DIAGNOSTIC ET CONCEPTION TECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DU PERIMETRE IRRIGUE GRAVITAIRE DE 350 HA A KARFIGUELA (BURKINA FASO) DANS UN CONTEXTE DE VARIABILITE CLIMATIQUE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE

MASTER

SPECIALITE : GENIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES (GEAAH)

Présenté et soutenu publiquement le 21 Juillet 2026 par

Abdoul Aziz YODA (20230084)

Directeur de mémoire : **Dr Amadou KEITA,** Enseignant-Chercheur à 2iE, Maître de Conférences CAMES

Encadrant 2iE : **M. Bassirou BOUBE, enseignant à 2IE**

Maître de stage : **Augustin Clément OUEDRAOGO, Ingénieur du Génie Rural**

Structure d'accueil : **Direction Générale des Aménagements Agro-pastoraux et du Développement de l'Irrigation (DGADI)**

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU

Membres et correcteurs : M. Souleymane OUEDRAOGO

M. Kibissi PARE

Promotion [2025/2026]

DEDICACES

Je dédie ce travail à Ma famille et à ceux qui ont cru en moi dans les moments de doute

Que ce mémoire soit le témoignage de ma profonde gratitude.

REMERCIEMENTS

Ce travail est le fruit de la collaboration et du soutien de plusieurs personnes à qui nous voulons exprimer toute notre gratitude.

Nous voulons remercier :

- L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de l'enseignement ;
- **Dr. Amadou KEITA**, Enseignant-Chercheur à 2iE, Maître de Conférences CAMES, notre directeur de mémoire pour leur disponibilité et tout l'accompagnement dont nous avons bénéficié ;
- **Monsieur Bassirou BOUBE**, encadreur du présent mémoire qui a su ménager son programme pour nous accompagner à travers son encadrement, son expertise et ses conseils dans la réalisation de ce travail ;
- La DGADI pour cette occasion qui nous a été offerte d'apprendre au sein de leur structure. Un merci particulier au personnel des services DDI et DAH pour leurs ouvertures et leurs accompagnements sans relâche ;
- **Monsieur Clément Augustin OUEDRAOGO**, Ingénieur du génie rural pour l'attention et l'accompagnement. Par ses orientations, ses observations et ses précieux conseils, il a contribué énormément à notre formation professionnelle et personnelle. Je reste marquée par le sens du travail bien fait, l'expertise et l'humanisme de ce grand homme. Puisse Dieu vous fortifier et vous guider toujours vers l'atteinte de vos objectifs ;
- L'ensemble de nos collègues, camarades de classe, tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce travail, retrouvez ici l'expression de ma profonde gratitude.

RESUME

Le périmètre irrigué de Karfiguéla de superficie 350 ha, situé à Banfora sur la rive droite du fleuve est très dégradé pour assurer une irrigation efficace. L'étude a visé un diagnostic et l'élaboration d'un dossier de réhabilitation. Des visites de terrain sur le site ont mis à nu des canaux et ouvrages fortement dégradés. L'étude hydrologique a identifié deux sous-bassins versants jouxtant dont les crues décennales sont respectivement **87,96 m³/s**, **12,57 m³/s** et un bassin versant alimentant la retenue projetée d'apport annuel en eau de **6 491 785,14 m³**. Elle a permis d'estimer la capacité utile d'un barrage potentielle à **2 173 514 m³**.

Il est prévu sur le périmètre trois campagnes agricole par an (Riz en saison des pluies et en contre saison sèche chaude ; Blé en contre sèche saison froide). Les besoins en eaux pour assurer l'irrigation en saison sèche est estimé à **8 085 207 m³**. Les paramètres de calcul retenu sont, un débit d'équipement de **11 l/s/ha** ; un tour d'eau de **2 jours** ; une main d'eau de **30 l/s** ; un quartier hydraulique de **2,5 ha** et une durée d'irrigation de **12 h**. Le bilan de la disponibilité de l'eau montre que les lâchers de la SN-SOSUCO ne couvrent que **46,55 %** des besoins en saison sèche et l'apport de la retenue porterait cette couverture à **73,43%**. Un déficit en eau de de **26,57%** devra donc être comblé. L'utilisation des eaux souterraines est une alternative envisageable pour combler le déficit.

Les canaux sont de formes trapézoïdales et recouvert en béton tandis que les drains sont en terre. Le coût de réhabilitation est estimé à **2 129 652 583 FCFA TTC** soit **6 084 722 FCFA/ha** hors construction du barrage. Le projet est jugé rentable avec et un délai de retour sur investissement de moins de 5 ans. Sa mise en œuvre permettra d'accroître l'offre en semences de qualité et la production agricole et d'améliorer les conditions de vie des producteurs.

Mots Clés :

1 - Canaux d'irrigation

2 - Diagnostic

3 - Irrigation gravitaire

4 - Karfiguéla

5 - Réhabilitation

ABSTRACT

The 350-hectare Karfiguéla irrigation scheme, located in Banfora on the right bank of the river, is currently too severely degraded to ensure efficient water distribution. This study conducted a comprehensive diagnostic assessment to formulate a complete rehabilitation dossier. Field investigations on-site exposed deeply deteriorated canals and engineering structures. The hydrological analysis identified two adjacent sub-catchments with 10-year peak floods of 87.96 m³/s and 12.57 m³/s, respectively. Additionally, the catchment area feeding the proposed reservoir provides an annual water yield of 6,491,785.14 m³, establishing the potential active storage capacity of the dam at 2,173,514 m³.

The agricultural planning introduces an intensive schedule of three cropping seasons per year: rice during both the rainy season and the hot dry off-season, and wheat during the cold dry off-season. Total dry-season irrigation water requirements are estimated at 8,085,207 m³. The technical design relies on a design discharge of 11 l/s/ha, a 2-day water rotation, an irrigation stream of 30 l/s, a 12-hour irrigation duration, and a 2.5-hectare hydraulic block. The water availability balance shows that current releases from SN-SOSUCO cover only 46.55% of dry-season demands. Although the new reservoir would raise this coverage to 73.43%, a residual water deficit of 26.57% must still be resolved, highlighting groundwater exploitation as a viable alternative.

Structurally, the distribution networks consist of concrete-lined trapezoidal canals, while the drainage systems feature earthen channels. The total rehabilitation cost is estimated at 2,129,652,583 FCFA including tax, representing 6,084,722 FCFA/ha (excluding dam construction). The project is highly cost-effective, with an estimated payback period of less than 5 years. Ultimately, its implementation will expand the supply of high-quality seeds, boost overall agricultural production, and significantly improve the living conditions of local farmers.

Keywords:

1 - Irrigation canals

2 - Diagnostic assessment

3 - Gravity irrigation

4 - Karfiguéla

5 – Rehabilitation

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	:	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEC	:	Agence de l'eau des Cascades
BV	:	Bassin Versant
CA	:	Canal d'Amenée (tête morte)
CIEH	:	Comité Inter-africain d'Études Hydrauliques
CLE	:	Comité Local de l'Eau
CP	:	Canal Primaire
CS	:	Canal secondaire
CT	:	Canal tertiaire
DAH	:	Direction des Aménagements Hydro-agricoles (service de la DGADI)
DAPH	:	Direction des Aménagements Pastoraux et Hydraulique Pastorale (service de la DGADI)
DDI	:	Direction du Développement de l'Irrigation (service de la DGADI)
DP	:	Drain Principal
DS	:	Drain Secondaire
DT	:	Drain Tertiaire
EIES	:	Étude d'Impact Environnemental et Social
INSD	:	Institut National de la Statistique et de la Démographie du Burkina Faso
MAAH	:	Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydrauliques
ORSTOM	:	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ancienne dénomination de l'IRD)
PAGIRE	:	Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PAVAL	:	Projet d'Appui à la Valorisation Agricole et à la Lutte contre la pauvreté
PGES	:	Plan de Gestion Environnementale et Sociale
PNDES II	:	Plan National de Développement Économique et Social – deuxième génération
SCOOPS	:	Société Coopérative Simplifiée (coopératives membres de l'UCEPAK)
SIG	:	Système d'Information Géographique
SN-SOSUCO	:	Société Nationale de la Sucrerie du Burkina (Société Sucrière de la Comoé)
SP/PAGIRE	:	Secrétariat Permanent du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
TDR	:	Termes De Référence
TOR	:	Tout Ou Rien (type de vanne ou vannette)
TRIE	:	Taux de Rentabilité Interne Économique (%)
UCEPAK	:	Union des Coopératives des Exploitants du Périmètre Aménagé de Karfiguéla
VAN	:	Valeur Actuelle Nette (FCFA)

