	22.3	950.0	316.0	269.9	0.0		
CT03.05	15.1	572.0	190.3	162.5	0.0		
CT03.06	15.3	572.0	190.3	162.5	0.0		

**d. Bloc 04****Tableau 100 – Réseau d'irrigation Bloc 04 : Terrassement**

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS04	564.0	5 606.0	7 597.9	4 963.5	583.7	25 409.7	20 365.2
CT04.01	145.7	1 481.0	941.1	669.2	0.0		
CQ04.01.01	19.9	496.0	165.0	140.9	0.0		
CQ04.01.02	24.1	864.0	351.8	291.8	0.0		
CQ04.01.03	24.1	864.0	351.8	291.8	0.0		
CQ04.01.04	24.1	863.0	351.4	291.4	0.0		
CQ04.01.05	24.1	863.0	351.4	291.4	0.0		
CQ04.01.06	29.5	862.0	351.0	291.1	0.0		
CT04.02	87.3	1 332.0	730.2	521.3	0.0		
CQ04.02.01	9.5	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ04.02.02	12.1	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ04.02.03	11.9	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ04.02.04	18.8	567.0	188.6	161.1	0.0		
CQ04.02.05	15.2	565.0	187.9	160.5	0.0		
CQ04.02.06	16.9	429.0	142.7	121.9	0.0		
CT04.03	10.1	696.0	231.5	197.8	0.0		
CT04.04	42.8	975.0	513.0	435.9	103.5		
CT04.05	24.0	257.0	95.1	79.9	0.0		
CQ04.05.01	11.5	379.0	126.1	107.7	0.0		
CQ04.05.02	12.5	378.0	125.7	107.4	0.0		
CT04.06	36.4	669.0	320.6	244.8	0.0		

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CQ04.06.01	7.7	599.0	199.2	170.2	0.0		
CQ04.06.02	28.7	999.0	406.8	337.3	0.0		
CT04.07	40.1	761.0	302.7	255.0	244.8		
CQ04.07.01	11.9	374.0	124.4	106.3	0.0		
CQ04.07.02	11.5	374.0	124.4	106.3	0.0		
CQ04.07.03	8.8	186.0	61.9	52.8	0.0		
CQ04.07.04	7.9	186.0	61.9	52.8	0.0		
CT04.08	26.6	825.0	335.9	278.6	0.0		
CT04.09	51.6	2 065.0	763.8	642.0	0.0		
CQ04.09.01	9.8	577.0	191.9	163.9	0.0		
CQ04.09.02	10.4	383.0	127.4	108.8	0.0		
CT04.10	33.9	612.0	289.3	220.3	0.0		
CQ04.10.01	4.5	198.0	65.9	56.3	0.0		
CQ04.10.02	9.2	194.0	64.5	55.1	0.0		
CQ04.10.03	9.2	194.0	64.5	55.1	0.0		
CQ04.10.04	11.0	194.0	64.5	55.1	0.0		
CT04.11	65.4	700.0	347.3	257.1	0.0		
CQ04.11.01	4.1	106.0	58.4	41.8	0.0		
CQ04.11.01a	19.0	672.0	273.6	226.9	0.0		
CQ04.11.01b	9.0	701.0	233.2	199.2	0.0		
CQ04.11.02	16.8	572.0	232.9	193.2	0.0		
CQ04.11.03	11.5	383.0	127.4	108.8	0.0		
CQ04.11.04	5.0	194.0	64.5	55.1	0.0		

**e. Bloc 05**

Tableau 101 – Réseau d'irrigation Bloc 05 : Terrassement

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS05	175.5	1 474.0	1 101.3	840.7	0.0	6 758.5	5 416.8
CT05.01	43.1	507.0	218.2	171.7	0.0		
CQ05.01.01	12.1	384.0	127.7	109.1	0.0		
CQ05.01.02	12.2	383.0	127.4	108.8	0.0		
CQ05.01.03	18.8	632.0	210.2	179.6	0.0		
CT05.02	79.4	1 638.0	750.0	512.9	0.0		
CQ05.02.01	11.8	383.0	127.4	108.8	0.0		
CQ05.02.02	13.2	383.0	127.4	108.8	0.0		
CT05.03	26.5	1 478.0	601.8	499.1	0.0		

**f. Bloc 06**

Tableau 102 – Réseau d'irrigation Bloc 06 : Terrassements

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS06	96.6	623.0	448.8	316.9	0.0	5 473.6	4 387.0
CT06.01	11.9	276.0	91.8	78.4	0.0		
CT06.02	43.9	1 058.0	455.3	358.3	0.0		
CQ06.02.01	12.8	198.0	65.9	56.3	0.0		

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CQ06.02.02	13.6	380.0	126.4	108.0	0.0		
CQ06.02.03	13.9	380.0	126.4	108.0	0.0		
CT06.03	38.2	694.0	298.7	235.0	0.0		
CQ06.03.01	12.2	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ06.03.02	12.2	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ06.03.03	13.9	378.0	125.7	107.4	0.0		

**g. Bloc 07****Tableau 103 – Réseau d'irrigation Bloc 07 : Terrassements**

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS06	96.6	623.0	448.8	316.9	0.0	5 473.6	4 387.0
CT06.01	11.9	276.0	91.8	78.4	0.0		
CT06.02	43.9	1 058.0	455.3	358.3	0.0		
CQ06.02.01	12.8	198.0	65.9	56.3	0.0		
CQ06.02.02	13.6	380.0	126.4	108.0	0.0		
CQ06.02.03	13.9	380.0	126.4	108.0	0.0		
CT06.03	38.2	694.0	298.7	235.0	0.0		
CQ06.03.01	12.2	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ06.03.02	12.2	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ06.03.03	13.9	378.0	125.7	107.4	0.0		

**h. Bloc 08****Tableau 104 – Réseau d'irrigation Bloc 08 : Terrassements**

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS08	124.2	1 650.0	1 359.1	983.8	223.4	6 082.0	4 874.6
CT08.01	17.5	216.0	68.3	63.0	61.7		
CQ08.01.01	6.0	189.0	54.7	50.7	50.1		
CQ08.01.02	11.6	460.0	133.2	123.3	121.9		
CT08.02	20.3	451.0	194.1	152.7	0.0		
CQ08.02.01	11.8	383.0	110.9	102.6	101.5		
CQ08.02.02	5.4	194.0	64.5	55.1	0.0		
CT08.03	38.5	826.0	336.3	278.9	0.0		
CT08.04	47.9	2 401.0	1 071.9	836.7	0.0		

**i. Bloc 09****Tableau 105 – Réseau d'irrigation Bloc 09 : Terrassements**

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS09	295.2	1 511.0	1 780.8	1 192.2	0.0	17 533.3	14 052.5
CT09.01	31.0	398.0	171.3	134.8	0.0		
CQ09.01.01	9.1	306.0	101.8	86.9	0.0		
CQ09.01.02	10.0	354.0	117.7	100.6	0.0		
CQ09.01.03	11.8	378.0	125.7	107.4	0.0		
CT09.02	13.5	309.0	102.8	87.8	0.0		
CT09.03	33.1	383.0	164.8	129.7	0.0		
CQ09.03.01	10.0	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ09.03.02	10.1	378.0	125.7	107.4	0.0		

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CQ09.03.03	13.0	378.0	125.7	107.4	0.0		
CT09.04	30.2	383.0	164.8	129.7	0.0		
CQ09.04.01	10.0	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ09.04.02	10.1	378.0	125.7	107.4	0.0		
CQ09.04.03	10.1	378.0	125.7	107.4	0.0		
CT09.05	21.9	383.0	164.8	129.7	0.0		
CQ09.05.01	7.7	194.0	64.5	55.1	0.0		
CQ09.05.02	8.7	194.0	64.5	55.1	0.0		
CQ09.05.03	5.5	194.0	64.5	55.1	0.0		
CT09.06	12.8	383.0	110.9	102.6	101.5		
CQ09.06.01	5.6	194.0	64.5	55.1	0.0		
CT09.07	30.2	1 325.0	454.6	418.2	405.7		
CQ09.07.01	8.7	355.0	118.1	100.9	0.0		
CT09.08	122.5	1 240.0	662.9	474.3	0.0		
CQ09.08.01	11.2	383.0	127.4	108.8	0.0		
CQ09.08.02	3.2	396.0	218.3	156.1	0.0		
CQ09.08.02a	42.7	729.0	296.8	246.2	0.0		
CQ09.08.02b	12.4	250.0	83.2	71.0	0.0		
CQ09.08.03	19.9	750.0	249.5	213.1	0.0		

**j. Bloc 10**

Tableau 106 – Réseau d'irrigation Bloc 10 : Terrassements

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS10	126.0	1 049.0	801.6	580.5	64.3	7 328.2	5 873.4
CT10.01	39.2	625.0	254.5	211.0	0.0		
CT10.02	7.7	204.0	67.9	58.0	0.0		
CT10.03	7.7	204.0	67.9	58.0	0.0		
CT10.04	7.5	204.0	67.9	58.0	0.0		
CT10.05	6.0	204.0	59.1	54.7	54.0		
CT10.06	57.8	831.0	262.9	242.5	237.3		
CQ10.06.01	32.9	1 280.0	439.2	404.0	391.9		
CQ10.06.02	10.8	500.0	144.8	134.0	132.5		

**k. Bloc 11**

Tableau 107 – Réseau d'irrigation Bloc 11 : Terrassements

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CT11.01	7.0	522.0	173.6	148.3	0.0	0.0	0.0
CT11.02	7.1	514.0	171.0	146.0	0.0		

**I. Bloc 12****Tableau 108 – Réseau d'irrigation Bloc 12 : Terrassements**

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS12	174.7	2.143.0	1 983.3	1 451.3	446.7	3 579.0	2 868.5
CT12.01	18.2	994.0	330.6	282.4	0.0		
CT12.02	13.8	1.022.0	296.0	273.9	270.8		
CT12.03	26.3	765.0	287.5	242.3	234.2		
CQ12.03.01	6.45	194.0	56.2	52.0	51.4		
CQ12.03.02	5.2	189.0	54.7	50.7	50.1		
CT12.04	54.2	1.561.0	860.6	615.4	0.0		
CT12.05	62.3	1.518.0	700.7	529.0	0.0		
CQ12.05.01	20.7	699.0	232.5	198.6	0.0		
CQ12.05.02	22.23	1039.0	345.6	295.2	0.0		
CQ12.05.03	4.29	437.0	145.3	124.2	0.0		

**m. Bloc 13****Tableau 109 – Réseau d'irrigation Bloc 13 : Terrassement**

Canal	Superficie dominée ha	Longueur m	Déblais m <sup>3</sup>	Remblais m <sup>3</sup>	Maçonnerie de moellons m <sup>3</sup>	Arroseur	
						m	m <sup>3</sup>
CS13	50.0	593.0	326.9	233.8	0.0	3 149.0	2 523.8
CT13.01	19.8	500.0	166.3	142.1	0.0		
CT13.02	21.1	1 008.0	335.3	286.4	0.0		

**8.3.3 Ouvrages du réseau d'irrigation**

Au stade APS, un avant-métré des ouvrages a été réalisé afin de calculer un budget estimatif. La position des prises sur canaux principaux et les ouvrages de franchissement est présentée sur les vues en plan.

Le tableau de cotes variables et le métré détaillé de chaque ouvrage, leur position sur les profils en long seront réalisés en phase APD.

Les tableaux ci-dessous reprennent le nombre d'ouvrages de chaque type prévu sur chacun des canaux.

**8.3.3.1 Canaux primaires****a. Rive droite Kaburantwa****Tableau 110 - Réseau d'irrigation Canal primaire en rive droite de la Kaburantwa : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal	Aqueduc
CP.RD	29	0	0	8	0	16	1	1

**b. Rive gauche Kaburantwa****Tableau 111 - Réseau d'irrigation Canal primaire en rive gauche de la Kaburantwa : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal	Aqueduc
CP.RG	0	0	0	6	0	11	1	6

**8.3.3.2 Canaux secondaires, tertiaires, quaternaires****a. Bloc 01****Tableau 112 - Réseau d'irrigation Bloc 01 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>246</b>	<b>120</b>	<b>56</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>4</b>
CS01	20	0	0	4	0	12	2
CT01.01	10	0	0	5	0	5	0
CQ01.01.01	3	3	0	0	0	1	0
CQ01.01.02	10	5	0	0	0	2	0
CQ01.01.03	13	6	0	0	0	2	0
CQ01.01.04	13	6	0	0	0	2	0
CQ01.01.05	14	6	0	0	0	2	0
CT01.02	0	0	0	0	1	0	0
CT01.02a	2	3	0	0	0	2	0
CT01.02b	2	3	0	0	0	1	0
CT01.03	5	0	0	5	0	5	1
CQ01.03.01	2	3	0	0	0	1	0
CQ01.03.02	2	3	0	0	0	1	0
CQ01.03.03	2	3	0	0	0	1	0
CQ01.03.04	2	3	0	0	0	1	0
CQ01.03.05	2	5	0	0	0	2	1
CT01.04a	6	0	2	0	0	2	0
CT01.04b	11	7	0	0	0	3	0
CT01.04c	1	0	3	0	0	1	0

**b. Bloc 02****Tableau 113 - Réseau d'irrigation Bloc 02 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>71</b>	<b>43</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
CT02.01	0	2	1	0	0	2	0
CT02.02	0	4	0	2	0	3	0
CQ02.02.01	9	3	0	0	0	1	0
CQ02.02.02	14	3	0	0	0	1	0
CQ02.02.03	20	4	0	0	0	2	0

**c. Bloc 03****Tableau 114 - Réseau d'irrigation Bloc 03 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>132</b>	<b>73</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>4</b>
CS03	24	1	0	6	0	6	3
CT03.01	0	0	0	2	0	2	0
CQ03.01.01	1	2	0	0	0	1	0
CQ03.01.02	4	3	0	0	0	1	0
CT03.02	15	5	0	0	0	2	0
CT03.03	0	3	0	0	0	1	0
CT03.04	16	6	0	0	0	2	1