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX viii

LISTE DES FIGURES ix

INTRODUCTION 1

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE 2

I.1 Présentation de la structure d'accueil 2

I.2 Présentation de la zone d'étude 3

II. PRESENTATION DU PROJET 10

II.1 Contexte et justification 10

II.2 Objectifs et résultats attendus 10

III. MATÉRIELS ET MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE 11

III.1 Matériels 11

III.2 Méthodologie 12

IV. RESULTATS 24

IV.1 Diagnostic 24

IV.2 Hydrologie et étude de la retenue 31

IV.3 Evaluation de la ressource souterraine 35

IV.4 Évaluation des besoins en eau des cultures et des paramètres de base de l'irrigation 37

IV.5 Dimensionnement du réseau du périmètre 39

V. ANALYSE ET DISCUSSION 45

V.1 Besoins en eau 45

V.2 Conception technique du réseau d'irrigation 45

VI. GESTION DU PERIMETRE 46

VI.1 Gestion hydraulique 46

VI.2 Réforme organisationnelle de l'UCEPAK 46

VI.3 Mesures d'entretien du périmètre irrigué 47

VII. ETUDE FINANCIÈRE 48

VII.1 Devis estimatif et quantitatif 48
VII.2 Rentabilité économique 48
VIII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIAL 49
VIII.1 Méthodologie 49
VIII.2 Evaluation des impacts et des mesures d'atténuation 49
CONCLUSION 51
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES 52
BIBLIOGRAPHIE 53
ANNEXES I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Coordonnées géographiques zone 30 du site de Karfiguéla 3
Tableau II : Types de sols rencontrés dans le bassin de la Comoé 5
Tableau III: Récapitulatif données climatiques 14
Tableau IV : Les coefficients culturaux (Aquastat,FAO) 18
Tableau V: Canaux d'irrigation 25
Tableau VI: ETP mensuelles interannuelles 1961-2020 à la station de Bobo-Dioulasso 31
Tableau VII: Caractéristiques physique des bassins 32
Tableau VIII: Débits des bassins 32
Tableau IX: Pertes en eau de la retenue 34
Tableau X : besoins eau des cultures 37
Tableau XI: Hypothèses de calcul 40
Tableau XII: Section des canaux 41
Tableau XIII: Caractéristiques des canaux 43
Tableau XIV: Rentabilité 48
Tableau XV: Matrice de Fectau 50

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme DGADI 2
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude 3
Figure 3: Réseau hydrographique des sous-bassins de la Comoé (AEM et al., 2014) 4
Figure 4: Carte des sols du bassin versant de la plaine de Karfiguéla 6
Figure 5: Carte géologique du bassin versant de la Comoé 8
Figure 6: Répartition de la pluviométrie mensuelle interannuelle 1974-2018 de Bérégadougou 31
Figure 7: ETP mensuelles interannuelles à la station de Bobo-Dioulasso 31
Figure 8: prise tertiaire et quaternaire LX
Figure 9: Problème récurrent d'érosion des canaux LX
Figure 10: Programme prévisionnel de la campagne LX
Figure 11: Canal secondaire envahi par du sable LXI
Figure 12: Drain secondaire envahi par la végétation LXI
Figure 13: Rupture de plot de canal secondaire LXI
Figure 14: Canal tertiaire bouché par de la terre LXI
Figure 15: Canal tertiaire entièrement dégradé LXI

Fiche technique de l'aménagement du périmètre irrigue de Karfiguéla

Paramètres	Nombre	Unités	Valeurs
Débit d'équipement		l/s/ha	11
Canaux primaire	1	U	1654
Canaux secondaires	4	U	7040
Canaux tertiaires	37	U	16 325
Besoins et pertes en eau annuels			
Besoins en eau pour culture en contre-saison		m^3	**8 085 206,5**
Coût et rentabilité du projet			
Coût total de l'investissement		FCFA	**2 129 652 583**
Coût à l'hectare		FCFA	**6 084 722**

INTRODUCTION

L'agriculture irriguée s'impose aujourd'hui à l'échelle mondiale comme le levier indispensable pour relever le défi de la sécurité alimentaire dans un contexte de forte croissance démographique et de raréfaction des ressources en eau (FAO, 2020). Au Burkina Faso, cette réalité est d'autant plus prégnante que l'économie nationale repose essentiellement sur le secteur primaire. Ce secteur primaire demeure structurellement vulnérable aux aléas climatiques sahéliens, marqués par une baisse tendancielle de la pluviométrie et une hausse de l'évapotranspiration (MAAH, 2015). Pour rompre avec cette dépendance aux pluies, l'État burkinabè a placé l'aménagement hydro-agricole au cœur de ses priorités stratégiques notamment à travers le Plan National de Développement (PND). Cette ambition politique est portée par la **Direction Générale des Aménagements Hydro-Agricoles et du Développement de l'Irrigation (DGADI)** dont la mission centrale est de concevoir, réaliser et assurer la pérennité des infrastructures hydrauliques productives pour transformer durablement l'agriculture nationale (MARAH, 2023).

C'est dans cette dynamique institutionnelle que s'inscrit la réhabilitation du périmètre irrigué de Karfiguéla, situé dans la région de Tannounyan.

Aménagé en 1977 sur une superficie brute de 400 ha (Ballo, 2010). Ce site constitue l'un des pôles rizicoles historiques du pays, exploitant les eaux de la Comoé régulées par les barrages de Moussodougou et de Lobi (Julien cour, 2009). Toutefois, l'efficacité de ce fleuron de l'irrigation gravitaire est aujourd'hui compromise par un vieillissement des infrastructures. Après plus de quarante ans d'exploitation sans réhabilitation majeure.

Dès lors, la nécessité d'une intervention structurante ne fait plus débat. Il ne s'agit plus de procéder à de simples entretiens curatifs mais d'engager une réhabilitation visant à optimiser radicalement l'efficience hydraulique du système. C'est tout l'enjeu de la présente étude réalisée en étroite collaboration avec la DGADI qui se propose de répondre à la question suivante : comment redimensionner et moderniser l'aménagement de Karfiguéla pour garantir une performance agronomique optimale sous une contrainte de débit fixe.

Pour répondre à cette problématique, le présent mémoire dont l'intitulée : Diagnostic et conception technique pour la réhabilitation du périmètre irrigue gravitaire de 350 ha à Karfiguéla (Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique. L'étude sera développée sur plusieurs axes allant de la présentation du milieu à l'estimation économique des travaux, afin de fournir à la DGADI un outil d'aide à la décision concret et scientifiquement fondé.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 Présentation de la structure d'accueil

La Direction Générale des Aménagements Agro-Pastoraux et du Développement de l'Irrigation (DGADI) est une structure rattachée au Secrétariat Général du Ministère de l'Agriculture, de l'eau, des Ressources Animales et Halieutiques du Burkina Faso. Elle est régie par l'Arrêté n°2025-012/MARAHCAB du 12 janvier 2025.

I.1.1 Domaine de compétences

Elle couvre les aménagements hydro-agricoles, pastoraux et halieutiques, le développement de l'irrigation, ainsi que la gestion durable des terres. Elle participe activement à la conception des stratégies nationales pour les aménagements hydro-agricoles, pastorales et halieutiques.

I.1.2 Missions et attributions

Elle a comme attributions : Réalisation des études techniques, élaboration de normes, supervision des travaux d'aménagements et de recalibrage des cours d'eau, promouvoir les partenariats public-privé et capitaliser les bonnes pratiques. Elle appuie les collectivités territoriales en planification et maintenance des ouvrages.