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
CT03.05	10	4	0	0	0	2	0
CT03.06	3	4	0	0	0	2	0

**d. Bloc 04****Tableau 115 - Réseau d'irrigation Bloc 04 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>473</b>	<b>188</b>	<b>133</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>1</b>	<b>107</b>	<b>3</b>
CS04	42	0	0	11	0	22	3
CT04.01	12	2	0	6	0	6	0
CQ04.01.01	5	3	0	0	0	1	0
CQ04.01.02	4	6	0	0	0	2	0
CQ04.01.03	2	6	0	0	0	2	0
CQ04.01.04	0	6	0	0	0	2	0
CQ04.01.05	1	6	0	0	0	2	0
CQ04.01.06	0	6	0	0	0	2	0
CT04.02	12	1	0	6	0	6	0
CQ04.02.01	0	3	0	0	0	1	0
CQ04.02.02	0	3	0	0	0	1	0
CQ04.02.03	1	3	0	0	0	1	0
CQ04.02.04	1	4	0	0	0	2	0
CQ04.02.05	1	3	0	0	0	2	0
CQ04.02.06	7	3	0	0	0	1	0
CT04.03	3	3	0	0	0	2	0
CT04.04	17	8	0	0	0	2	0
CT04.05	0	0	0	2	0	2	0
CQ04.05.01	0	3	0	0	0	1	0
CQ04.05.02	3	3	0	0	0	1	0
CT04.06	12	0	0	2	0	2	0
CQ04.06.01	8	2	0	0	0	2	0
CQ04.06.02	11	6	0	0	0	2	0
CT04.07	8	0	0	4	0	4	0
CQ04.07.01	0	3	0	0	0	1	0
CQ04.07.02	1	3	0	0	0	1	0
CQ04.07.03	6	2	0	0	0	1	0
CQ04.07.04	6	2	0	0	0	1	0
CT04.08	0	5	0	0	0	2	0
CT04.09	0	7	0	2	0	6	0
CQ04.09.01	2	3	0	0	0	2	0
CQ04.09.02	0	3	0	0	0	1	0
CT04.10	4	0	0	4	0	4	0
CQ04.10.01	0	2	0	0	0	1	0
CQ04.10.02	0	2	0	0	0	1	0
CQ04.10.03	2	2	0	0	0	1	0
CQ04.10.04	0	2	0	0	0	1	0
CT04.11	12	0	0	4	0	4	0
CQ04.11.01	2	1	0	0	1	1	0
CQ04.11.01a	1	4	0	0	0	2	0
CQ04.11.01b	1	3	0	0	0	2	0
CQ04.11.02	1	4	0	0	0	2	0
CQ04.11.03	0	3	0	0	0	1	0
CQ04.11.04	0	2	0	0	0	1	0

**e. Bloc 05****Tableau 116 - Réseau d'irrigation Bloc 05 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>90</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>9</b>
CS05	0	1	0	2	0	3	3
CT05.01	6	0	0	3	0	3	1
CQ05.01.01	1	3	0	0	0	1	0
CQ05.01.02	1	3	0	0	0	1	0
CQ05.01.03	3	2	1	0	0	2	0
CT05.02	5	4	2	2	0	5	2
CQ05.02.01	1	3	0	0	0	1	0
CQ05.02.02	0	3	0	0	0	1	0
CT05.03	10	5	0	0	0	3	3

**f. Bloc 06****Tableau 117 - Réseau d'irrigation Bloc 06 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>56</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>
CS06	0	0	0	0	0	0	0
CT06.01	1	2	0	0	0	0	0
CT06.02	3	3	0	3	0	3	0
CQ06.02.01	2	2	0	0	0	1	0
CQ06.02.02	1	3	0	0	0	1	0
CQ06.02.03	0	3	0	0	0	1	0
CT06.03	6	0	0	3	0	3	0
CQ06.03.01	1	3	0	0	0	1	0
CQ06.03.02	2	3	0	0	0	1	0
CQ06.03.03	0	3	0	0	0	1	0

**g. Bloc 07****Tableau 118 - Réseau d'irrigation Bloc 07 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>92</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>5</b>
CS07	0	0	0	8	0	8	1
CT07.01	6	3	0	0	0	1	0
CT07.02	0	3	0	0	0	1	0
CT07.03	0	4	0	0	0	2	1
CT07.04	3	1	0	2	0	3	0
CQ07.04.01	0	3	0	0	0	1	0
CQ07.04.02	0	3	0	0	0	1	0
CT07.05	0	3	0	0	0	2	2
CT07.06	3	0	0	3	0	3	0
CT07.07	0	4	0	0	0	2	1
CT07.08	2	0	0	2	0	2	0
CQ07.08.01	0	3	0	0	0	1	0
CQ07.08.02	0	3	0	0	0	1	0

**h. Bloc 08****Tableau 119 - Réseau d'irrigation Bloc 08 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>103</b>	<b>47</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>3</b>
CS08	16	0	0	3	0	4	1
CT08.01	4	0	0	2	0	2	0
CQ08.01.01	2	2	0	0	0	1	0
CQ08.01.02	0	2	0	0	0	1	0
CT08.02	9	1	0	2	0	3	0
CQ08.02.01	0	3	0	0	0	1	0
CQ08.02.02	0	2	0	0	0	1	0
CT08.03	10	0	5	0	0	2	0
CT08.04	6	8	2	0	0	6	2

**i. Bloc 09****Tableau 120 - Réseau d'irrigation Bloc 09 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>288</b>	<b>140</b>	<b>63</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>4</b>
CS09	32	0	0	4	0	8	2
CT09.01	3	0	0	3	0	3	0
CQ09.01.01	7	3	0	0	0	1	0
CQ09.01.02	8	3	0	0	0	1	0
CQ09.01.03	5	3	0	0	0	1	0
CT09.02	7	3	0	0	0	1	0
CT09.03	3	0	0	3	0	3	0
CQ09.03.01	7	3	0	0	0	1	0
CQ09.03.02	7	3	0	0	0	1	0
CQ09.03.03	7	3	0	0	0	1	0
CT09.04	3	0	0	3	0	3	0
CQ09.04.01	7	3	0	0	0	1	0
CQ09.04.02	8	3	0	0	0	1	0
CQ09.04.03	8	3	0	0	0	1	0
CT09.05	3	1	0	3	0	3	0
CQ09.05.01	6	2	0	0	0	1	0
CQ09.05.02	3	2	0	0	0	1	0
CQ09.05.03	2	2	0	0	0	1	0
CT09.06	2	2	0	1	0	2	0
CQ09.06.01	6	2	0	0	0	1	0
CT09.07	2	3	2	1	0	4	1
CQ09.07.01	2	3	0	0	0	1	0
CT09.08	0	3	1	3	0	4	1
CQ09.08.01	2	3	0	0	0	1	0
CQ09.08.02	0	3	0	1	0	1	0
CQ09.08.02a	0	1	2	0	0	2	0
CQ09.08.02b	0	1	1	0	0	1	0
CQ09.08.03	0	5	1	0	0	2	0

**j. Bloc 10****Tableau 121 - Réseau d'irrigation Bloc 10 : Ouvrages**

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>112</b>	<b>56</b>	<b>27</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>0</b>
CS10	24	0	0	6	0	6	0
CT10.01	17	11	0	0	0	2	0
CT10.02	1	2	0	0	0	1	0
CT10.03	0	2	0	0	0	1	0
CT10.04	0	2	0	0	0	1	0
CT10.05	0	2	0	0	0	1	0
CT10.06	5	0	1	0	0	1	0
CQ10.06.01	4	5	3	0	0	3	0
CQ10.06.02	5	3	0	0	0	1	0

**k. Bloc 11**

Tableau 122 - Réseau d'irrigation Bloc 11 : Ouvrages

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>24</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
CT11.01	9	0	0	0	0	2	0
CT11.02	11	0	0	0	0	2	0

**l. Bloc 12**

Tableau 123 - Réseau d'irrigation Bloc 12 : Ouvrages

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>207</b>	<b>118</b>	<b>39</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>10</b>
CS12	25	0	0	4	0	5	3
CT12.01	16	2	3	0	0	0	0
CT12.02	12	5	1	0	0	3	0
CT12.03	10	3	0	2	0	2	0
CQ12.03.01	2	2	0	0	0	1	0
CQ12.03.02	0	2	0	0	0	1	0
CT12.04	11	8	2	0	0	0	3
CT12.05	24	3	2	2	0	6	4
CQ12.05.01	4	5	0	0	0	2	0
CQ12.05.02	6	7	0	0	0	3	0
CQ12.05.03	8	2	0	0	0	1	0

**m. Bloc 13**

Tableau 124 - Réseau d'irrigation Bloc 13 : Ouvrages

Canal	Chute 1.00	Pr. Arros. 1 sortie	Pr. Arros. 2 sorties	Pr. Distribution	Partiteur	Pass. Piétonne	Dalot sur canal
<b>59</b>	<b>38</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
CS13	6	1	1	1	0	2	0
CT13.01	16	5	1	0	0	1	1
CT13.02	16	2	2	0	0	3	1

### 8.3.4 Métré récapitulatif des travaux sur le réseau d'irrigation

Les tableaux ci-après présentent les métrés récapitulatifs des terrassements et des ouvrages du réseau d'irrigation en rive gauche et droite de la Kaburantwa.

En rive droite de la Kaburantwa, la longueur cumulée des canaux d'irrigation est de 143 822m dont 67 436m de canaux arroseurs.

**Tableau 125 – Avant-Métré récapitulatif : Travaux de terrassements sur le réseau d'irrigation en rive droite de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	72 102
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	91 174
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	5 247

En rive gauche de la Kaburantwa, la longueur cumulée des canaux d'irrigation est de 77 680m dont 37 672m de canaux arroseurs.

**Tableau 126 – Avant-Métré récapitulatif : Travaux de terrassements sur le réseau d'irrigation en rive gauche de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	34 360
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	46 664
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	10 587

**Tableau 127 - Avant-Métré récapitulatif: Ouvrages sur le réseau d'irrigation en rive droite de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Quantité	PRDST	PRAL	PA	CH	AQ	DC	PP
<b>Total ouvrages</b>				<b>101</b>	<b>318</b>	<b>2</b>	<b>510</b>	<b>1</b>	<b>26</b>	<b>257</b>
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	4 757.6	405.3	2 350.1	21.4	1 466.0	15.2	341.8	157.8
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	1 185.7	-	1 006.5	22.1	-	-	157.2	-
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	534.0	204.4	-	-	317.3	12.4	-	-
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1.5	-	-	-	-	1.5	-	-
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	51.8	25.2	-	-	26.6	-	-	-
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	208.5	28.6	-	-	-	12.7	73.2	94.0
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	7 063.7	773.0	1 903.2	7.0	3 678.3	3.1	559.0	140.0
401.001	Fourniture et pose de buses en béton DN 200	ml	62.0	62.0	-	-	-	-	-	-
402.001	Fourniture et pose de buses en béton DN 300	ml	19.0	19.0	-	-	-	-	-	-
411.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 600	ml	8.0	8.0	-	-	-	-	-	-
412.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 700	ml	14.0	14.0	-	-	-	-	-	-
421.001	Fourniture et pose de tuyaux en PVC DN 110 mm PN 6	ml	105.3	-	105.3	-	-	-	-	-
510.001	Fourniture et pose de batardeaux en bois 7 cm x 15 cm	ml	850.4	357.8	492.6	-	-	-	-	-
602.001	Fourniture et pose de tôle métallique ou élément métallique	kg	139.4	-	-	139.4	-	-	-	-
611.001	Fourniture et pose de vannette métallique ( h x l x e): 250 x 250 x 5 mm	pce	413.0	62.0	351.0	-	-	-	-	-
611.002	Fourniture et pose de vannette métallique ( h x l x e): 400 x 400 x 5 mm	pce	19.0	19.0	-	-	-	-	-	-
612.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère (h x l x e): 500 x 500 x 5 mm	pce	2.0	-	-	2.0	-	-	-	-
614.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère (h x l x e): 700 x 700 x 5 mm	pce	8.0	8.0	-	-	-	-	-	-
615.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère (h x l x e): 800 x 800 x 5 mm	pce	14.0	14.0	-	-	-	-	-	-

**Tableau 128 - Avant-Métré récapitulatif: Ouvrages sur le réseau d'irrigation en rive gauche de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Quantité	PRDST	PRAL	CH	AQ	DC	PP
<b>Total ouvrages</b>				<b>50</b>	<b>185</b>	<b>419</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>135</b>
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	3 074.3	209.8	1 390.5	1 136.3	111.0	255.6	82.2
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	746.3	-	628.5	-	-	117.8	-
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	354.6	106.7	-	247.9	115.9	-	-
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	33.9	13.4	-	20.5	11.1	-	-
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	118.0	15.1	-	-	-	56.1	46.7
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	4 822.0	403.3	1 124.5	2 795.6	130.2	425.5	73.0
401.001	Fourniture et pose de buses en béton DN 200	ml	33.0	33.0	-	-	155.6	-	-
402.001	Fourniture et pose de buses en béton DN 300	ml	7.0	7.0	-	-	-	-	-
411.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 600	ml	6.0	6.0	-	-	-	-	-
412.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 700	ml	6.0	6.0	-	-	-	-	-
421.001	Fourniture et pose de tuyaux en PVC DN 110 mm PN 6	ml	65.1	-	65.1	-	-	-	-
510.001	Fourniture et pose de batardeaux en bois 7 cm x 15 cm	ml	474.1	192.0	282.1	-	-	-	-
611.001	Fourniture et pose de vannette métallique ( h x l x e): 250 x 250 x 5 mm	pce	250.0	33.0	217.0	-	-	-	-
611.002	Fourniture et pose de vannette métallique ( h x l x e): 400 x 400 x 5 mm	pce	7.0	7.0	-	-	-	-	-
614.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère ( h x l x e): 700 x 700 x 5 mm	pce	6.0	6.0	-	-	-	-	-
615.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère ( h x l x e): 800 x 800 x 5 mm	pce	6.0	6.0	-	-	-	-	-

Nomenclature :

PRDST : Prise de distribution vers un canal secondaire, tertiaire ou quaternaire

PRAL : Prise d'alimentation

CH : chute de 1.00m

DC : Dalot pour canal

PP : passerelle piétonne

PA :??