I.1.3 Organisation

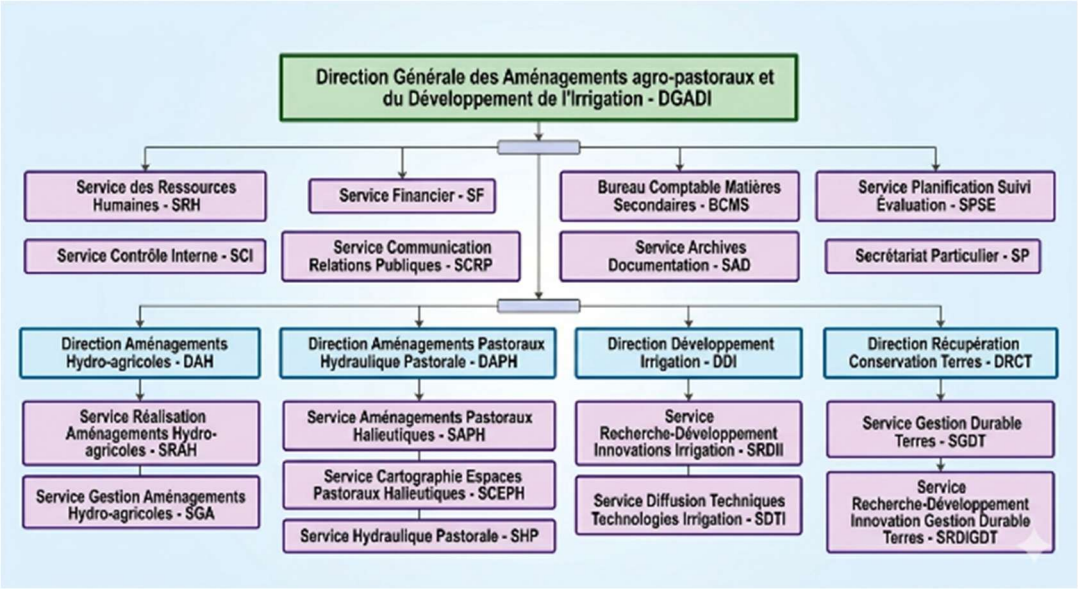


Figure 1 : Organigramme DGADI

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique

Le périmètre irrigué de Karfiguéla est situé dans la commune de Banfora dans la province de la Comoé, région de Tannounyan.

L'accès au site depuis Ouagadougou se fait par :

- La RN1 (Ouagadougou – Bobo) sur 365 km; voie bitumée ;
- Ensuite la RN7 (Bobo-Banfora) sur 85,5 km; voie bitumée ;
- Ensuite à l'entrée de Banfora, une piste sur la droite conduit au site de Karfiguéla

Au cours de la reconnaissance guidée du site, les coordonnées géographiques du périmètre relevées au GPS est renseigné dans le tableau I.

Tableau I : Coordonnées géographiques zone 30 du site de Karfiguéla

Abscisse X	Ordonnée Y	Point de référence
04°49'07,9'' W	10°42'42,2'' N	Proximité de la prise principale

Au plan géographique, le périmètre irrigué de Karfiguéla est situé sur la rive droite du cours d'eau Comoé en aval des barrages de Moussodougou et de Lobi. Le cours d'eau appartient au sous bassin de la Haute Comoé.

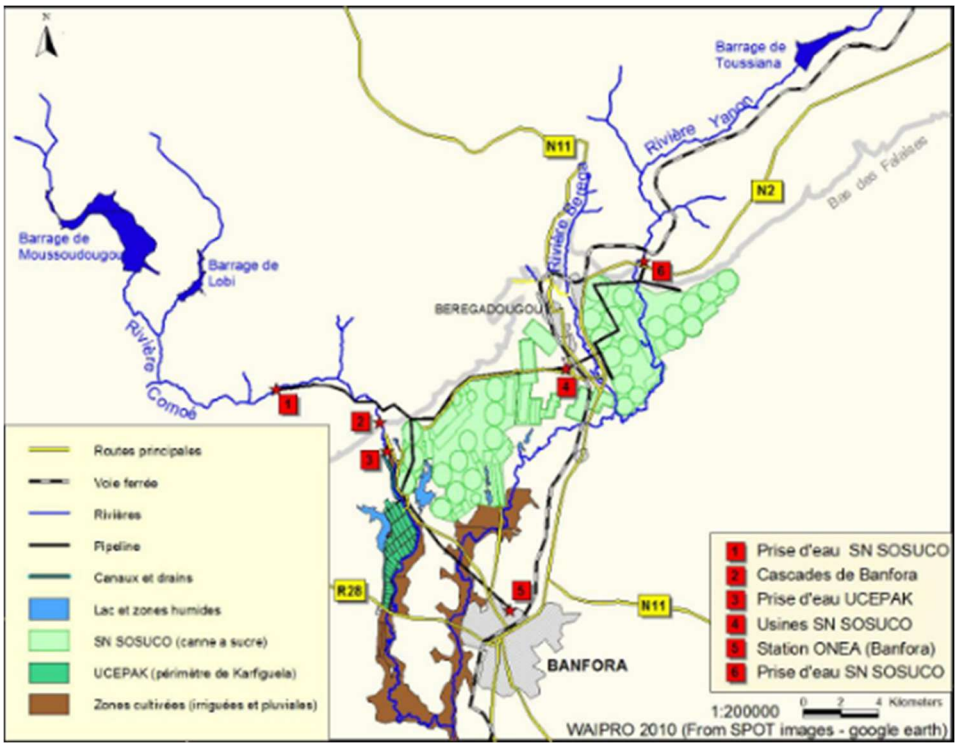


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

I.2.2 Climat

Le périmètre de Karfiguéla est située dans le bassin de la Comoé qui présente un climat de type sud-soudanien, caractérisé par deux saisons : une longue saison humide d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars. Situé dans la bande sud soudanien, la région de Tannounyan est l'un des endroits les mieux arrosés du pays avec une pluviométrie annuelle comprise entre 1000 et 1200 mm.

Les températures moyennes annuelles varient entre 17°C (minimum moyen) et 36°C (maximum moyen). Les températures minimales basses se situent en décembre, tandis que les maximas s'enregistrent en avril (*Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso (ANAM-BF)*, 2024).

I.2.3 Relief et hydrographie

La région de Tannounyan est essentiellement composée de plaines et de plateaux, mais présente pourtant l'un des reliefs les plus accidentés du Burkina Faso, où le mont Ténakourou, le plus haut sommet du pays, culminant une hauteur de 747 m, se dresse (*INSD*, 2025).

Le bassin de la Comoé s'étend sur presque toute l'étendue de la région et parmi les importants cours d'eau pérennes de la région, il y'a la Comoé et la Léraba (Figure 3).

Au Burkina Faso, la Comoé draine une superficie de 17 590 km2 repartie sur les provinces de la Léraba, du Houet, du Kénédougou et du Poni (DGH and IWACO, 2001). La Comoé alimente plusieurs barrages, dont les barrages de Moussodougou (38 millions de m^3) et Lobi (6,06 millions de m^3), ressources utilisées pour l'irrigation du périmètre de Karfiguéla (DGRE, 2018).

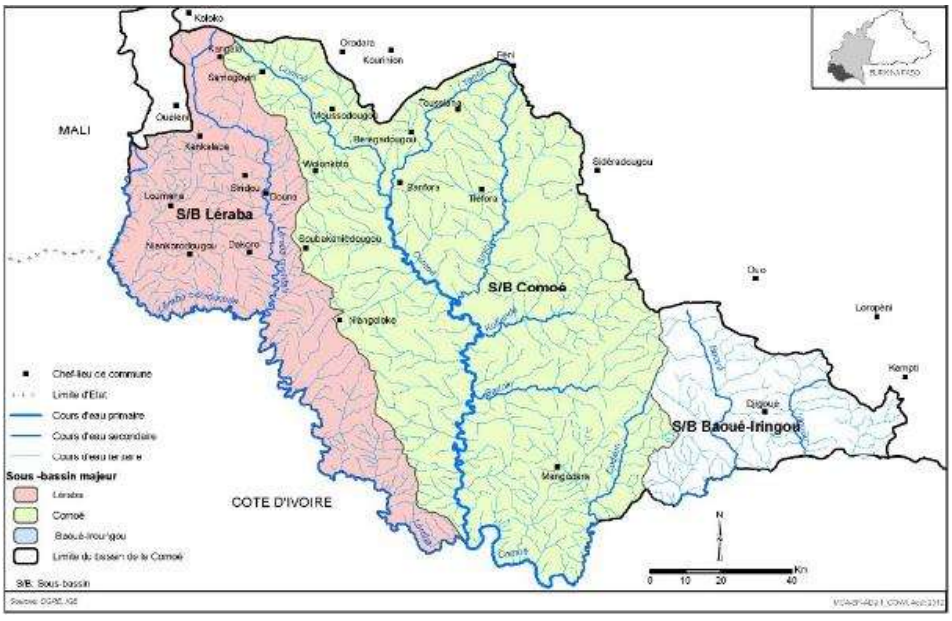


Figure 3: Réseau hydrographique des sous-bassins de la Comoé (AEM et al., 2014)

I.2.4 Sol et végétation

I.2.4.1 Sol

Les sols du bassin de la Comoé proviennent essentiellement : (i) de l'altération de matériaux anciens kaolinitiques (faible fertilité) ou montmonrillonitiques (fertilité élevée) ; (ii) de dépôts quaternaires formés de sables éoliens (chimiquement pauvres) ou d'alluvions (fertilité élevée pour les sols hydromorphes et les vertisols). Les sols du bassin se regroupent en six (6) types distincts (Tableau II)

Tableau II : Types de sols rencontrés dans le bassin de la Comoé

Type de sols	Caractéristiques et intérêt agronomique
Sols minéraux bruts et sols peu évolués d'érosion	Très caillouteux, peu profonds ; nécessitent de fortes corrections pour leur conférer un intérêt agronomique.
Vertisols de couleur noire	Bonnes aptitudes agronomiques, mais nécessitent une mécanisation et l'emploi de pratiques culturales spécifiques pour pouvoir être travaillés.
Sols bruns tropicaux	Bonne fertilité ; se développent souvent sur des terrains en pente (irrigation par aspersion recommandée).
Sols ferrugineux	Nécessitent fertilisation et amendement organique pour améliorer structure et fertilité.
Sols ferralitiques profonds	Faible fertilité et sensibles à l'érosion.
Sols hydromorphes	Généralement riches en matières organiques et très fertiles pour les plantes résistantes à la submersion telles que le riz. Parfois difficiles à travailler (sols plastiques à l'état humide et très durs à l'état sec).