## 8.4 Réseau de drainage

Le réseau de drainage est constitué de drains parcelaires, de drains collecteurs et du réseau hydrographique existant. Les drains de niveau inférieur présentent un gabarit de 36 l/s, identique à un canal d'irrigation en déblais. Les drains collecteurs sont dimensionnés suivant les mêmes principes que les canaux d'irrigation : le débit des drains principaux est la somme des débits respectifs des drains qu'ils collectent.

Les levés topographiques détaillés réalisés sur l'ensemble de la zone ont permis de tracer l'ensemble du réseau de drainage. Les drains collecteurs conduisent les eaux de drainage au réseau hydrographique existant en suivant un tracé le plus direct possible tout en respectant les contraintes topographiques. C'est pourquoi le réseau de drainage ne suit pas la même organisation que le réseau d'irrigation. En effet, un même drain collecteur peut récolter l'eau de plusieurs blocs. Le réseau de drainage est structuré selon le réseau hydrographique dont il est l'affluent, avec une numérotation des drains collecteurs de l'amont vers l'aval.

Tout comme les canaux d'irrigation, les profils des drains devront tenir compte des pentes importantes présentes sur certains tronçons. Des ouvrages de chutes ainsi que des ouvrages de franchissement, dalots et passerelles piétonnes, devront également être ajoutés au réseau de drainage. Finalement, des ouvrages de décharge sont présents là où le drain collecteur rejoint le réseau hydrographique existant. Ces ouvrages sont constitués de solutions basées sur la nature (NBS) avec un emploi de fascines, vétiver et bambou.

### 8.4.1 Débits de dimensionnement des drains

Les superficies drainées et les gabarits des drains collecteurs correspondants, en rive gauche et en rive droite de la Kaburantwa, sont présentés aux tableaux ci-dessous.

**Figure 40 - Réseau de drainage en rive droite de la Kaburantwa : Synthèse superficies drainées et débits de projet**

Quartier		Drain collecteur secondaire			Drain collecteur primaire		
Code	Superficie drainée [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
KAB.01.01	12	KAB.D01.01	97	36			
KAB.01.02	24	KAB.D01.02	121	72	KAB.D01	68	108
KAB.02.01	0				KAB.D02	556	36
KAB.02.02	20	KAB.D02.01	730	36			
KAB.02.03	38				KAB.D02	556	108
KAB.02.04	110	KAB.D02.02	1579	216			
KAB.02.05	0				KAB.D02	556	324
KAB.02.06	14	KAB.D02.03	783	36			
KAB.02.07	27				KAB.D02	556	432
KAB.02.08	43	KAB.D02.04	620	108			
KAB.02.09	37				KAB.D02	556	612
KAB.02.10	47	KAB.D02.05	805	108			
KAB.02.11	0				KAB.D02	556	720
KAB.02.12	27	KAB.D02.06	1239	72			
KAB.02.13	24				KAB.D02	556	864
KAB.02.14	45	KAB.D02.07	1155	108	KAB.D02	556	972
KAB.03.01	0				KAB.D03	696	108
KAB.03.02	40	KAB.D03.01	1697	108			
KAB.03.03	42				KAB.D03	696	216
KAB.03.04	36	KAB.D03.02	1229	72			
KAB.03.05	16				KAB.D03	696	324

Quartier		Drain collecteur secondaire			Drain collecteur primaire		
Code	Superficie drainée [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
RUS.01.01	0				RUS.D01	614	36
RUS.01.02	54	RUS.D01.01	1371	108			
RUS.01.03	27	RUS.D01.02	1056	72			
RUS.01.04	30				RUS.D01	614	288
RUS.01.05	14	RUS.D01.03	266	36			
RUS.01.06	0				RUS.D01	614	324
RUS.01.07	53	RUS.D01.04	1102	108			
RUS.01.08	0				RUS.D01	614	432
RUS.02.01	9	RUS.D02b.01	490	36			
RUS.02.02	0	RUS.D02b	101	36			
RUS.02.03	9	RUS.D02a	627	36			
RUS.02.04	0				RUS.D02	30	72
RUS.03.01	28	RUS.D03.01	775	72			
RUS.03.02	0				RUS.D03	231	72
RUS.04.01	0						
RUS.04.02	39	RUS.D04.01	557	72			
RUS.04.03	0						
RUS.04.04	33	RUS.D04.02	614	72			
RUS.04.05	0				RUS.D04	462	144
RUS.05.01	25				RUS.D05	613	72
RUS.05.02	43	RUS.D05.01	1140	108			
RUS.05.03	0				RUS.D05	613	180
RUS.05.04	8	RUS.D05.02	313	36			
RUS.05.05	13				RUS.D05	613	252
RUS.05.06	29	RUS.D05.03	794	72			
RUS.05.07	147	RUS.D05.03.01	2681	288			
RUS.05.08	20	RUS.D05.03.01.01	1063	36			
RUS.05.09	0				RUS.D05	613	648
RUS.05.10	7	RUS.D05.04	697	36			
RUS.05.11	0				RUS.D05	613	684
RUS.05.12	0	RUS.D05.05	808	36			
RUS.05.13	0				RUS.D05	613	720
RUS.05.14	17	RUS.D05.06	319	36			
RUS.05.15	14				RUS.D05	613	792
RUS.05.16	43	RUS.D05.07	1367	108			
RUS.05.17	87	RUS.D05.07.01	2139	180			
RUS.05.18	0				RUS.D05	613	1080
RUS.06.01	23				RUS.D06	470	72
RUS.06.02	11	RUS.D06.01	451	36			
RUS.06.03	34				RUS.D06	470	72
RUS.07.01	5	RUS.D07.01	177	36			
RUS.07.02	47				RUS.D07	800	108
RUS.07.03	29	RUS.D07.02	822	72			
RUS.07.04	0				RUS.D07	18	216

**Tableau 129 - Réseau de drainage en rive gauche de la Kaburantwa : Synthèse superficies drainées et débits de projet**

Quartier		Drain collecteur secondaire			Drain collecteur primaire		
Code	Superficie Drainée [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
RUK.01.01	14	-	-	-	RUK.G01	1 413	36
RUK.02.01	37	RUK.G02.01	1 090	72	-	-	-
RUK.02.02	0	-	-	-	RUK.G02	285	72
RUK.02.03	16	RUK.G02.02a	1 170	36	-	-	-
RUK.02.04	16	RUK.G02.02b	490	36	-	-	-
RUK.02.05	0	RUK.G02.02	67	72	-	-	-
RUK.02.06	7	RUK.G02.03a	613	36	-	-	-
RUK.02.07	7	RUK.G02.03b	150	36	-	-	-
RUK.02.08	0	RUK.G02.03	110	72	-	-	-
RUK.02.09	0	-	-	-	RUK.G02	285	216
RUK.03.01	6	-	-	-	RUK.G03	177	36
RUK.04.01	11	-	-	-	RUK.G04	523	36
RUK.05.01	16	RUK.G05.01	1 407	36	-	-	-
RUK.05.02	16	RUK.G05.02	818	36	-	-	-
RUK.05.03	0	-	-	-	RUK.G05	121	72
RUK.06.01	30	RUK.G06a.01	937	72	-	-	-
RUK.06.02	13	RUK.G06a.01.01	563	36	-	-	-
RUK.06.03	13	RUK.G06a.01	937	144	-	-	-
RUK.06.04	0	RUK.G06a.02	89	36	-	-	-
RUK.06.05	9	-	-	-	RUK.G06	409.5	216
RUK.06.06	11	RUK.G06a.03	248	36	-	-	-
RUK.06.07	0	-	-	-	RUK.G06	409.5	252
RUK.06.08	0	-	-	-	RUK.G06	641	36
RUK.06.09	7	RUK.G06b.01	688	36	-	-	-
RUK.06.10	0	-	-	-	RUK.G06	641	36
RUK.06.11	0	-	-	-	RUK.G06	619	288
RUK.07.01	12	-	-	-	RUK.G07	1 182	36
RUS.01.01	68	-	-	-	RUS.G01	1 585	144
RUS.02.01	27	-	-	-	RUS.G02	765	72
RUS.03.01	23	-	-	-	RUS.G03	876	72
RUS.04.01	13	-	-	-	RUS.G04	935	36
RUS.05.01	11	-	-	-	RUS.G05	861	36
RUS.06.01	25	-	-	-	RUS.G06	930	72
KAB.01.01	12	KAB.G01.1	458	36	-	-	-
KAB.01.02	18	-	-	-	KAB.G01	685	36
KAB.02.01	16	-	-	-	KAB.G02	1 408	36
KAB.03.01	31	KAB.G03.01.01	971	72	-	-	-
KAB.03.02	38	KAB.G03.01	1 564	144	-	-	-
KAB.03.03	33	KAB.G03.02.01.01	615	72	-	-	-
KAB.03.04	31	KAB.G03.02.01.02	615	72	-	-	-
KAB.03.05	70	KAB.G03.02.01	1 827	144	-	-	-
KAB.03.06	16	KAB.G03.02.02	476	36	-	-	-
KAB.03.07	86	KAB.G03.02	627	180	-	-	-
KAB.03.08	125	-	-	-	KAB.G03	2 852	324
KAG.01.01	13	KAG.G01.01	725	36	-	-	-
KAG.01.02	30	KAG.G01.02	954	72	-	-	-
KAG.01.03	61	-	-	-	KAG.G01	2 176	144
KAG.02.01	12	KAG.G02.01	307	36	-	-	-

Quartier		Drain collecteur secondaire			Drain collecteur primaire		
Code	Superficie Drainée [ha]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]	Code	Longueur [m]	Gabarit [l/s]
KAG.02.02	27	KAG.G02.02	1 358	72	-	-	-
KAG.02.03	53	-	-	-	KAG.G02	3 247	108

#### 8.4.2 Terrassement des drains

Le réseau de drainage est constitué de canaux en terre. Les canaux sont réalisés principalement en déblais, les sections en remblais sont autant que possible minimisées, le cas échéant, les terres en déblais seront utilisées pour la confection des diguettes et cavaliers.

Les tableaux ci-dessous présentent les quantités de terrassements, en rive droite et en rive gauche de la Kaburantwa, estimées pour le réseau de drains collecteurs primaires et secondaires.

Le détail des quantités calculées sera fourni en phase APD en même temps que les profils en long et en travers.

Les tableaux ci-après présentent les métrés récapitulatifs des terrassements et des ouvrages du réseau de drainage en rives gauche et droite de la Kaburantwa.

En rive droite de la Kaburantwa, la longueur cumulée des drains est de 95 215 m dont 47 158 m de drains collecteurs et 48 057 m de drains de niveau inférieur.

**Tableau 130 – Avant-Métré récapitulatif : Travaux de terrassements sur le réseau de drainage en rive droite de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	46 761
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	35 785

En rive gauche de la Kaburantwa, la longueur cumulée des drains est de 72 351 m dont 42 900 m de drains collecteurs et 29 451 m de drains de niveau inférieur.

**Tableau 131 – Avant-Métré récapitulatif : Travaux de terrassements sur le réseau de drainage en rive gauche de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	30 525
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	24 423

#### 8.4.3 Ouvrages du réseau de drainage

Au stade APS, un avant-métré des ouvrages a été réalisé afin de calculer un budget estimatif. La position des ouvrages de franchissement sur le réseau de drainage est présentée sur les vues en plan.

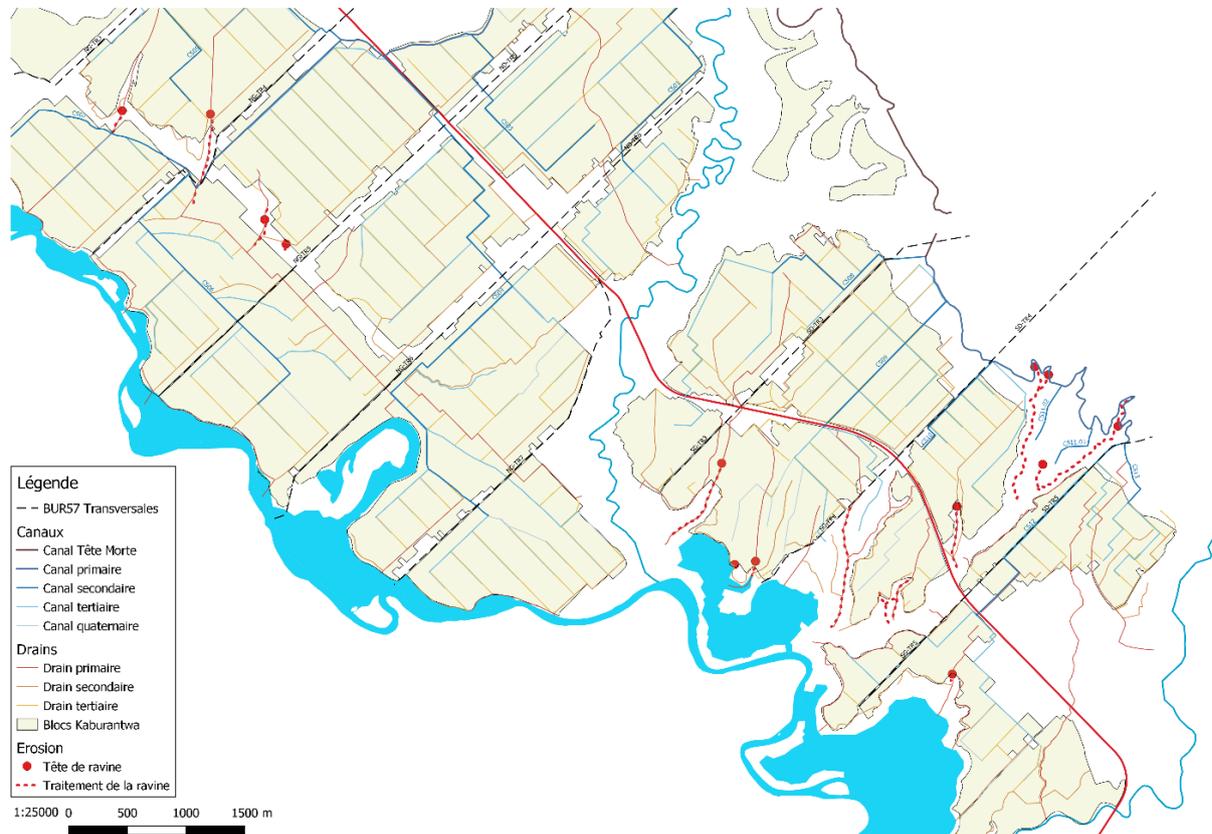
Le tableau de cotes variables et le métré détaillé de chaque ouvrage, leur position sur les profils en long seront réalisés en phase APD.

Le réseau de drainage en rive droite de la Kaburantwa est composé de 614 ouvrages dont 461 ouvrages de chute, 136 passerelles piétonnes, 7 dalots sur drain et 10 ouvrages de décharge.

Le réseau de drainage en rive gauche de la Kaburantwa est composé de 601 ouvrages dont 470 ouvrages de chute, 110 passerelles piétonnes, 4 dalots sur drain et 17 ouvrages de décharge.

A certains endroits, le réseau hydrographique en aval des aménagements est très fortement raviné. L'érosion régressive rapide constatée dans plusieurs vallées notamment en rive gauche, constitue une menace importante pour la durabilité des infrastructures qui seront mises en place notamment les canaux primaires. La figure ci-dessous illustre l'emplacement des ravines problématiques.

**Figure 41 – Réseau de drainage : localisation des ravines problématiques**



Le traitement des ravines consiste en la mise en place de fascines tous les 25 m sur la largeur de l'axe d'écoulement suivie de 2m de plantation de végétation en aval de la fascine. Cette protection est complétée par la mise en place de pied de bambou sur les de pied de talus, en quinconce, tous les 5 m.

Les têtes de ravines sont protégées de l'érosion régressive par la mise en place d'un ouvrage en escalier de gabions suivi d'un bassin de dissipation. Des murs latéraux en gabions protègent l'ouvrage en limitant les jaillissements de l'eau sur la chute et ainsi, les écoulements latéraux. Le traitement des ravines est inclus dans les mètres récapitulatifs ci-dessous.

Les tableaux des pages suivantes présentent le mètre récapitulatif des ouvrages sur le réseau de drainage.

**Nomenclature utilisée :**

DC : Dalot sur drain collecteur

CH : Chute de 1.00m sur drain collecteur

PP : Passerelle piétonne sur drain collecteur

DECH : Décharge sur drain collecteur

TR-RV : Traitement des ravines

**Tableau 132 - Avant-Métré récapitulatif: Ouvrages sur le réseau de drainage en rive droite de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Quantité	DC	CH	PP	DECH	TR-RV
<b>Total ouvrages</b>				<b>8</b>	<b>461</b>	<b>136</b>	<b>10</b>	<b>4</b>
1000.001	Fascine	ml	200.0	-	-	-	200.0	320.0
1000.002	Protection en vétiver (écartement 0.15*0.25)	m <sup>2</sup>	2 000.0	-	-	-	2000.0	640.0
1000.003	Pied de bambou pour renforcement vétiver	pce	200.0	-	-	-	200.0	624.0
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	39.5
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	1 675.1	120.4	1473.1	81.6	-	-
322.001	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	158.0
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	64.5	64.5	-	-	-	-
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	317.5	-	317.5	-	-	-
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	26.8	-	26.8	-	-	-
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	77.9	27.6	-	50.3	-	-
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	4 015.9	197.2	3 746.3	72.4	-	-
385.001	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	237.0	-	-	-	-	237.0

**Tableau 133 - Avant-Métré récapitulatif: Ouvrages sur le réseau de drainage en rive gauche de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Quantité	DC	CH	PP	DECH	TR-RV
<b>Total ouvrages</b>				<b>4</b>	<b>470</b>	<b>110</b>	<b>18</b>	<b>12</b>
1000.001	Fascine	m <sup>3</sup>	1 770.0	-	-	-	360.0	1 410.0
1000.002	Protection en vétiver (écartement 0.15*0.25)	m <sup>3</sup>	6 420.0	-	-	-	3 600.0	2 820.0
1000.003	Pied de bambou pour renforcement vétiver	m <sup>3</sup>	3 135.0	-	-	-	360.0	2 775.0
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	71.5	-	-	-	-	71.5
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	1 359.7	46.7	1247.0	66.0	-	-
322.001	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	286.0	-	-	-	-	286.0
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>3</sup>	19.5	19.5	-	-	-	-
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>3</sup>	272.2	-	272.2	-	-	-
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	23.2	-	23.2	-	-	-
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	45.3	10.1	-	35.2	-	-
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	3 223.1	75.8	3088.7	58.6	-	-
385.001	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	429.0	-	-	-	-	429.0

## 8.5 Réseau de circulation

### 8.5.1 Piste d'accès à la prise

La réalisation de la piste de la long du CTM-RG nécessite l'ouverture d'une plateforme dont les caractéristiques sont les suivantes:

- Bande de 2 m de large côté vallée ;
- Emprise du canal tête morte rive gauche (largeur au plafond : 2.50 m ; épaisseur mur :  $2 \times 0.30 = 0.60$  m) ;
- Bande de circulation de 4 m présentant une pente latérale de -5 % vers le fossé en pied de talus ;
- Fossé le long de la piste côté talus de 0.5 m de profondeur.

La coupe type de la plateforme avec bande de circulation et canal tête morte a été présentée en 8.2.8.1.

La piste est recouverte d'une couche de roulement en latérite de 15 cm d'épaisseur.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques géométriques de cette piste et le métré correspondant.

**Tableau 134 – Caractéristiques géométriques de la piste d'accès à la prise et métré correspondant**

Paramètres de dimensionnement		
Paramètres	Unité	Valeur
Largeur de la plateforme	[m]	10.35
Largeur de la bande de circulation	[m]	4.00
Epaisseur de la couche de roulement en latérite	[m]	0.15
Profondeur fossé	[m]	0.50
Pente talus [1] fossé (h/v)	[m/m]	2.00
Pente talus [2] fossé (h/v)	[m/m]	0.50
Pente talus remblais (h/v)	[m/m]	1.00
Pente talus déblais (h/v)	[m/m]	0.80
Longueur de la piste	[m]	5900

Métré			
Num	Description	Unité	Quantité
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	[m <sup>3</sup> ]	78 787.5
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	[m <sup>3</sup> ]	8 879.7
721.001	Couche de roulement en latérite	[m <sup>3</sup> ]	3 407.3

La piste croise deux sites d'orpillage caractérisé par un versant abrupt :

- Site 1 : PM 0+500 à PM 0+625 ;
- Site 2 : PM 0+780 à PM 1+000.

Pour contourner ces sites, il est nécessaire de réaliser un important terrassement du versant.

Côté talus, la liaison entre la plateforme et le terrain naturel est réalisée par un talus adoptant une pente (h/v) de 4/5. Le cas échéant, une risberme de 1 m de large est prévue tous les 2 m de dénivelée.

Côté vallée, la liaison avec le versant se fait en prolongeant horizontalement la plateforme jusqu'à atteindre le versant.

Un gradin de gabion de 2 m de haut est prévu pour assurer le soutènement en pied de talus lorsque les déblais sont réalisés sur une hauteur supérieure à 4 m. Les quantités correspondantes sont reprises de le métré des travaux pour la réalisation du canal de tête morte.

La piste d'accès et le canal de tête morte croisent trois axes d'écoulement (PM 1+285, PM 2+060, PM 3+215). Le passage de ces écoulements sous la piste se fait au moyen de dalots.

Les quantités correspondantes sont reprises dans les tableaux ci-dessous.

**Tableau 135 – Piste d'accès – Métré des ouvrages de franchissement - Dalots pour thalweg**

Num	Description	Unité	Quantité
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	287.1
321.1	Enrochements de protection - moellons de 20 à 30 kg	m <sup>3</sup>	83.0
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	19.0
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	38.0
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	171.2

Des buses pour le drainage des fossés de la piste sont en outre prévues tous les 300 m. Les quantités correspondantes sont reprises dans les tableaux ci-dessous.

**Tableau 136 – Piste d'accès - Métré des ouvrages de drainage - Buses**

Num	Description	Unité	Quantité
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1 656
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	552.0
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	702.0
351	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	272.3
413	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 800	ml	174.0

### 8.5.2 Réhabilitation des pistes transversales

Les visites diagnostic ont mis en évidence l'état variables des pistes transversales. En effet, certaines pistes ont fait l'objet d'une réhabilitation récente, avec plus de 90% de leur tronçon en bon état, et ne nécessitent pas d'intervention supplémentaires. Le tableau ci-dessous présente les pistes retenues pour une intervention de réhabilitation ou pour un nouveau tracé.

**Tableau 137 - Liste des pistes transversales soumises à une intervention**

N° transversale	Orientation RN5	Rive Kaburantwa	Code	Longueur totale (m)	Etat		Intervention
					Bon		
					Long. (m)	%	
Transversale 3	Sud	Droite	SD-TR3	2 561	1 452	57%	Oui
Transversale 4	Sud	Droite	SD-TR4	3 016	0	0%	Oui
Transversale 4	Nord	Droite	ND-TR4	3 087	2 834	92%	Non
Transversale 5	Sud	Droite	SD-TR5	3 386	1 562	46%	Oui
Transversale 5	Nord	Droite	ND-TR5	2 353	0	0%	Oui
Transversale 6	Sud	Droite	SD-TR6	3 419	3 202	94%	Non
Transversale 6	Nord	Droite	ND-TR6	1 889	1 720	91%	Non
Transversale 7	Sud	Droite	SD-TR7	3 206	146	5%	Oui
Transversale 3	Sud	Gauche	SG-TR3	919	919	100%	Non
Transversale 3	Nord	Gauche	NG-TR3	2 508	2 468	98%	Non
Transversale 4	Sud	Gauche	SG-TR4	1 539	0	0%	Oui
Transversale 4	Nord	Gauche	NG-TR4	1 450	1 450	100%	Non
Transversale 5	Sud	Gauche	SG-TR5	1 291	848	66%	Oui
Transversale 5	Nord	Gauche	NG-TR5	2 071	0	0%	Oui
<b>Total</b>				<b>32 695</b>	<b>16 601</b>	<b>51%</b>	<b>19 423</b>

Les interventions retenues pour le chiffrage des travaux de réhabilitation de la piste sont :

- La mise en place d'une couche de roulement latéritique de 0.2m d'épaisseur ;
- Le reprofilage d'une piste existante avec mise en forme de la plateforme ;
- La profilage d'une nouvelle piste avec mise en forme de la plateforme ;
- La réalisation de fossés triangulaires de profondeur 0.5m de part et d'autre de la piste ;

- La réalisation de caniveau rectangulaire revêtu (0.4 x 0.4 m) de part et d'autre de la piste si la pente longitudinale est supérieure à 1% ;
- La création de fossé divergeant d'une longueur de 10 m et d'une profondeur de 0.5 m tous les 200 m ;
- La réalisation de dalots sous piste de dimensions variables au croisement des axes de drainage.

Les tableaux suivants présentent les travaux et ouvrages prévus en rive gauche (trame 4) et droite (trame 5) de la Kaburantwa.

Les profils en long des pistes seront produits en phase APD.

**Tableau 138 - Interventions sur les pistes transversales en rive droite de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	SD-TR3	SD-TR4	SD-TR5	ND-TR5	SD-TR7
702.001	Mise en forme de la plateforme - reprofilage piste existante	ml	1 404	2 416	2 980	1 801	3 008
701.001	Mise en forme de la plateforme - nouvelle piste	ml	1 428	1 000	406	552	0
721.002	Couche de roulement en latérite de 0.2m pour plateforme de 5m	ml	2 450	3 416	3 386	2 353	3 008
731.003	Fossés latéraux triangulaires - profondeur 0.5m	ml	0	580	0	1 009	768
731.002	Caniveau rectangulaire (0.4x0.4m) revêtu en maçonnerie de moellons (0.2m)	ml	2 832	2 836	3 386	1 344	2 240
1401.01	Dalot simple pour piste de plateforme 5m - largeur du dalot 1m	pce	2	2	2	2	2
1401.04	Dalot simple pour piste de plateforme 5m - largeur du dalot 1.8m	pce	3	1	0	0	0
741.001	Fossé divergent vers exutoire de longueur 10m et profondeur 0.5m (par ml de piste)	ml	2 450	3 416	3 386	2 353	3 008

**Tableau 139 – Interventions sur les pistes transversales en rive gauche de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	SG-TR4	SG-TR5	NG-TR5
702.001	Mise en forme de la plateforme - reprofilage piste existante	ml	1 306	1 291	2 071
701.001	Mise en forme de la plateforme - nouvelle piste	ml	233	0	0
721.002	Couche de roulement en latérite de 0.2m pour plateforme de 5m	ml	1 539	1 291	2 071
731.003	Fossés latéraux triangulaires - profondeur 0.5m	ml	0	154	0
731.002	Caniveau rectangulaire (0.4x0.4m) revêtu en maçonnerie de moellons (0.2m)	ml	1 539	1 137	2 071
1401.01	Dalot simple pour piste (DP) de plateforme 5m - largeur du dalot 1m	pce	2	2	0
1401.04	Dalot simple pour piste (DP) de plateforme 5m - largeur du dalot 1.8m	pce	1	0	0
741.001	Fossé divergent vers exutoire de longueur 10m et profondeur 0.5m (par ml de piste)	ml	1 539	1 291	2 071

En plus des interventions génériques pour chacune des pistes, la piste transversale SD-TR3 fait l'objet d'interventions particulières. En effet, une ravine s'est développée sur son tracé initial en raison de la présence d'un dalot sous la RN5, implanté à la hauteur de la piste et qui draine les eaux en provenance du Nord de la route nationale.