Source : VREO, Avant-projet de SDAGE – Comoé. Analyse & Diagnostic de l'état des lieux des ressources en eau du bassin (2010)

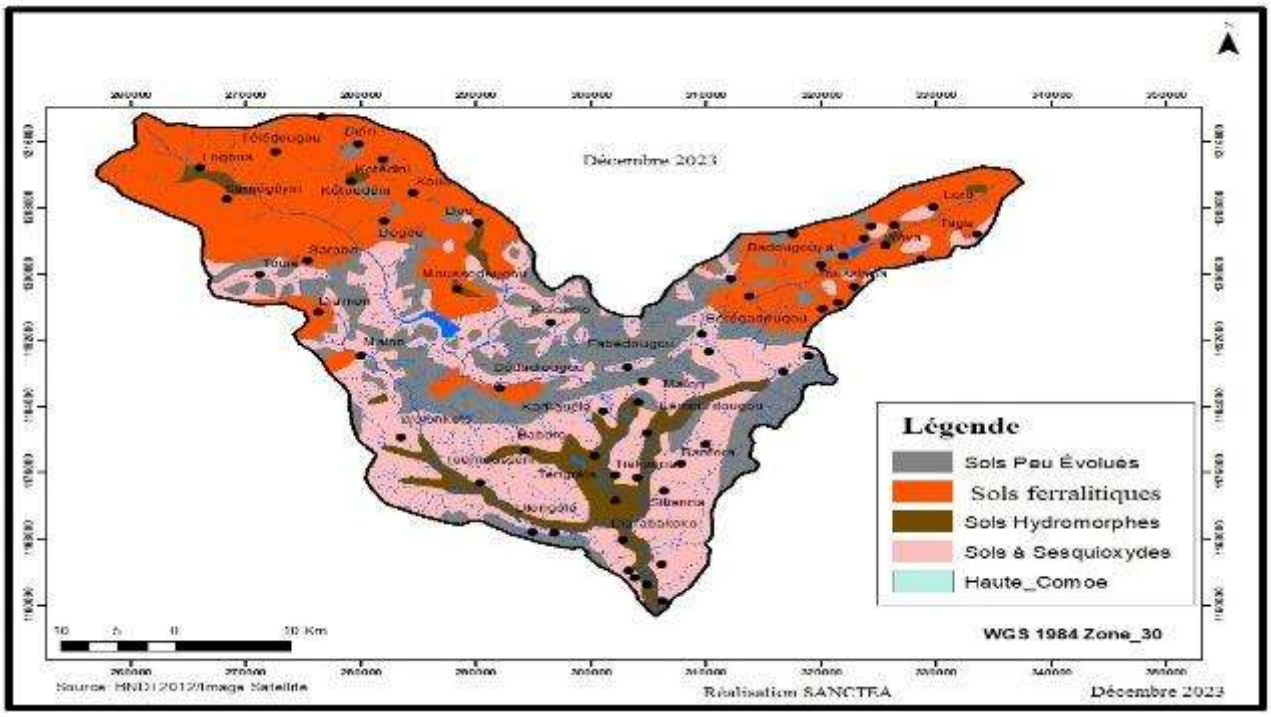


Figure 4: Carte des sols du bassin versant de la plaine de Karfiguéla

I.2.4.2 Végétation

Le bassin de la Comoé est situé dans le domaine phytogéographique Sud-soudanien. La végétation est essentiellement composée de savane arbustive dans la partie septentrionale et de savane arborée dans le centre et le sud du bassin.

La plupart des forêts du bassin sont relativement claires (densité des arbres peu élevée). En dehors des forêts classées, des forêts protégées et sur les sols dégradés du nord et de l'ouest, il existe très peu de jachères et de formations naturelles dans le bassin.

Le long des rivières principales, les arbres peuvent atteindre 15 à 20 m de hauteur. Le long des cours d'eau, les espèces inféodées rencontrées sont : les palmiers, Kaya senegalensis, Isoberlinia doka et Isoberlinia dalzielii. On rencontre aussi fréquemment Anogeissus leiocarpus, Burkea africana, de même que des espèces rares comme le Carapa procera qui ne se rencontre que dans cette partie du pays.

I.2.5 Géologie, géomorphologie et hydrogéologie

I.2.5.1 Géologie et géomorphologie

La plaine alluviale de Karfiguéla qui englobe le périmètre rizicole et maraîcher dudit village est caractérisée par cinq (5) groupes de formations géologiques : Ce sont la formation de Kawara Sindou, la formation des grès inferieurs, la formation des schistes et volcano-sédiments, la formation des granodiorites et le groupe tonalitique.

- Les grès de Kawara Sindou (60 à 350m d'épaisseur) reposent sur le grès inferieur ou directement sur le socle. C'est une formation constituée de grès quartzite très fin à la base et de grès grossier au-dessus. Elle est caractérisée par une stratigraphie oblique et la présence d'abondante ride de vague (Hugot, 2002) ;
- Les grès inferieurs (50 à 300m d'épaisseur) reposent en discordance sur le socle. La formation est constituée successivement de la base au sommet de grès rouge fin, de grès quartzite fin et de grès rouge à débit schisteux (Hugot, 2002) ;
- Les schistes et volcano-sédiments : Ces roches présentent une certaine complexité. En effet, à l'altération, elles peuvent être difficiles à différencier avec les roches andésitiques schistosées et altérées. Globalement, il s'agit de pélites, de schistes gréseux, de schistes lustrés gris-noir, des schistes tuffacés ainsi que de rares horizons quartzitiques (Ouedraogo ,2008);
- Les granodiorites sont des roches grenues, mésocrates à minéraux relativement riches en ferromagnesiens et feldspaths (Hugot, 2002). Elles constituent la majeure partie du socle au niveau de notre site d'étude ;
- Le groupe des tonalites : Il comprend un certain nombre de faciès de composition allant de la granodiorite à la tonalite et la diorite quartzifère. Ces roches sont globalement très voisines. Elles sont de grain moyen à grossier, présentant une fabrique planaire ou une foliation gneissique nette. Localement, un rubanement est associé à la foliation et donne à la roche un aspect de migmatite. Elles sont généralement recoupées par des filons d'aplite ou de pegmatite. Dans ces roches le plagioclase prédomine ; le feldspath potassique, le quartz, l'amphibole et la biotite sont moins abondants (Ouédraogo, 2008).