**Figure 42 - Illustrations de la ravine sur le tracé de la SD-TR3**

Il est proposé de décaler l'implantation de la nouvelle piste de 54m vers le Nord, à l'emplacement d'une piste parallèle existante. De même, cinq dalots seront mis en place sur les axes d'écoulement rejoignant la ravine et qui traversent le nouveau tracé de la piste transversale. Ces interventions sont prises en compte au Tableau 138 ci-dessus.

Les interventions sur la ravine existante consistent à la combler de remblais compactés et à mettre en place un drain calibré sur le tracé de la ravine. Le drain aura une largeur au plafond de 0.75m, une profondeur de 0.75m, des pentes de talus de 3V/2H et une pente longitudinale de 0.002.

39 ouvrages de chute d'une hauteur de 0.5m seront mis en place pour respecter la pente longitudinale du drain par rapport au terrain naturel et éviter un nouveau ravinement à cause des vitesses excessives.

Ces interventions particulières sont détaillées au tableau ci-dessous et incluses dans le métré récapitulatif des travaux sur les pistes.

**Tableau 140 – Avant-Métré récapitulatif : interventions sur la ravine de la SD-TR3**

Code	Description	Unité	SD-TR3
<b>Interventions de terrassement</b>			
223.001	Remblais en grande masse en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	10 207.5
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	328.1
<b>Ouvrages de chute</b>			
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	122.6
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	29.3
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	2.6
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	293.4

### **Métré récapitulatif des travaux sur les pistes**

**Tableau 141 – Avant-Métré récapitulatif : interventions sur les pistes transversales en rive droite de la Kaburantwa -**

Code	Description	Unité	Int. Part. SD-TR3	Couche roulement	Fossés latéraux	Caniveaux	Dalot L 1 m	Dalot L 1.8 m	Fossés divergent
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	328.1	-	1 473.1	6 066.2	-	-	456.7
223.001	Remblais en grande masse en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	10 207.5	-	-	-	-	-	-
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	122.6	-	-	-	74.3	45.5	-

Code	Description	Unité	Int. Part. SD-TR3	Couche roulement	Fossés latéraux	Caniveaux	Dalot L 1 m	Dalot L 1.8 m	Fossés divergent
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	-	-	-	-	84.9	40.0	-
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	29.3	-	-	-	-	-	-
332.001	Perré maçonné de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m	m <sup>2</sup>	-	-	-	15 165.6	-	-	-
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	7.4	4.6	-
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	2.6	-	-	-	-	-	-
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	90.6	45.2	-
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	293.4	-	-	-	-	-	-
701.001	Mise en forme de la plateforme - nouvelle piste	ml	-	3 386	-	-	-	-	-
702.001	Mise en forme de la plateforme - reprofilage piste existante	ml	-	11 609	-	-	-	-	-
721.001	Couche de roulement en latérite	m <sup>3</sup>	-	14 631.3	-	-	-	-	-

**Tableau 142 - Avant-Métré récapitulatif : interventions sur les pistes transversales en rive gauche de la Kaburantwa**

Code	Description	Unité	Couche roulement	Fossés latéraux	Caniveaux	Dalot L 1 m	Dalot L 1.8 m	Fossés divergent
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	-	96.3	2 278.6	-	-	153.2
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	-	-	-	29.7	11.4	-
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	-	-	5 696.4	34.0	10.0	-
332.001	Perré maçonné de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m	m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	-	-	-	3.0	1.1	-
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	-	-	-	36.2	11.3	-
701.001	Mise en forme de la plateforme - nouvelle piste	ml	233	-	-	-	-	-
702.001	Mise en forme de la plateforme - reprofilage piste existante	ml	4 668	-	-	-	-	-
721.001	Couche de roulement en latérite	m <sup>3</sup>	4 907.1	-	-	-	-	-

## 8.6 Devis estimatif

### 8.6.1 Récapitulatif général

Le tableau ci-dessous présente le devis estimatif général par parties des aménagements :

- Infrastructures de mobilisation de la ressource en eau :
  - le seuil de dérivation et la prise d'eau,
  - le canal d'amenée jusqu'au dessableur et au partiteur CTM-RG / CTM-RD,
  - le dessableur et le partiteur
  - ainsi que la piste d'accès ainsi que les ouvrages de franchissements en rive gauche (thalwegs) et les ouvrages de drainage des fossés de la piste.
- Les aménagements proposés en rive gauche de la Kaburantwa:
  - le canal de tête morte en rive gauche (CTM-RG) ainsi que les ouvrages de drainage après PM 5+900 (avant PM 5+900 les ouvrages sont compris dans la piste d'accès à la prise qui longe le canal CTM-RG jusqu'au dessableur à partir du PM 5+900), les ouvrages de franchissement de pistes par le CTM-RG,
  - le siphon inversé sur la Kansega,
  - le bief du CTM-RG après le franchissement de la Kasenga jusqu'à la piste transversale n°3
  - les réseaux d'irrigation et de drainage, ainsi que les mesures de protection et de stabilisation des ravines et thalwegs dans les superficies aménagées,
  - enfin la réhabilitation des pistes transversales.
- Les aménagements proposés en rive droite de la Kaburantwa:
  - le canal de tête morte en rive droite (CTM-RD) ainsi que les ouvrages de drainage et les ouvrages de franchissement de pistes par le CTM-RD,
  - l'aqueduc sur la Kaburantwa,
  - le siphon inversé sur la Kagengwa,
  - les réseaux d'irrigation et de drainage,
  - ainsi que les mesures de protection et de stabilisation des ravines et thalwegs dans les superficies aménagées,
  - enfin la réhabilitation des pistes transversales.

**Tableau 143 – Devis estimatif – récapitulatif général (USD)**

<b>Total Général (USD)</b>	<b>18 871 115</b>
<b>Généralités - Installation et replis de chantier</b>	<b>278 883</b>
<b>Infrastructures de mobilisation de la ressource en eau</b>	<b>3 493 182</b>
<i>Prise et seuil</i>	<i>282 471</i>
<i>Réhabilitation carrières orpaillage site prise</i>	<i>236 706</i>
<i>Canal d'amenée</i>	<i>500 029</i>
<i>Dessableur</i>	<i>1 414 670</i>
<i>Partiteur</i>	<i>58 347</i>
<i>Piste d'accès rive gauche</i>	<i>1 000 958</i>
<b>Aménagement rive gauche (766 ha)</b>	<b>6 925 182</b>
<i>CTM-RG</i>	<i>3 413 285</i>
<i>Drainage et franchissements CTM-RG rive gauche</i>	<i>72 523</i>
<i>Siphon rive gauche (Kansega)</i>	<i>156 361</i>
<i>Réseau irrigation</i>	<i>2 027 927</i>
<i>Réseau drainage</i>	<i>868 722</i>
<i>Réhabilitations des pistes transversales d'accès</i>	<i>386 365</i>

<b>Aménagement rive droite (1422 ha)</b>	<b>8 173 867</b>
<i>CTM-RD</i>	<i>1 908 178</i>
<i>Aqueduc (Kaburantwa)</i>	<i>150 220</i>
<i>Drainage et franchissements rive droite</i>	<i>254 500</i>
<i>Siphon rive droite (Kagengwa)</i>	<i>671 720</i>
<i>Réseau irrigation</i>	<i>2 803 110</i>
<i>Réseau drainage</i>	<i>1 122 388</i>
<i>Réhabilitations des pistes transversales d'accès</i>	<i>1 263 750</i>

**8.6.2 Infrastructures pour la mobilisation de la ressource en eau****Tableau 144 – Devis estimatif (USD) – Infrastructures pour la mobilisation de la ressource en eau**

Poste	Description	Unité	Quantité	PU [USD]	Total [USD]
<b>Total infrastructures mobilisation de la ressource en eau</b>					<b>3 493 182</b>
<b>Prise et Seuil</b>					
212.001	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	803.7	7.5	5 997
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	2 411.2	20.0	48 224
304.001	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	194.0	9.4	1 829
205.001	Dérivation temporaire pour construction d'ouvrage en rivière	ff	1.0	15 000.0	15 000
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	65.0	157.1	10 211
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	162.0	628.4	101 797
385.001	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	100.0	21.2	2 121
630.001	Vanne de chasse pour seuil-barrage 1.2x1.2 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	2.0	4 500.0	9 000
631.001	Vanne de prise 3.25x2.5 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	2.0	32 000.0	64 000
651.002	Batardeau 1.2 x 1.2 y compris cadre (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	ff	2.0	5 000.0	10 000
651.003	Batardeau 3.25 x 2.5 y compris cadre (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	ff	2.0	6 500.0	13 000
643.002	Garde-corps pour passerelle (Hauteur=1.10m, fixation sur poutre tous les mètres, double barre horizontale)	ml	26.0	29.5	767
640.001	Fourniture et pose de caillebotis métallique	m <sup>2</sup>	3.5	150.0	525
<b>Sous-total Prise et Seuil</b>					<b>282 471</b>
<b>Réhabilitation des carrières d'orpillage sur le site de la prise</b>					
212.001	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	97.5	7.5	728
322.001	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	1 050.0	192.4	202 062
385.001	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	1 575.0	21.2	33 402
1000.002	Protection en vétiver (écartement 0.15*0.25)	m <sup>2</sup>	2 100.0	0.2	514
<b>Sous-total Réhabilitation des carrières d'orpillage sur le site de la prise</b>					<b>236 706</b>

Poste	Description	Unité	Quantité	PU [USD]	Total [USD]
<b>Piste d'accès y compris ouvrages de franchissement et de drainage</b>					
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	80 443.5	7.5	600 266
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	839.1	7.9	6 590
222	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	8 879.7	7.9	69 747
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	702.0	9.4	6 617
321.1	Enrochements de protection - moellons de 20 à 30 kg	m <sup>3</sup>	83.0	23.6	1 956
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	19.0	192.4	3 656
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	171.2	628.4	107 578
351	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	272.3	137.5	37 432
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	38.0	21.2	806
413	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 800	ml	174.0	471.3	82 003
702.1	Mise en forme de la plateforme - reprofilage piste existante	ml	1 100.0	12.3	13 500
721	Couche de roulement en latérite	m <sup>3</sup>	4 507.3	15.7	70 807
<b>Sous-total Piste d'accès</b>					<b>1 000 958</b>
<b>Canal d'amenée</b>					
212.001	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1752.0	7.5	13 074
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1567.0	20.0	31 340
304.001	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	721.3	9.4	6 799
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	121.0	157.1	19 008
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	684.0	628.4	429 809
<b>Sous-total Canal d'amenée</b>					<b>500 029</b>
<b>Dessableur</b>					
113.001	Construction d'une latrine VIP pour gardien	ff	1.0	7 069.2	7 069
113.002	Construction d'un abri pour gardien	ff	1.0	5 007.4	5 007
212.001	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	3929.3	7.5	29 320
213.001	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	1184.8	7.9	9 306
304.001	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	554.8	9.4	5 229
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	63.0	157.1	9 897
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	2006.0	628.4	1 260 520

Poste	Description	Unité	Quantité	PU [USD]	Total [USD]
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	75.0	137.5	10 309
632.001	Vanne de chasse dessableur 0.5x0.5 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	1.0	4 500.0	4 500
633.001	Vanne pour dessableur 1.55x1.65 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	4.0	16 000.0	64 000
651.004	Batardeau 1.55x1.65 y compris cadre (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	ff	2.0	4 100.0	8 200
646.001	Fourniture et pose d'échelle en acier galvanisé	pce	1.0	250.0	250
643.002	Garde-corps pour passerelle (hauteur=1.10m, fixation sur poutre tous les mètres, double barre horizontale)	ml	36.0	29.5	1 062
<b>Sous-total Dessableur</b>					<b>1 414 670</b>
<b>Partiteur</b>					
212.001	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	39.1	7.5	291
213.001	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	13.0	7.9	102
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	3.4	157.1	534
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	32.3	628.4	20 265
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	37.5	137.5	5 155
634.001	Vanne de partiteur 1.5x1.7 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	1.0	16 000.0	16 000
635.001	Vanne de partiteur 2.1x1.7 (fourniture et pose, y compris béton 2è phase anti-retrait)	pce	1.0	16 000.0	16 000
<b>Sous-total Partiteur</b>					<b>58 347</b>

### 8.6.3 Aménagements rive gauche de la Kaburantwa

Tableau 145 – Devis estimatif (USD) – Aménagements rive gauche de la Kaburantwa

Poste	Description	Unité	Quantité	PU [USD]	Total [USD]
<b>Total aménagements de la rive gauche de la Kaburantwa</b>					<b>6 925 182</b>
<b>Canal de tête morte CTM-RG et ouvrages associés (drainage &gt; PM 5+900, siphon et croisements de pistes)</b>					
212	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	48 086.8	7.5	358 822
213	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	377.2	7.9	2 963
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	5 217.2	20.0	104 345
222	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	519.5	7.9	4 081
302.1	Fouilles d'ouvrages en terrain compacté	m <sup>3</sup>	102.5	3.9	403