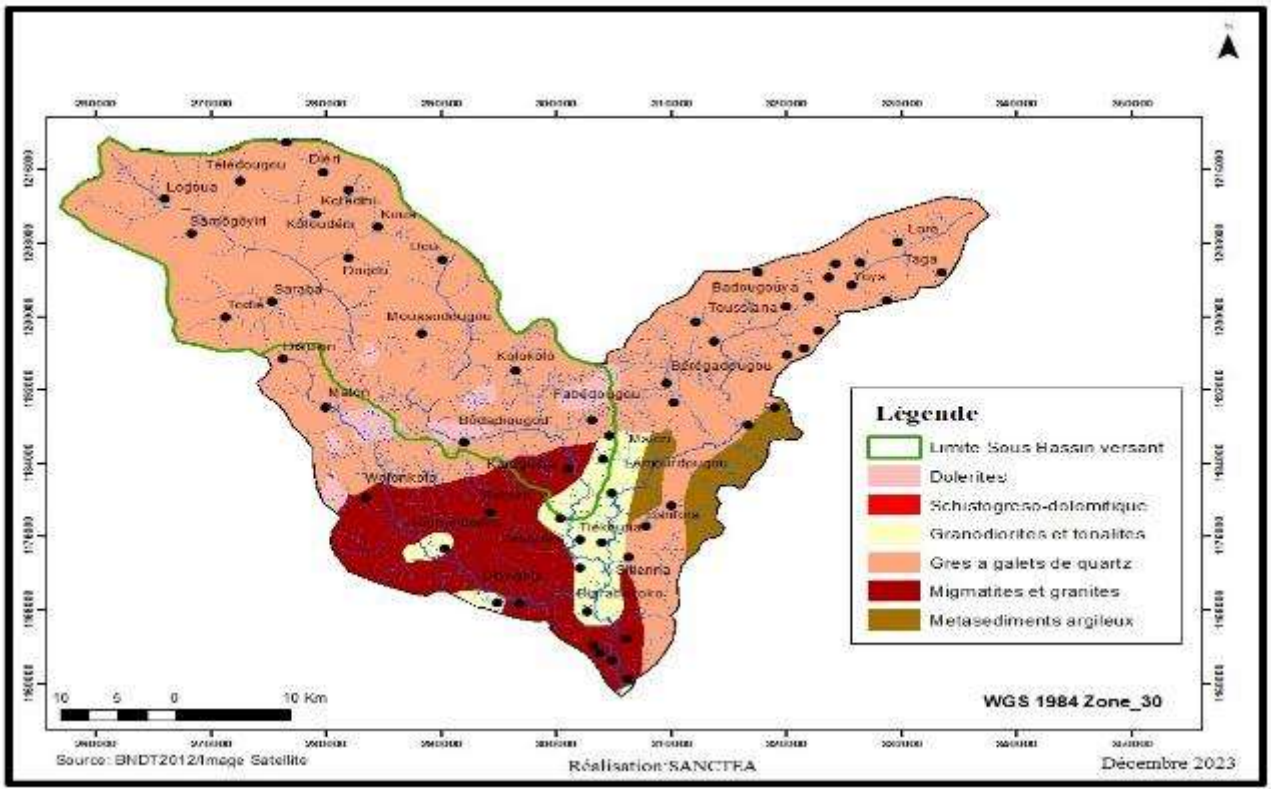


Figure 5: Carte géologique du bassin versant de la Comoé

I.2.5.2 Hydrogéologie

Sur le plan hydrogéologique, on distingue les aquifères du socle constitué de formations cristallines à dominance granitique avec des schistes, des roches vertes et des dolérites qui sont très variants du point de vue de leur nature et de la présence de fractures. On y trouve alors les nappes des amphibolites (0,7 à 94 m3/h), des migmatites (1 à 12 m3/h), des volcano-basiques (0,5 à 31 m3/h), des schistes (0,5 à 22 m3/h), des métavolcanites (2 à 36 m3/h) et des altérations (0,6 à 12 m3/h) (SP/PAGIRE et al., 2014). On y remarque aussi des rabattements relativement faibles de l'ordre de 1 à 8 m et exceptionnellement de 18 m dans les altérations (SP/PAGIRE et al., 2014).

L'entité du bassin sédimentaire est faite de nappes essentiellement continues et libres avec quelques zones artésiennes (GGQ notamment). Elles présentent un faible risque de salinité et des teneurs en fer dissout assez faibles (Dakoure, 2003 ; Sauret, 2005 ; SP/PAGIRE et al., 2014) :

- L'aquifère de GKS dont les nappes ont des débits de l'ordre de 10 à 20 m3/h à 50 m de profondeur et plus de 150 m3/h aux grandes profondeurs (SP/PAGIRE et coll. 2014) ;
- L'aquifère de GGQ avec des tranches de débits variant en fonction de la profondeur : 10 à 30 m3/h aux faibles profondeurs ; 120 m à plus de 300 m3/h entre 130 et 200 m ; 300 à 800 m3/h à 200 m ;
- L'aquifère de GI avec des débits de l'ordre de 10 à 40 m3/h à 50 m ;

- ❖ L'aquifère de GFG avec des débits de 10 à 45 m3/h jusqu'à 100 m3/h dans les horizons profonds (SP/PAGIRE et coll. 2014).

I.2.6 Activités économiques

L'activité économique de la région de Tannounyan repose essentiellement sur les secteurs primaire (80,3 %), tertiaire (14,5 %) et secondaire (5,2 %), plus particulièrement l'agriculture et l'élevage qui occupent 79,5 % de la population active, l'activité concernant « le personnel de service et les vendeurs » occupe 9,7 % et la catégorie des artisans et ouvriers comptabilise 5,2 % (Loye et al., 2009). Compte tenu de la configuration naturelle favorable, la pêche et la chasse y sont aussi pratiquées (Loye et al., 2009).

L'agriculture est principalement pratiquée sur les vastes plaines qui jalonnent la région. Elle concerne la culture de la canne à sucre (SOSUCO), la production céréalière, les cultures de rente, le maraichage et bien d'autres. La production céréalière se porte très bien dans la région qui a produit lors de la campagne agricole 2017/2018, 4,7 % de la production nationale soit 243 838 tonnes de céréales dont 189 023 tonnes de maïs, 83 271 tonnes de cultures de rente (MAAH, 2020). Les principales cultures céréalières que sont le maïs, le riz, le sorgho et le mil occupent respectivement environ 73 %, 14,2 %, 9,5 % et 2,9 % de la production céréalière régionale (MAAH, 2020).

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1 Contexte et justification

Le périmètre irrigué de Karfiguéla, d'une superficie de 350 hectares constitue une infrastructure stratégique pour le développement agricole et la sécurité alimentaire dans la province de la Comoé, région des Tannounyan. Conçu pour améliorer la productivité agricole par la maîtrise de l'eau. Le périmètre subit aujourd'hui une dégradation avancée : marqué par des pertes hydrauliques massives, détérioration des canaux d'irrigation et de drainage et état critique des voies d'accès.

Cette situation entraine une baisse drastique de la productivité du périmètre. Face à cette urgence, le ministère de l'Agriculture, de l'eau, des Ressources Animales et Halieutiques, à travers l'OAPH, a inscrit la réhabilitation du périmètre de Karfiguéla comme priorité dans le cadre de la relance du secteur rural. Les travaux proposés visent à diagnostiquer l'état physique actuel des infrastructures et de gestion et à proposer une réhabilitation durable.

II.2 Objectifs et résultats attendus

II.2.1 Objectifs

L'objectif générale de cette étude est de redynamiser le potentiel productif de Karfiguéla à travers une réhabilitation de son périmètre afin de garantir une gestion de l'eau plus efficiente.

Les objectifs spécifiques poursuivis par la présente étude sont :

- Réaliser un diagnostic du périmètre qui vise à évaluer l'état actuel des infrastructures et de la gestion ;
- Evaluer les besoins en eau qui consistera à quantifier les besoins en eau ;
- Réaliser une étude hydrologique qui vise à évaluer la disponibilité de la ressource en eau à l'exutoire (prise de Karfiguéla) ainsi que les apports des bassins versants adjacents pour le drainage ;
- Concevoir l'aménagement du périmètre en dimensionnant les canaux d'irrigation, les drains, les pistes de circulation et les digues de protection ;
- Évaluer les impacts environnementaux et sociaux
- Mener une étude financière ;
- Elaborer un plan de gestion du périmètre.

II.2.2 Résultats attendus de l'étude

Les résultats attendus s'articulent autour de trois axes complémentaires. Le premier objectif consiste à établir un diagnostic complet du périmètre irrigué à partir d'un état des lieux exhaustif de la situation actuelle. Sur cette base technique rigoureuse s'opérera ensuite le choix de l'option de réhabilitation la plus adaptée parmi les différentes variantes envisageables. Enfin la dernière étape fournira une évaluation financière détaillée du coût des travaux et de leur rentabilité ainsi qu'une analyse des impacts environnementaux et sociaux assortie de leurs mesures d'atténuation.

III. MATÉRIELS ET MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Pour mener à bien cette étude, nous avons adopté une approche à plusieurs étapes, visant à identifier les dysfonctionnements du système d'irrigation et à proposer un dossier technique pour une réhabilitation.

III.1 Matériels

La réalisation de cette étude a nécessité l'utilisation de dispositifs physiques et d'outils informatiques spécialisés. Ces ressources ont permis d'assurer la collecte rigoureuse des données de terrain, leur traitement et leur analyse, ainsi que l'élaboration des plans techniques nécessaires à la réhabilitation du périmètre.

Moyens matériels et descriptif technique :

- **Dispositif du Double anneau de Muntz** : Cet infiltromètre a été mobilisé pour déterminer les paramètres de conductivité hydraulique et la capacité d'absorption du sol ;
- **Mètre ruban et fiches d'inventaire** : Ces outils ont permis de réaliser l'auscultation technique et le relevé dimensionnel des différentes infrastructures du périmètre ;
- **Plan de fond topographique** : Il a constitué le référentiel spatial indispensable à la localisation des ouvrages, à la délimitation de l'aire d'étude et aux calages du périmètre.

Matériels informatique et solutions logicielles : L'exploitation et le traitement des données ont été rendus possibles grâce à l'usage de logiciels spécialisés, répartis comme suit :

Type de Matériel	Matériel	Utilité
Informatique	**Global Mapper**	Caractériser les bassins versants
	QGIS	Production cartographique
	AutoCAD-Covadis	Réalisation des plans techniques et des profils en long

Type de Matériel	Matériel	Utilité
	KoboCollect et Kobokoolbox	Implémentation et recueil d'informations sociales
	Minitab et SPAW	Détermination des propriétés hydriques des sols
	HyfranPlus	Analyse statistique des événements hydrologiques, notamment les crues et les précipitations
	Google Earth Pro	Collecte et interprétation des images satellites.
	Zotero	Gestion bibliographique
	Microsoft Office (Word, Excel)	Rédaction et les calculs

III.2 Méthodologie

La méthodologie adoptée s'articule en six grandes étapes. Elle débute par une recherche bibliographique, un diagnostic de terrain qui permet d'identifier les dysfonctionnements du système. Ensuite les mesures d'infiltration et l'étude hydrologique fournissent les données de base nécessaires à la conception du réseau d'irrigation, du réseau de drainage et des ouvrages annexes. Enfin, l'étude financière, l'étude environnementale et le plan de gestion viennent clore la démarche.

III.2.1 Recherche bibliographique

Une investigation préalable a été menée pour rassembler la documentation indispensable à la validité et à la précision de ce travail. Dans un premier temps, l'accent a été mis sur l'acquisition de données spécifiques du périmètre irrigué en s'appuyant sur les archives techniques de la DGADI et de l'AEC.

Par la suite, une recherche thématique approfondie a été effectuée pour cerner les enjeux des aménagements hydro-agricoles. Cette étape est réalisée via le centre de documentation de 2iE, les ressources de la DGADI et des recherches numériques. L'analyse de ces travaux antérieurs a été déterminante pour élaborer notre propre cadre méthodologique.

III.2.2 Diagnostic du périmètre

Dans le but d'identifier les facteurs entravant l'efficacité de l'aménagement une approche axé sur plusieurs dimensions a été adopté. Celle-ci combine des investigations de terrain, des mesures in situ et des entretiens avec les acteurs des coopératives. Cette démarche a facilité l'évaluation de l'état des ouvrages ainsi que l'analyse du mode de gestion actuel.

III.2.2.1 Investigation technique

Une auscultation du périmètre a été réalisé pour comprendre son fonctionnement hydraulique et faire un bon état des lieux des infrastructures. Cette auscultation a aussi permis de repérer les problèmes touchant les ouvrages et de mieux connaître les causes de leur dégradation.

III.2.2.2 Entretiens avec les parties prenantes

Ce volet de l'étude a servi à mener des enquêtes auprès des différents acteurs du périmètre afin de mieux comprendre son mode de gestion. Le recours aux entretiens semi-directifs (adressé au chef ZAT) et individuels (président de chaque coopérative) a favorisé l'expression de points de vue diversifié. Cette approche a permis de confronter les perceptions communes aux réalités vécues par chaque usager, offrant ainsi une compréhension exhaustive des besoins et des attentes spécifiques des parties prenantes.

III.2.2.3 Mesures d'infiltration

L'efficacité de l'irrigation sur le périmètre irrigué de Karfiguéla dépend directement de la capacité du sol à maintenir une lame d'eau adéquate. Pour évaluer ce paramètre, l'essai à double anneau de Muntz a été choisi car il permet de reproduire une infiltration saturée en une dimension. Le test a consisté à suivre la baisse du niveau d'eau dans l'anneau intérieur, tout en maintenant le même niveau d'eau dans l'anneau extérieur. Dix points de mesure ont été réalisés, soit deux par bloc. Les données recueillies ont ensuite été analysées par régression non linéaire sous Minitab, permettant de déterminer la conductivité hydraulique à saturation (Ksat). L'équation de la baisse cumulée est donnée par la relation :

$$(1)\ I_t = K_{sat} * t + \frac{1}{b}(i_0 - K_{sat})(1 - e^{-bt})$$

t : temps écoulé depuis l'instant t_0 ;
b : paramètre d'ajustement de la courbe de régression ;
i_0 : vitesse d'infiltration initiale.

L'analyse des propriétés hydro-physiques du substrat a été approfondie grâce au logiciel SPAW. Cet outil de modélisation a permis de définir la classe texturale du sol et de quantifier les paramètres de rétention critiques, à savoir l'humidité à la capacité au champ (Hcc) et l'humidité au point de flétrissement permanent (Hpf). Ces données sont essentielles pour établir la réserve utile (RU).

III.2.3 Etude Hydrologique

La zone de projet est décrite par des paramètres climatologiques tels que la pluviométrie, l'évaporation, l'évapotranspiration, la température etc…. Les paramètres climatologiques décrivant la zone de projet sont résumés dans le tableau ci-après (la station de Bérégadougou pour les séries de pluviométrie, et la station de Bobo-Dioulasso pour l'évapotranspiration de référence).

Tableau III: Récapitulatif données climatiques

Données	**Taille de l'échantillon (Années)**	**Début**	**Fin**	**Station**
Pluie mensuelle (mm)	45	1974	2018	Bérégadougou
Pluie maximale journalière (mm)	45	1974	2018	
Évapotranspiration (ETP)	60	1961	2020	Bobo-Dioulasso

- Caractérisation hydro-géomorphologique du bassin versant

La surface, le périmètre et la répartition topographique des bassin versants ont été obtenus à l'aide du logiciel Global Mapper. À partir de ces données, les paramètres géomorphologiques et physiques suivants du bassin ont été évalués :

La forme du bassin versant : La forme du bassin versant est caractérisée par son coefficient de Gravelius (K_G).

$$(2)\ \boldsymbol{K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}}$$

K_G : Coefficient de Gravelius

P : Périmètre du bassin en km

S : Superficie du bassin en km²

K_G est proche de 1 si le bassin est circulaire, K_G>>1 pour un bassin allongé

Pente moyenne du bassin versant : La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin versant.

$(3)\ \boldsymbol{I_{moy} = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{\sqrt{S}}}$	I_{moy} : Pente moyenne m/km ; Z_{max} : Altitude maximale en m,	Z_{min} : Altitude minimale en m S : Surface du bassin versant en km²

Longueur et largeur du rectangle équivalent : C'est un rectangle assimilé au bassin versant, qui la même superficie, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin.

$$(4)\ L = S^{1/2} * \left(\frac{K_G}{1,128}\right) * \left[1 + \left(1 - \left(\frac{1,128}{K_G}\right)^2\right)^{1/2}\right]$$

$$(5)\ l = \frac{S}{L}$$

L : longueur du rectangle équivalent en km

l : largeur du rectangle équivalent en km

K_G **:** Coefficient de Gravelius

S : Superficie du bassin en km²

Densité de drainage : Elle caractérise l'état du couvert végétal, du relief et du sol.

$$(6)\ D_d = \frac{\sum_{i=1}^{n} Li}{S}$$

$\mathbf{D_d}$ **:** Densité de drainage en km/km²,

S : Superficie du bassin versant en km²,

$\sum_{i=1}^{n} L_i$**:** Longueur totale de tous les talwegs en km

Dénivelée spécifique (Ds) : Produit de l'indice de pente global (Ig) par la racine carrée de la superficie du bassin (S).

$$(7)\ D_S = I_g\sqrt{S}$$

Ig : Longueur du thalweg

La courbe hypsométrique : Elle permet d'expliquer la forme du relief du bassin versant. Pour l'obtenir on procède d'abord à la répartition des superficies partielles du bassin par tranche d'altitude et les surfaces cumulées ramenées en pourcentage. Pour cette étude les volumes et surfaces en fonction de la hauteur ont été extraites avec le logiciel Global Mapper.