Poste	Description	Unité	Quantité	PU [USD]	Total [USD]
304	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	448.6	9.4	4 228
322	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	940.0	192.4	180 893
331.1	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	4.3	23.6	101
341	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	17.0	157.1	2 671
344	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	446.3	628.4	280 422
351	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	18 628.0	137.5	2 560 549
385	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	705.0	21.2	14 951
413	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 800	ml	37.2	471.3	17 532
643.002	Garde-corps pour passerelle (Hauteur=1.10m, fixation sur poutre tous les mètres, double barre horizontale)	ml	615.6	29.5	18 158
1000	Zone tampon 5 m - Haie Umunyari + vétiver	ml	7 700.0	2.5	19 250
2001	Conduite acier soudé DN1200 PN6 (fourniture et pose)	ml	118.0	600.0	70 800
2002	Chambre de purge équipée pour conduite acier 1200	ff	1.0	2 000.0	2 000
<b>Sous-total canal de tête morte CTM-RG et ouvrages associés</b>					<b>3 642 168</b>
<b>Réseau d'irrigation</b>					
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	34 360.3	5.5	188 923
221.001	Remblais tout venant	m <sup>3</sup>	30 192.8	1.2	35 573
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	19 098.2	7.9	150 011
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	3 185.3	4.9	15 637
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	746.3	23.6	17 586
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	470.4	27.5	12 933
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	11.1	157.1	1 744
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	33.9	432.0	14 663
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	248.1	628.4	155 923
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	11 228.6	137.5	1 543 447
401.001	Fourniture et pose de buses en béton DN 200	ml	33.0	78.5	2 592
402.001	Fourniture et pose de buses en béton DN 300	ml	7.0	98.2	687
411.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 600	ml	6.0	235.6	1 414
412.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 700	ml	6.0	353.5	2 121
421.001	Fourniture et pose de tuyaux en PVC DN 110 mm PN 6	ml	65.1	23.6	1 534
510.001	Fourniture et pose de batardeaux en bois 7 cm x 15 cm	ml	474.1	39.3	18 618
611.001	Fourniture et pose de vannette métallique ( h x l x e): 250 x 250 x 5 mm	pce	250.0	117.8	29 455
611.002	Fourniture et pose de vannette métallique ( h x l x e): 400 x 400 x 5 mm	pce	7.0	132.7	929

Poste	Description	Unité	Quantité	PU [USD]	Total [USD]
614.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère(h x l x e): 700 x 700 x 5 mm	pce	6.0	1099.7	6 598
615.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère (h x l x e): 800 x 800 x 5 mm	pce	6.0	1256.8	7 541
<b>Sous-total Réseau d'irrigation</b>					<b>2 207 927</b>
<b>Réseau de drainage</b>					
1000.001	Fascine	ml	1 770.0	0.7	1 301
1000.002	Protection en vétiver (écartement 0.15*0.25)	m <sup>2</sup>	6 420.0	0.2	1 573
1000.003	Pied de bambou pour renforcement vétiver	pce	3 135.0	1.0	3 072
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	55 019.5	5.5	302 513
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	1 359.7	4.9	6 675
322.001	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	286.0	192.4	55 038
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	19.5	23.6	459
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	272.2	27.5	7 482
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	23.2	432.0	10 020
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	45.3	628.4	28 456
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	3 223.1	137.5	443 036
385.001	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	429.0	21.2	9 098
<b>Sous-total Réseau de drainage</b>					<b>868 722</b>
<b>Réseau de circulation</b>					
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	2 528.0	5.5	13 899
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	41.1	4.9	202
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	43.9	23.6	1 036
332.001	Perré maçonné de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m	m <sup>2</sup>	5 696.4	35.3	201 346
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	4.1	157.1	645
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	47.5	628.4	29 869
701.001	Mise en forme de la plateforme - nouvelle piste	ml	233.0	23.6	5 490
702.001	Mise en forme de la plateforme - reprofilage piste existante	ml	4 668.0	12.3	57 290
721.001	Couche de roulement en latérite	m <sup>3</sup>	4 907.1	15.7	77 088
<b>Sous-total Réseau de circulation</b>					<b>386 865</b>

**8.6.4 Aménagements rive droite de la Kaburantwa****Tableau 146 – Devis estimatif (USD) – Aménagements rive droite de la Kaburantwa**

Poste	Description	Unité	Quantité	PU	Total
				[USD]	[USD]
<b>Total aménagements de la rive droite de la Kaburantwa</b>					<b>8 173 867</b>
<b>Canal de tête morte CTM-RD et ouvrages associés (drainage, aqueduc siphon et croisements de pistes)</b>					
1000.004	Zone tampon 5 m - Haie Umunyari + vétiver	ml	2 935 .0	2 .5	7 338
1202.001	Conduite acier soudé DN1200 PN6 (fourniture et pose)	ml	778.0	600 .0	466 800
1202.002	Chambre de purge équipée pour conduite acier 1200	ff	1.0	2000.0	2 000
212.001	Déblais en terrain varié y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	42 480.4	7.5	316 987
213.001	Déblais en terrain dur y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	2 696.8	7.9	21 182
213.002	Déblais en terrain rocheux y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	8 812.8	20.0	176 256
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	7 342.5	7.9	57 673
302.001	Fouilles d'ouvrages en terrain compacté	m <sup>3</sup>	155.2	3.9	610
304.001	Remblais technique contigu pour ouvrages	m <sup>3</sup>	5 482.2	9.4	51 674
321.001	Enrochements de protection - moellons de 20 à 30 kg	m <sup>3</sup>	83.0	23.6	1 956
322.001	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	19.0	192.4	3 656
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	17.0	157.1	2 671
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	588.0	628.4	369 477
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	10 557.2	137.5	1 451 160
385.001	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	38.0	21.2	806
413.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 800	ml	88.8	471.3	41 850
643.002	Garde-corps pour passerelle (Hauteur=1.10m, fixation sur poutre tous les mètres, double barre horizontale)	ml	424.6	29.5	12 524
<b>Sous-total Canal de tête morte CTM-RD et ouvrages associés</b>					<b>2 984 619</b>
<b>Réseau d'irrigation</b>					
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	72 102	5 .5	396 438
221.001	Remblais tout venant	m <sup>3</sup>	54 049	1 .2	63 680
222.001	Remblais en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	37 125	7 .9	291 609
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	4 758	4 .9	23 356

Poste	Description	Unité	Quantité	PU	Total
				[USD]	[USD]
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	1 186	23 .6	27 940
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	534	27 .5	14 680
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	2	157 .1	238
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	52	432 .0	22 379
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	209	628 .4	131 027
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	12 311	137 .5	1 692 228
401.001	Fourniture et pose de buses en béton DN 200	ml	62	78 .5	4 870
402.001	Fourniture et pose de buses en béton DN 300	ml	19	98 .2	1 865
411.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 600	ml	8	235 .6	1 885
412.001	Fourniture et pose de buses en béton armé DN 700	ml	14	353 .5	4 948
421.001	Fourniture et pose de tuyaux en PVC DN 110 mm PN 6	ml	105	23 .6	2 481
510.001	Fourniture et pose de batardeaux en bois 7 cm x 15 cm	ml	850	39 .3	33 397
602.001	Fourniture et pose de tôle métallique ou élément métallique	kg	139	78 .5	10 946
611.001	Fourniture et pose de vannette métallique ( h x l x e): 250 x 250 x 5 mm	pce	413	117 .8	48 660
611.002	Fourniture et pose de vannette métallique ( h x l x e): 400 x 400 x 5 mm	pce	19	132 .7	2 521
612.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère (h x l x e): 500 x 500 x 5 mm	pce	2 .0	785 .5	1 571
614.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère (h x l x e): 700 x 700 x 5 mm	pce	8 .0	1099 .7	8 797
615.001	Fourniture et pose de vanne métallique à crémaillère (h x l x e): 800 x 800 x 5 mm	pce	14 .0	1256 .8	17 595
<b>Sous-total Réseau d'irrigation</b>					<b>2 803 110</b>
<b>Réseau de drainage</b>					
1000.001	Fascine	ml	520 .0	0 .7	382
1000.002	Protection en vétiver (écartement 0.15*0.25)	m <sup>2</sup>	2 640 .0	0 .2	647
1000.003	Pied de bambou pour renforcement vétiver	pce	824 .0	1 .0	807
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	82 585 .7	5 .5	454 080
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	1 675 .1	4 .9	8 223
322.001	Fourniture et pose de gabions	m <sup>3</sup>	158 .0	192 .4	30 405
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	64 .5	23 .6	1 521
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	317 .5	27 .5	8 729
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	26 .8	432 .0	11 592
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	77 .9	628 .4	48 957
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	4 015 .9	137 .5	552 019

Poste	Description	Unité	Quantité	PU	Total
				[USD]	[USD]
385.001	Fourniture et pose de géotextile équivalent bidim® S51 ou Kaytech® U34	m <sup>2</sup>	237 .0	21 .2	5 026
<b>Sous-total Réseau de drainage</b>					<b>1 122 388</b>
<b>Réseau de circulation</b>					
211.001	Déblais en terrain meuble y/c débroussaillage	m <sup>3</sup>	8 324 .1	5 .5	45 769
223.001	Remblais en grande masse en provenance d'emprunts	m <sup>3</sup>	10 207 .5	9 .4	96 212
301.001	Fouilles d'ouvrages en terrain meuble	m <sup>3</sup>	242 .4	4 .9	1 190
331.001	Perré sec de protection de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	124 .9	23 .6	2 942
331.002	Perré sec de protection de 0.30 m sur couche de pose de 0.10 m de gravier tout venant	m <sup>2</sup>	29 .3	27 .5	804
332.001	Perré maçonné de 0.20 m sur couche de pose de 0.10 m	m <sup>2</sup>	15 165 .6	35 .3	536 045
341.001	Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	12 .0	157 .1	1 882
343.001	Béton dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	2 .6	432 .0	1 137
344.001	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	135 .8	628 .4	85 331
351.001	Maçonnerie de moellons au mortier de ciment y compris sable de propreté	m <sup>3</sup>	293 .4	137 .5	40 326
701.001	Mise en forme de la plateforme - nouvelle piste	ml	3 386 .0	23 .6	79 788
702.001	Mise en forme de la plateforme - reprofilage piste existante	ml	11 609 .0	12 .3	142 477
721.001	Couche de roulement en latérite	m <sup>3</sup>	14 631 .3	15 .7	229 848
<b>Sous-total Réseau de circulation</b>					<b>1 263 750</b>

## 9 Analyse économique

### 9.1 Hypothèses pour l'analyse économique

Différentes hypothèses de travail sont utilisées pour l'analyse économique, pour le volet agricole, elles ont été posées sur base des informations issues :

- D'enquêtes et d'échanges avec les exploitants/des propriétaires fonciers. Ces enquêtes ont été faites par les experts agro-socio-économiques mandatés par le Consultant ;
- De publications techniques agronomiques ;
- D'estimations du consultant compte tenu de son expérience sur des projets similaires.

La cohérence des données des différentes composantes (génie rural, production agricole, commercialisation) a été vérifiée. Toutefois, il n'est pas possible de prédire l'évolution des prix, des conditions climatiques, ou encore l'adoption effective des itinéraires techniques recommandés avec l'appui d'un projet mis en place parallèlement à l'aménagement. Ceci compte tenu des multiples facteurs qui influenceront ce projet et non maîtrisables à ce stade de l'étude.

Ces hypothèses sont donc utiles pour une comparaison, toutes choses étant égales par ailleurs, des différentes options d'aménagement proposées au niveau économique, comme support d'aide à la décision. Mais elles ne sauraient être utilisées hors cadre de cette analyse, comme reflétant parfaitement la réalité du terrain.

#### 9.1.1 Production agricole

Pour permettre une estimation de la production agricole, un jeu de fiches technico-économiques a été dressé. Ce jeu contient une fiche par spéculacion couramment pratiquée par les exploitants agricoles de la région et donne des renseignements tels que le prix de la production 'bord de champ', les rendements observés et attendus et les charges de production. Les fiches sont reprises en Annexe.

La production est envisagée dans deux cas de figure : 'Sans' aménagement, c'est-à-dire pour une production de base sans facilités liées aux investissements hydroagricoles ; et 'Avec' aménagement, qui prend en compte l'amélioration de productivité liée à l'amélioration de la gestion de la ressource en eau ainsi que le respect d'un itinéraire technique et l'utilisation des intrants.

Les rendements 'Avec' projet renseignés sont des rendements moyens et non les meilleurs résultats qui pourraient être obtenus toutes conditions étant optimales.

Les renseignements relatifs aux spéculacions sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 147 - Caractéristiques technico-économiques des spéculacions principales**

Culture	Aménagement	Rdt. moyen kg/ha	Produit BIF	Intrants BIF	M-O BIF	Autres charges BIF	Total charge BIF	Excédent brut BIF
Patate douce	Sans	6 500	3 400 000	700 000	825 000	120 000	1 645 000	1 755 000
	Avec	9 750	5 100 000	700 000	1 325 000	200 000	2 225 000	2 875 000
Haricot	Sans	1 000	1 300 000	225 000	475 000	60 000	760 000	540 000
	Avec	1 750	2 250 000	261 500	730 000	70 000	1 061 500	1 188 500
Riz Paddy	Sans	2 250	2 775 000	128 000	1 075 000	225 000	1 428 000	1 347 000
	Avec	5 000	6 100 000	262 600	1 775 000	240 000	2 277 600	3 822 400
Maïs	Sans	2 000	1 850 000	185 000	800 000	70 000	1 055 000	795 000
	Avec	3 000	2 700 000	490 000	1 100 000	80 000	1 670 000	1 030 000

Culture	Aménagement	Rdt. moyen kg/ha	Produit BIF	Intrants BIF	M-O BIF	Autres charges BIF	Total charge BIF	Excédent brut BIF
Tomate	Sans	7 500	4 000 000	540 000	700 000	275 000	1 515 000	2 485 000
	Avec	11 000	5 900 000	640 000	1 325 000	225 000	2 190 000	3 710 000
Pastèque	Sans	6 250	2 875 000	340 000	900 000	270 000	1 510 000	1 365 000
	Avec	11 500	5 350 000	540 000	1 225 000	225 000	1 990 000	3 360 000

Suite à la réalisation d'un nouvel aménagement hydroagricole, bien que les pics de productivité puissent théoriquement être attendus dès la première année, par exemple parce que pour certains sites le sol est à son potentiel maximal, par hypothèse conservatoire, il est projeté que les rendements augmentent progressivement suite à l'appui des services techniques et à la bonne maîtrise de l'eau :

- En année 1, année de réalisation des travaux de l'aménagement, il est considéré que le domaine est cultivé comme précédemment, sans modification de superficies ni d'assolement par rapport aux conditions initiales ;
- À partir de l'année 2, la totalité de la surface irrigable du périmètre est considérée comme fonctionnelle. Cependant, les cultures mises en place connaissent une augmentation de rendement graduelle décrite dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 148 - Taux d'augmentation du rendement durant les premières années de fonctionnement de l'aménagement**

Année	Augmentation du rendement
Année 1	0%
Année 2	50%
Année 3	75%
Année 4	100%

Si les ressources en eau ne permettent pas de satisfaire entièrement les besoins des cultures sur la totalité de la superficie irrigable, deux solutions peuvent être envisagées : soit la superficie effectivement exploitée pendant la saison critique est réduite pour exploiter à plein rendement les cultures mises en place, soit la totalité de la superficie est tout de même mise en culture, moyennant un rendement moins performant. Une décote de -20% est dès lors appliquée au rendement pour prendre en compte cette diminution de la production (voir analyse de sensibilité ci-après).

## 9.1.2 Calcul des charges

### 9.1.2.1 Charges d'exploitation

Les charges totales par hectare mis en culture sont extraites des comptes d'exploitation. Ces comptes d'exploitation sont présentés par culture, avant et après aménagement en Annexe du présent document.

Les charges comprennent : les semences, les engrais, les produits phytosanitaires, la main d'œuvre, les autres charges.

Les charges après aménagement sont calculées de manière à obtenir les rendements voulus post aménagements. La manière d'atteindre ces rendements a été discutée et présentée en phase de diagnostic.

### 9.1.2.2 Redevance

Le montant de la redevance est basé sur la méthode et la feuille de calcul élaborée dans le cadre de l'Atlas des Marais, Plaines et Bas-fonds<sup>6</sup> et mise en place doit permettre de couvrir les dépenses pour l'entretien et les frais de gestion de l'AUE.

On se référera en outre à l'étude juridique et institutionnelle pour la création, la structuration et le fonctionnement des AUE au niveau national qui est en cours de validation définitive dans le cadre du PRDAIGL. Cette étude définit comment sera perçue et gérée la redevance hydraulique dans les périmètres aménagés et irrigués.

La redevance est définie par hectare. Le montant à payer par chaque exploitant est fonction de la taille de sa parcelle. La redevance doit permettre de couvrir :

- Les frais d'entretiens imprévus et les travaux d'urgence (réparation de maçonneries et perrés, gabionnages terrassements) qui sont par définition imprévisibles et pour lesquels un fonds de réserve doit être constitué dès la mise en service de l'aménagement; ces frais sont susceptibles de varier d'un aménagement à l'autre en fonction de la vulnérabilité du site (présence de crues importantes; dégradation du bassin versant à l'amont de l'aménagement), de la qualité du dimensionnement de l'aménagement est des travaux de construction, etc. ;
- Les frais de fonctionnement de l'AUE qui prennent en compte les salaires, les frais de transport, et les frais administratifs.

La feuille de calcul Excel est constituée de différents onglets à savoir :

- **Liste des prix unitaires.** Les prix utilisés pour les matériaux sont les mêmes que ceux utilisés pour la réalisation des infrastructures (Annexe 2). La liste comprend également les salaires, frais de fonctionnement et frais administratifs présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 149 - Prix unitaires pour frais de fonctionnement de l'AUE**

Code	Poste	Unité	Montant (BIF)
<b>600</b>	<b>Salaires</b>		
601	Gardien	h.mois	40 000
602	Aiguadier	h.mois	50 000
603	Gérant (500 ha min)	h.mois	750 000
604	Trésorier (500 ha min)	h.mois	650 000
605	Expertise technique externe	h.mois	1 500 000
<b>700</b>	<b>Frais de déplacement</b>		
701	Bicyclette (amortissement 3 ans)	pce/mois	10 833
702	Moto (Amortissement 3 ans sur 500 ha min)	pce /mois	41 667
703	Carburant et entretien moto	ff/mois/ha	50 000
704	Transport public	ff/mois	10 000
<b>800</b>	<b>Frais administratifs et de bureau</b>		
801	Matériel de bureau	ff/mois	30 000
802	Fourniture de bureau	ff/mois	3 333
803	Frais réunion de bureau	ff/mois	15 000
804	Frais maintenance compte bancaire	ff/mois	15 000

- **Le récapitulatif des infrastructures de l'aménagement** à savoir les mètres linéaires de canaux par gabarit, les mètres linéaires de drains collecteurs, les pièces d'ouvrage sur le réseau d'irrigation et de circulation, le nombre de seuil de dérivation ;

<sup>6</sup> PAIOSA 2017 – Appui à la maîtrise d'ouvrage par la mise en place d'un atlas interactif des plaines, marais et bas-fonds et bassins versants et élaboration de manuels de conception de maintenance et de gestion des aménagements hydroagricoles.

- **Le calcul de coûts d'entretien saisonniers et périodiques** (ce montant n'est pas repris dans la redevance), il est appliqué directement aux coûts récurrents de l'aménagement (9.1.3) ;
- **Le calcul des coûts d'imprévus et d'urgence** qui reprend la liste des travaux possibles mais qui ne pas prévisibles. La probabilité de devoir réaliser des réparations sur des ouvrages du réseau dépend de nombreux facteurs dans la qualité des travaux et la vulnérabilité de l'aménagement. La quantification objective de ce type de travaux n'est pas aisée au début de l'exploitation d'un aménagement mais avec l'expérience il sera possible de mieux cadrer les frais imprévus mais probables. Ce calcul s'effectue également sur base normes pour les quantités de travaux et de fréquence de réalisation mais aussi de la proportion d'ouvrages à prendre à compte. Dans le cadre de la présente étude, les frais sont calculés pour une fréquence de 1 fois toutes les 10 saisons et sur 10% des ouvrages du réseau d'irrigation. Pour les seuils de dérivation, les frais sont calculés pour l'entièreté de l'ouvrage sur une fréquence de 1 sur 10 saisons et pour le colmatage des ravines et la protection des talus toutes les deux saisons.
- **Les frais de fonctionnement de l'AUE** qui reprennent les salaires du personnel, les frais de déplacement et le frais administratifs. En première approximation, le calcul du nombre de mois d'embauche par an est pris proportionnellement à la superficie de l'aménagement; par exemple 12 mois/500 ha x sup. de l'aménagement. Le calcul des frais de déplacement du gérant sont calculés de la même manière.

Enfin, une sécurité de 5% est ajoutée à la réserve d'urgence et un taux de recouvrement de 95% de la redevance est appliqué afin de la majorer pour faire face aux pertes éventuelles liées au non-paiement.

Les calculs sont réalisés par saison. Les résultats sont donc multipliés par deux pour obtenir une valeur annuelle tenant compte de 2 saisons pleines de mise en culture par an. Les résultats annuels sont présentés par site dans les chapitres suivants.

### 9.1.3 Redevance eau

Ces coûts reprennent les frais pour les entretiens saisonniers et annuels, les entretiens d'urgence et les imprévus (fond de réserve constitué après chaque saison) ainsi que les frais de fonctionnement de l'AUE. Ces coûts annuels sont ensuite divisés pour obtenir une valeur de redevance à l'hectare par saison de culture. Une estimation de la contribution directe des exploitants pour les travaux d'entretien est aussi valorisée.

Les frais d'entretien sont définis en fonction des infrastructures à aménager. Les frais sont calculés par mètre linéaire de canaux et drains et pièces d'ouvrages (prise pour arroseur, chute, etc.) et pour les entretiens suivants :

- **Entretien courant et saisonnier** qui comprend le débroussaillage, faucardage, curage des canaux, des drains et des ouvrages, pistes intérieures. Cet entretien est réalisé 2 fois par saison ;
- **Entretien périodique** qui comprend la peinture des ouvrages vannées et l'entretien des batardeaux. Cet entretien est réalisé une fois toutes les 10 saisons ;
- **La réserve pour les travaux d'urgence et les imprévus** est comptabilisée dans le montant de la redevance.

Le calcul se base sur des normes pour les quantités de travaux, la fréquence de réalisation et la modalité de réalisation (participation en main d'œuvre ou contribution monétaire).

Par ailleurs pour tenir compte fait du moindre coût de l'entretien les premières années de fonctionnement du périmètre, une augmentation progressive des coûts d'entretien est prévue telle que reprise dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 150 - Augmentation du montant des coûts d'entretien lors de la période de démarrage du périmètre**

Année 1*	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6
0 %	25 %	50 %	75 %	100 %	100 %

*\*l'année 1 est celle de la réalisation des travaux*

#### 9.1.4 Analyse de sensibilité et autres paramètres

L'analyse de sensibilité est réalisée pour les scénarios suivants :

- Conditions normalement prévues ;
- Supplément de 10% sur le montant des investissements et des entretiens (totaux) ;
- Supplément de 20% sur le montant des investissements et des entretiens (totaux) ;
- Déficit de 10% sur le montant des recettes générées par la vente de la production ;
- Déficit de 20% sur le montant des recettes générées par la vente bord de la production ;
- Supplément de 10% sur le montant des recettes générées par la vente de la production ;
- Supplément de 20% sur le montant des investissements et des entretiens (totaux) et déficit de 10% sur le montant des recettes générées par la vente de la production.

Les calculs de rentabilité ont été effectués sur une période de 20 ans. Le taux d'actualisation est pris à 8%.

Aux coûts totaux des investissements présentés dans les devis estimatifs par site viennent s'ajouter les coûts de surveillance des travaux. Le taux d'application est de 8% du montant total de l'investissement. Pour cette raison, les coûts totaux et par hectare présentés dans ce chapitre diffèrent légèrement des ceux présentés dans les tableaux des coûts totaux des devis estimatifs.

## 9.2 Résultats

### 9.2.1 Récapitulatif des coûts

Le tableau récapitulatif des coûts d'investissement pour l'aménagement envisagé est présenté dans le dossier financier confidentiel.

Le tableau ci-dessous donne un récapitulatif du montant de la redevance eau pour l'aménagement envisagé.

**Tableau 151 – Montant de la redevance**

Coût entretien annuel	1 212 457 683	BIF/an
Réserve travaux d'urgence/ an	209 640 783	BIF/an
Coût opérationnel / an	77 301 000	BIF/an
<b>Valeur totale de la redevance /an</b>	<b>1 499 399 466</b>	<b>BIF/an</b>
<b>Valeur totale de la redevance /ha/ an</b>		
	<b>342 642</b>	<b>BIF/ha/an</b>
dont		
Charge exploitant/ha/saison*	70 100	BIF/ha/saison
Contribution directe exploitant/ha/saison	55	h.j/ha/saison

*(\*)Y compris les pertes pour recouvrement (5%)*

Actuellement, la superficie est emblavée en polyculture en saison A, en riz et en polyculture en saison B et en polyculture en saison C.

Deux options d'assolement sont définies après aménagement

- Assolement #01 : en saison A et B, le site est cultivé en riziculture à 100% ; en saison C, le maraîchage est pratiqué sur 50% de la superficie.
- Assolement #02 : en saison A et B, le site est cultivé en riziculture à 80% et 20% en polyculture céréalière; en saison C, le maraîchage est pratiqué sur 50% de la superficie.

**Tableau 152 – Assolement sélectionné (% et superficie irrigable)**

	Sans aménagement		Après aménagement			
			Assolement #01		Assolement #02	
	%	ha	%	ha	%	ha
A - Riz			100%	2188	80%	1750
A - Patate douce						
A - Polyculture	80%	1705			20%	438
A - Maraîchage						
B - Riz	20%	438	100%	2188	80%	1750
B - Patate douce						
B - Polyculture	80%	1705			20%	438
B - Maraîchage						
C - Riz			50%	1094	50%	1094
C - Patate douce						
C - Polyculture	20%	438				
C - Maraîchage			50%	1094	50%	1094

Les superficies ainsi définies, multipliées par les rendements indiqués dans les fiches technico-économiques, puis par le prix de vente, permettent d'estimer la production agricole du périmètre pour chaque saison.

**Tableau 153 – Production et valorisation par option d'aménagement (en tonnes et BIF)**

	Sans aménagement		Après aménagement			
			Assolement #1		Assolement #1	
	Tonnes	BIF	Tonnes	KBIF	Tonnes	KBIF
A - Riz			10 940	13 128 000	8 752	10 502 400
A - Patate douce						
A - Polyculture	3 501	2 975 680			1 313	1 115 880
A - Maraîchage						
B - Riz	985	1 181 520	10 940	13 128 000	8 752	10 502 400
B - Patate douce						
B - Polyculture	3 501	2 975 680			1 313	1 115 880
B - Maraîchage						
C - Riz			5 470	6 564 000	5 470	6 564 000
C - Patate douce						
C - Polyculture	875	1 050 240				
C - Maraîchage			17 176	15 544 099	17 176	15 544 099

### 9.2.2 Résultat de l'analyse financière

Le tableau suivant synthétise le calcul de Taux de Rentabilité Interne (TRI) de l'aménagement suivant les scénarii présentés en hypothèses et ce pour les assolements considérés.