Indice global de pente : Il est défini comme étant le rapport entre l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface du bassin et la longueur du rectangle équivalent.

$$(8)\ I_g = \frac{H_{95} - H_5}{L}$$

$\mathbf{I_g}$ **:** Indice global de pente (m/km),

L : Longueur du rectangle équivalent (km),

$\mathbf{H_5}$ **:** Altitudes à 5% des surfaces cumulées (m)

$\mathbf{H_{95}}$ **:** Altitudes à 95%.des surfaces cumulées (m)

Si les pentes transversales sont peu différentes de Ig (différence de moins de 20%), ce dernier représente assez bien la pente du bassin. Dans le cas contraire, on calcule un indice de pente global corrigé $I_{gcor.}$

$$(9)\ I_{gcor} = \frac{(n-1) * I_g + I_t}{n}$$

n = 2 pour L < 5 km ; n = 3 pour 5 < L < 25 km ; n = 4 pour 25 < L < 50 km ; n = 5 pour L > 50 km

Pente transversale : Il est déterminé en faisant la moyenne de quatre à six pentes transversales calculées en prenant la ligne de plus grande pente des versants. Il est exprimé en m/km.

Infiltrabilité des sols : L'estimation de l'Infiltrabilité globale représente un point particulièrement délicat pour l'estimation des crues, car un bassin, même de dimensions modestes, ne présente jamais des conditions édaphiques homogènes. La classification qualitative de Rodier pour la zone d'étude est de type bassin relativement imperméable (RI).

- Détermination des crues a l'exutoire des BV

Plusieurs méthodes usuelles sont utilisées pour la détermination des crues dont la méthode rationnelle, la méthode déterministe de l'ORSTOM et la méthode statistique de régression multiple du CIEH. Pour les petits bassins versants de superficie inférieure à 4 km^2, la méthode rationnelle est la plus indiquée. Quant aux bassins versants de superficie supérieur à 4 km^2, ce sont les méthodes de l'ORSTOM et du CIEH qui sont les plus indiquées (*Crues et apports*, 1996).

- La méthode statistique de régression multiple du CIEH

Cette méthode retient des paramètres dont l'influence sur la crue est significative. La formulation retenue pour retrouver l'expression de la crue décennale, est basée sur un schéma de régression multiple et se présente sous la forme suivante (*Crues et apports*, 1996) :

$$(10)\ Q_{10} = a * S^s * P_{an}^p * I_g^i * K_{r10}^k * D_d^d * \ldots.$$

a, s, p, i, k, d, … Ces paramètres ont été déterminés pour chaque équation choisie ;
S : Superficie du bassin versant
Pan : Pluie journalière maximale
Ig : Indice global de pente (%)
K_{r10} : Coefficient de ruissellement ;
D_d : Densité de drainage (Km^{-1}).

Pour le Burkina Faso, la méthode propose plusieurs équations dont les équations 25, 27, 39 et 40 qui sont utilisé dans ce projet.

- La méthode déterministe de l'ORSTOM

La formulation proposée par cette méthode pour le calcul de la crue décennale correspondant au ruissellement superficiel provoqué par la pluie de même durée de retour est donnée par la relation suivante :

$$(11)\ \mathbf{Q_{10} = A * P_{10} * K_{r10} * \alpha_{10} * S * T_{10}}$$

A : Coefficient d'abattement. **A = 1 – 0,001(152 – 9logF – 0,042P10)logS** ; F= fréquence,
Pan = Pluviométrie annuelle ;
$\mathbf{K_{r10}}$: Coefficient de ruissellement ;
$\boldsymbol{\alpha_{10}}$: Coefficient de pointe. Il est estimé égal à 2,5 ;
S : Superficie du bassin versant (m2) ;
$\mathbf{t_{b10}}$: temps de base ;
P10 : Pluie journalière maximale décennale (m).

K_{r10} est déterminé par extrapolation entre K_{r70} et K_{r100}.Les valeurs de Kr10, Kr100 et du temps de base sont tirées du manuel FAO 54 pour un climat tropical sec (*Crues et apports*, 1996).

- Etude de la retenue d'eau projetée

Un projet de retenue d'eau est envisagé pour remédier au déficit hydrique du périmètre irrigué. Cet aménagement vise à combler le déficit hydrique pour assurer trois campagnes de culture par an.

- Capacité de de stockage de la retenue

La détermination de la capacité de la retenue repose sur l'exploitation des courbes hauteur-volume et hauteur-surface. Les données de surface et de volume calculées pour chaque niveau de remplissage ont été générées via le logiciel Global Mapper à partir de la MNT du site.

- Pertes par infiltration

L'infiltration moyenne journalière au Burkina Faso varie de 1 mm/jr à 3mm/jr (Ismaïla, 2016). La valeur de l'infiltration moyenne retenue est 2 mm/j, en accord avec la nature assez imperméable de la cuvette.

- Pertes par évaporation

Les pertes par évaporation dans une retenu sont sensiblement proportionnelles à la surface du plan d'eau. On exprime donc ces pertes par la hauteur d'eau évaporée. Les pertes d'eau par évaporation sont calculées par la formule de POUYAUD généralement appliquée pour les régions sahéliennes et tropicales sèches.

$$(12)\ \mathbf{E_{ret} = 1,664 * E_{bacA}^{0,602}}$$

E_{ret} = Evaporation sur la retenue en mm/j ;
E_{bacA}= Evaporation au bac classe A en mm/j.

- Apports solides

La détermination des pertes par dépôt solides a pour but de déterminer la quantité de matériaux susceptibles d'arriver annuellement dans la retenue. Pour l'estimation de la dégradation spécifique annuelle, les formules empiriques suivantes sont utilisées :

Formule de GOTTSCHALK

$$\mathbf{(13)}\ \mathbf{D = 260 * S^{-0.1}}$$

Formule du CIEH – EIER (Grésillon)

$$\mathbf{(14)}\quad \mathbf{D = 700\left(\frac{P}{500}\right)^{-2.2} S^{0.1}}$$

D : Dégradation spécifique ($m^3/km^2/an$) ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm) ;

S : la superficie du bassin versant (km^2).

III.2.4 Besoins en eau des cultures

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la zone d'étude.

Le besoin net d'irrigation (BN) : Il correspond à la quantité d'eau qu'il faut apporter sur la parcelle pour la mettre à la disposition de la plante.

$$\mathbf{(15)}\quad \boldsymbol{BN = ET_0 * K_C + S + In + Le - P_e}$$

ET_0 : l'évapotranspiration journalière de référence ;

K_C : coefficient cultural ;

S : Pré-irrigation ;

In : Infiltration ;

Le : Lame d'eau ;

Pe : pluie efficace. Elle peut se calculer par :

- Pe (mm/moi) = 0,6*P-10 si P≤75 mm/mois
- Pe (mm/moi) = 0,8*P-24 si P≥75 mm/mois

Tableau IV : Les coefficients culturaux (Aquastat,FAO)

Culture / Cycle en jours	Riz (100 jrs)	Blé (80 jours)
Initial	1,2	0,4
Développement	1,15	0,78
Mi-saison	1,1	1,15
Tardif	0,8	0,3

Le besoin brut d'irrigation (BB) : Il correspond à la quantité d'eau qu'il faut réellement mobiliser pour satisfaire aux besoins nets et qui tient compte des pertes dans le transport de l'eau depuis la source jusqu'à la plante (efficience d'application Ea). L'efficience d'application dépend du système d'irrigation et est prise égal à 0,65 (*Guide office Niger*, 2014).

$$\textbf{(16)}\ BB = \frac{BN}{E_a}$$

BN : Besoin Net ;

Ea : Efficience d'application.

- Les paramètres d'irrigation

Débit fictif continu (DFC) : il correspond au débit avec lequel il faudra apporter les besoins (d'une journée, d'une décade ou d'un mois) d'une manière continue.

$$\textbf{(17)}\qquad \mathbf{DFC((l/s/ha)} = \frac{BB*1000}{n_b*24*3600}$$

BB : Besoin Brut ;

n_b : le nombre de jours de la période de calcul des besoins bruts.

Débit maximum de pointe (DMP) : Appelé aussi débit d'équipement, il est le débit effectif qu'il est nécessaire d'introduire dans le réseau pour pouvoir combler le déficit en eau durant la période de pointe. C'est le débit réel sur lequel le réseau gravitaire devra être calibré, car il tient compte de la durée d'irrigation.

$$\textbf{(18)}\qquad \mathbf{DMP((l/s/ha)} = \frac{BB*1000}{n_j*n_h*24*3600}$$

BB : Besoin Brut ;

n_j : le nombre de jours réel d'irrigation ;

n_h : le nombre d'heures réel d'irrigation dans la journée.

Le nombre d'heures réel d'irrigation dans la journée est de 12h/j.