**Tableau 154 – Taux de Rentabilité Interne**

Assolement	normal	invest. +	invest. +	recettes -	recettes -	recettes +	invest. +
		10%	20%	10%	20%	10%	recettes -
							10%
#01	28.8%	26.2%	24.0%	25.8%	22.9%	31.6%	21.3%
#02	26.4%	24.0%	22.0%	23.7%	20.9%	29.1%	19.4%

Les tableaux suivants synthétisent le calcul de la Valeur Actualisée Nette (VAN) d'aménagement suivant les scénarii présentés en hypothèses et les nombres d'années nécessaires pour obtenir une VAN positive. Le taux d'actualisation a été pris à 8%.

**Tableau 155 – Valeur Actualisée Nette (10<sup>3</sup> BIF)**

Assolement	normal	invest. + 10%	invest. + 20%	Recettes - 10%	recettes - 20%	Recettes + 10%	invest. + 20%
							recettes - 10%
#01	158 685 413	150 511 922	142 338 430	133 713 602	108 741 791	183 657 224	115 507 063
#02	137 909 225	129 735 734	121 562 243	115 015 033	92 120 841	160 803 418	96 808 494

**Tableau 156 – Nombre d'années nécessaires pour une Valeur Actualisée Nette positive**

Assolement	normal	invest. + 10%	invest. + 20%	recettes - 10%	recettes - 20%	recettes + 10%	invest. + 20%
							recettes - 10%
#01	6	6	7	6	7	5	7
#02	6	7	7	7	8	6	8

## 10 Conclusion

Les études d'avant-projet sommaire ont établi la faisabilité de l'aménagement de 2312<sup>7</sup> ha en rives gauche et droite de la Kaburantwa. Le tableau ci-dessous présente une synthèse des investissements nécessaires et la part respectives des différentes infrastructures dans le coût global de l'aménagement.

Malgré un coût global à l'hectare irrigué relativement élevé avec 8 160 USD/ha, l'analyse économique montre que l'investissement est rentable.

Le coût relativement élevé à l'hectare s'explique notamment par le fait que les infrastructures de mobilisation de l'eau (prise, dessableur, canaux de tête morte, ouvrages de franchissement, piste d'accès à la prise) représentent 54% de l'investissement, le réseau d'irrigation et de drainage 36% et la réhabilitation des pistes transversales 9%. Le budget d'installation et repli de chantier étant de 1.5% du montant global.

L'importance relative du coût des infrastructures de mobilisation de l'eau s'explique par la nécessité de construire un dessableur qui représente à lui seul près de 7% du budget global, une piste d'accès à la prise de 7 km qui représente 5% du budget et de longs canaux de tête morte revêtus qui pèsent plus de 35% du budget total des aménagements.

Le coût moyen du réseau d'irrigation seul – c-à-d sans les infrastructures de mobilisation de l'eau citées plus haut – est raisonnable avec un peu plus de 3 110 USD/ha. Il est cependant intéressant de souligner qu'il y a une forte disparité entre les coûts d'aménagement entre les rives gauche et droite, avec respectivement un coût à l'hectare irrigué de 3780 et 2760 USD/ha.

**Tableau 157 – Synthèse des coûts d'aménagement (USD)**

<b>Total Général (USD)</b>	<b>18 871 115</b>	<b>100%</b>
<b>Généralités - Installation et replis de chantier</b>	<b>278 883</b>	<b>1.5%</b>
<b>Infrastructures de mobilisation de la ressource en eau</b>	<b>10 119 969</b>	<b>53.6%</b>
<i>Prise + Seuil + dessableur + piste d'accès</i>	<i>3 493 182</i>	<i>18.5%</i>
<i>Canal de tête morte RD et ouvrages annexes</i>	<i>3 642 168</i>	<i>19.3%</i>
<i>Canal de tête morte RG et ouvrages annexes</i>	<i>2 984 619</i>	<i>15.8%</i>
<b>Réseau d'irrigation et drainage</b>	<b>6 822 147</b>	<b>36.2%</b>
<i>Rive gauche</i>	<i>2 896 649</i>	<i>15.3%</i>
<i>Rive droite</i>	<i>3 925 498</i>	<i>20.8%</i>
<b>Circulation</b>	<b>1 650 115</b>	<b>8.7%</b>
<i>Rive gauche</i>	<i>386 365</i>	<i>2.0%</i>
<i>Rive droite</i>	<i>1 263 750</i>	<i>6.7%</i>

<sup>7</sup> 2188 ha riziculture + 124 ha jardin villageois en bordure des transversales

## Annexe 1. Bibliographie

- Bell, F. C. (1976). The areal reduction factor in rainfall frequency estimation.
- C. Puech, D. Chabi Gonni (1984). Méthode de calcul des débits de crue décennale pour les petits et moyens bassins versants en Afrique de l'ouest et centrale, Ouagadougou, Burkina Faso : comite interafricain d'études hydrauliques
- Climwat <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/fr/>
- Cropwat <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/fr/>
- Demarée, G. R., & Vyver, H. (2013). Construction of intensity-duration-frequency (IDF) curves for precipitation with annual maxima data in Rwanda, Central Africa. *Advances in Geosciences*, 35, 1-5. <https://adgeo.copernicus.org/articles/35/1/2013/>
- ERA International, 2019. *Etudes techniques d'aménagements de la plaine de Kaburantwa, Commune de Buganda, Province de Cibitoke - Etude d'Avant-Projet Détaillé*. Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage / PROPA-O
- FAO Irrigation and Drainage Paper n°56. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements
- Main Stormwater Design Manual, 2006
- Manuel de conception d'un projet d'aménagement hydroagricole de marais et de plaine au Burundi – SHER Ingénieur – Conseils – Agence Belge de Développement PAIOSA 2017
- National Engineering Handbook pour toute la partie hydrologie (United States Department of Agriculture - National Resources Conservation Service),  
<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/manage/hydrology/?cid=stelprdb1043063>
- Ndimubanda J., 2022. *Etude juridique et institutionnelle de création, structuration et fonctionnement des associations d'usagers de l'eau (AUE) pour la gestion durable des périmètres aménagés et irrigués au Burundi. Rapport Provisoire*. Projet Régional de Développement Agricole Intégré. Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage.
- NRCS, U. (2004). National engineering handbook: Part 630—hydrology. *USDA Soil Conservation Service: Washington, DC, USA*.
- Plan Directeur National de l'Eau, Avril 1998, Ministère de l'Energie et des Mines
- Schéma directeur des villes de Gitega, Ngozi et Rumonge, 2014
- Service météorologique du Burundi,  
<https://www.gfdr.org/sites/default/files/Etat%20des%20lieux%20SHMN%20Burundi.pdf>
- SHER, 2012. *Etude sur l'amélioration de la gestion des terres et de l'eau en plaine de l'Imbo (Province de Cibitoke)*. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage / PADAP Cibitoke
- SHER/MHYLAB, 2012. *Hydropower - KAGU006 - Feasibility study report*. African Power and Water
- SHER/Artelia Madagascar, 2014. *Maîtrise d'œuvre générale relative à la remise en état des périmètres irrigués de l'Imbo Nord en Province de Cibitoke - Avant-Projet Sommaire des zones 4-5*. Programme d'Appui Institutionnel et Opérationnel au Secteur Agricole (PAIOSA)
- SHER/Artelia Madagascar, 2015. *Maîtrise d'œuvre générale relative à la remise en état des périmètres irrigués de l'Imbo Nord en Province de Cibitoke - Avant-Projet Détaillé de la zone 5*. Programme d'Appui Institutionnel et Opérationnel au Secteur Agricole (PAIOSA)

SOGREAH Ingénierie, 1955. *Etude de pré-faisabilité et de faisabilité des aménagements hydroélectriques de Kabu 16, Kabu 23, Masango et Rushisha - Rapport définitif de faisabilité de l'aménagement de Kabu 16*. Ministère de l'Energie et des Mines.

Veneziano, D., & Langousis, A. (2005). The areal reduction factor: A multifractal analysis. *Water Resources Research*, 41(7)

Wagesho, N., & Claire, M. (2016). Analysis of rainfall intensity-duration-frequency relationship for Rwanda. *Journal of Water Resource and Protection*, 8(07), 706. [https://www.scirp.org/html/3-9402850\\_67398.htm](https://www.scirp.org/html/3-9402850_67398.htm)

## Annexe 2. Liste des plans

Numéro du plan	Description	Format	Echelle
<b>Vues générale et d'ensemble</b>			
VE-KAB-01/02	Vues d'ensemble	A0	1/10 000
<b>Plans types</b>			
PT 01*	Prise sur émissaire	A3	Cotes variables
PT 02	Prise de distribution	A3	Cotes variables
PT 03.1	Prise pour arroseur simple	A3	Cotes variables
PT 03.2	Prise pour arroseur double	A3	Cotes variables
PT 04 *	Déversoir de sécurité sur canal	A3	Cotes variables
PT 05	Chute	A3	Cotes variables
PT 06	Coursier	A3	Cotes variables
PT 07 *	Colature des eaux de ruissellement sur canaux secondaires/tertiaires	A3	Cotes variables
PT 08.1	Aqueduc – petite portée	A3	Cotes variables
PT 08.2 *	Aqueduc – grande portée	A3	Cotes variables
PT 09 *	Reprise sur émissaire	A3	Cotes variables
PT 10	Partiteur	A3	Cotes variables
PT 11	Décharge	A3	Cotes variables
PT 12	Dalot canal sous piste/buse	A3	Cotes variables
PT 13	Dalot simple pour piste	A3	Cotes variables
PT 14 *	Pont sur émissaire	A3	Cotes variables
PT 15	Passerelle piétonne sur canaux et émissaire	A3	Cotes variables
PT 16 *	Borne et bassin	A3	Cotes variables
PT 101	Gabarits de canaux	A3	Cotes variables
PT 102	Profil type - Piste d'accès	A3	Cotes variables
*	non utilisé et non présenté dans le cahier des plans		
<b>Ouvrages particuliers</b>			
PR-01	Prise et Dessableur – Vue d'ensemble	A3	1/1000
PR-02	Prise - Implantation	A3	1/200
PR-03	Prise – Vue en plan et coupes	A3	1/150
PR-04	Canal de tête – Coupes types	A3	1/50
PR-05	Dessableur – Implantation	A3	1/250
PR-06	Dessableur – Vue en plan et coupes	A3	1/200
CTM_RG-01	CTM-RG – Siphon Kasenga – Vue en plan et coupes	A3	1/400
CTM_RD-01	CTM-RD – Aqueduc Kaburantwa – Vue en plan et coupes	A3	1/250
CTM_RD_02	CTM-RD – Siphon Kabengwa – Vue en plan et coupes	A3	1/250
CTM-01	CTM_RG – Buses drainage fossés et thalwegs	A3	1/250
CTM-02	CTM_RD – Buses drainage fossés et thalwegs	A3	1/250
CTM-03	CTM_RG – Aqueducs-Dalots franchissement thalwegs	A3	1/500
CTM-04	CTM_RG – Aqueducs-Dalots franchissement thalwegs	A3	1/500

### Annexe 3. Comptes d'exploitation des différentes cultures

#### Comptes d'exploitation avant aménagement

Culture	Rendement moyen [t/ha]	Produit [BIF/ha]	Intrants [BIF/ha]	Main d'œuvre [BIF/ha]	Revenu brut agricole [BIF/ha]
<b>Oignon</b>	<b>17.5</b>	<b>11 750 000</b>	<b>902 000</b>	<b>1 410 000</b>	<b>9 438 000</b>
Manguiers	2.8	8 125 000	615 160	450 000	7 059 840
<b>Tomate</b>	<b>14.0</b>	<b>20 800 000</b>	<b>2 108 000</b>	<b>1 590 000</b>	<b>17 102 000</b>
<b>Aubergine</b>	<b>12.5</b>	<b>7 250 000</b>	<b>1 781 500</b>	<b>825 000</b>	<b>4 643 500</b>
<b>Riz Paddy</b>	<b>5.0</b>	<b>6 600 000</b>	<b>565 000</b>	<b>1 617 000</b>	<b>4 418 000</b>
Banane	9.0	3 700 000	922 000	1 692 500	1 085 500
<b>Maïs</b>	<b>2.5</b>	<b>2 275 000</b>	<b>538 500</b>	<b>765 000</b>	<b>971 500</b>
Soja	1.0	1 560 000	310 000	419 000	831 000
Sorgho	1.5	1 872 500	270 850	663 000	938 650
Coton	1.0	720 000	51 000	413 000	256 000

Les cultures surlignées sont celles qui devraient voir leur revenu brut agricole augmenter avec le projet d'aménagement.

#### Comptes d'exploitation après aménagement

Culture	Rendement moyen [t/ha]	Produit [BIF/ha]	Intrants [BIF/ha]	Main d'œuvre [BIF/ha]	Revenu brut agricole [BIF/ha]
<b>Oignon</b>	<b>18.5</b>	<b>13 325 000</b>	<b>902 000</b>	<b>1 410 000</b>	<b>11 013 000</b>
Manguiers	2.8	8 400 000	615 160	450 000	7 334 840
<b>Tomate</b>	<b>15.0</b>	<b>23 750 000</b>	<b>2 108 000</b>	<b>1 590 000</b>	<b>20 052 000</b>
<b>Aubergine</b>	<b>13.5</b>	<b>8 475 000</b>	<b>1 781 500</b>	<b>825 000</b>	<b>5 868 500</b>
<b>Riz Paddy</b>	<b>6.0</b>	<b>8 500 000</b>	<b>565 000</b>	<b>1 617 000</b>	<b>6 318 000</b>
Banane	9.0	3 700 000	922 000	1 692 500	1 085 500
<b>Maïs</b>	<b>2.6</b>	<b>2 580 000</b>	<b>538 500</b>	<b>765 000</b>	<b>1 276 500</b>
Soja	1.1	1 687 500	310 000	419 000	958 500
Sorgho	1.5	1 948 750	270 850	663 000	1 014 900
Coton	1.0	770 000	51 000	413 000	306 000