Le nombre de jours réel d'irrigation est de 6j/7j

La réserve utile (RU) : L'eau utile pour la plante est la quantité maximale d'eau qu'elle peut prélever dans le réservoir sol. Elle est égale à la différence entre la capacité de rétention (capacité au champ) et le point de flétrissement.

$$\textbf{(19)}\qquad \mathbf{RU(mm)} = Z_r * (H_{cc} - H_{pf}) * d_a$$

Hcr : humidité du sol à la capacité de rétention ou au champ ;

Hpf : humidité du sol L'humidité au point de flétrissement permanent ;

d_a : densité apparente ;

Z_r : profondeur racinaire

La profondeur racinaire Zr = 0,6 pour le riz et de 0,9 pour le or (*FAO 56*, s. d.)

La réserve facilement utilisable (RFU) : Pour les irrigants, la RFU est le paramètre le plus important. Elle correspond à la dose d'irrigation pratique qu'il faut apporter au cours d'une irrigation.

$$\mathbf{RFU(mm)} = \mathbf{p} * \boldsymbol{RU} \quad (20)$$

RU : Reserve utile ;

$\mathbf{p}$: facteur de tarissement

Le facteur de tarissement p = 0,50 pour le riz et de 0,6 pour le blé (*FAO 56*, s. d.).

La fréquence des arrosages en période de pointe et le tour d'eau : La fréquence F des arrosages, appelée aussi intervalle entre les arrosages, est le temps que met la plante à épuiser l'humidité du sol en l'amenant à un niveau choisi.

$$(21)\ \boldsymbol{F(j)} = \frac{\boldsymbol{RFU}}{\boldsymbol{BMP}}$$

RFU : Réserve facilement utilisable ;

BMP : Besoin maximum de pointe correspondant au besoin net (BN) de la période de pointe ;

F : fréquence des arrosages.

On choisit un tour d'eau T inférieur à la fréquence F, en fonction des préférences des agriculteurs ou des considérations économiques.

La dose réelle (Dr) et la dose brute (Db) d'irrigation :

Dose réelle Dr

(22)

$$\boldsymbol{D_r}\mathbf{(mm)} = \mathbf{T} * \boldsymbol{BMP}$$

Dose réelle Db

(23)

$$\boldsymbol{D_b}\mathbf{(mm)} = \frac{\boldsymbol{D_r}}{\boldsymbol{E_a}}$$

Dr : dose réelle d'irrigation ;

Db : dose brute d'irrigation ;

T : tour d'eau choisi ;

Ea : efficience d'application à la parcelle**.**

La Main d'eau : C'est le débit d'arrosage commode qu'un paysan peut manier sans être débordé. Elle peut être de 10l/s, 15 l/s, 20 l/s, 25 l/s, 30 l/s ou plus.

La durée du poste d'irrigation à l'hectare ou durée pratique d'arrosage (Tp en seconde)

Le quartier hydraulique : Il représente la superficie qui peut être irriguée par un groupe d'irrigants en se passant la main d'eau et en respectant la période de retour du tour d'eau.

(24)

$$\boldsymbol{W(ha)} = \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{DMP}}$$

DMP : Débit d'équipement ;

$\boldsymbol{m}$ **:** Main d'eau.

Durée d'arrosage pratique : La durée d'arrosage correspond au temps alloué pour l'irrigation d'une surface unité permettant d'assurer le tour d'eau dans le quartier hydraulique.

(25)

$$T_p(ha) = \frac{D_b}{m}$$

D_b: Dose brute m^3/s;
T: *tour d'eau fixée* en m^3/s;
W: Quartier hydraulique.

III.2.5 Dimensionnement et calage des canaux d'irrigation

- Dimensionnement

Le dimensionnement consiste à déterminer les caractéristiques géométriques de la section mouillée des canaux : tirant d'eau (h), largeur plafond (b) etc... L'écoulement dans les canaux est un écoulement permanent non uniforme (graduellement varié). Ils sont dimensionnés en utilisant la formule de Manning Strickler :

(26)

$$Q(m^3/s) = K_M * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{1/2}$$

Q : Débit ;
K_M : Coefficient de rugosité ;
S : Section mouillée en m^2 ;
R : Rayon hydraulique en m ;
i : Pente hydraulique en m/m.

- Calage

Le calage des lignes d'eau dans les canaux d'irrigation est déterminé de l'aval vers l'amont comme suit :

- Détermination de la cote de référence Z_0 :

Pour l'ensemble des parcelles, la cote considérée est par mesure de sécurité la cote maximale planée disponible observée dans un bassin déduction faite des singularités topographiques présentant des pics ponctuels et localisés.

- Détermination de la cote Z1 du plan d'eau maximum dans la parcelle :

Pour les parcelles, on admet une lame d'eau maximum de 20 cm (riziculture) ou nulle (polyculture).
(27) Z1 (de la parcelle) = Z0 + 20 cm (ou 0 cm)

- Détermination de la cote Z2 :

Le plan d'eau nécessaire dans le canal secondaire, au droit de la prise d'eau du canal tertiaire, est déterminé à partir de : **(28) Z2 = Z1 (de la parcelle la plus élevée) + ΔH ;**

- Détermination de la cote de la ligne d'eau du canal secondaire :

Les cotes Z2 ainsi déterminées pour tous les canaux tertiaires constituent une distribution de points, dont la droite enveloppe supérieure représente la limite minimale du plan d'eau dans le canal secondaire.

- Détermination de la cote de la ligne d'eau du canal primaire :

Les cotes Z3 (plan d'eau nécessaire dans le canal primaire au droit de la prise d'eau du canal secondaire) ainsi déterminées pour tous les canaux secondaires constituent une distribution de points, dont la droite enveloppe supérieure représente la limite minimale du plan d'eau dans le canal primaire.

III.2.6 Dimensionnement et calage des drains

Les drains sont les canaux par lesquels les excédents d'eau sont évacués hors du périmètre. Le système de drainage est composé du drain principal et des drains secondaires.
Le dimensionnement du réseau de drainage est basé sur une évacuation d'une pluie exceptionnelle pendant une période donnée (une semaine) correspondant à la durée admissible de submersion des cultures à laquelle il faut retrancher l'évaporation et la percolation. Le débit de drainage, ou module de drainage est donné par la formule ci-dessous.

(29)

$$Q(l/s/ha) = \frac{\left[P_{excep} - \left[E_{vap} - P_{erc}\right] * N_j\right] * 10000}{N_j * 3600 * 24}$$

Q : module de drainage (l/s/ha) ;
E_{vap} **:** évaporation (mm) ;
P_{erc} **;** percolation (mm) ;
N_j **:** période d'évacuation de la pluie exceptionnelle

Les caractéristiques géométriques sont calculées également à partir de la formule de Manning Strickler.

On détermine d'abord sur le plan topographique au 1/2 000 la cote la plus basse de chaque parcelle drainée puis on place le fond du drain arroseur 60 cm en dessous de cette cote. Ensuite on ajuste les fonds des drains secondaires primaires et collecteurs en fonction des contraintes de terrain, des côtes et points d'évacuation imposés en aval et de la section nécessaire pour évacuer les débits projetés.

III.2.7 Réseau de circulation

Un périmètre irrigué nécessite un réseau de pistes d'accès au périmètre pour les travaux champêtres, l'évacuation des produits agricoles, l'inspection des canaux et des ouvrages. On rencontre : les pistes principales, secondaires et tertiaires.

III.2.8 Dimensionnement des colatures de ceinture

Les colatures de ceintures interceptent les eaux sauvages provenant des ruissellements d'eau de pluie des terres hautes dominant le périmètre. Pour évaluer les débits à évacuer, on procède à l'étude hydrologique des micro-bassins ou des bassins.

- Ouvrages du réseau

Ouvrages de prise : Les prises sur le canal principal et les canaux secondaires sont équipées de vannes à vis. Quant aux prises sur les canaux tertiaires, elles sont équipées de vannettes TOR (Tout ou Rien).

Régulateurs : Les ouvrages de régulation sont destinés à maintenir le plan d'eau à l'amont de l'ouvrage dans une plage prédéfinie, permettant une alimentation correcte en eau des prises du bief concerné. Ces ouvrages délimitent donc les biefs des canaux du réseau secondaire. On a : Les vannes à vis sur le canal principal et canaux secondaires ; les vannettes TOR sur les canaux tertiaires.

Ouvrages de sécurité : Les ouvrages de sécurité protègent les canaux contre le débordement incontrôlé des excès d'eaux. Ces ouvrages sont placés à l'extrémité des canaux ou à un emplacement permettant sa connexion avec le réseau de drainage. Il s'agit de déversoir de sécurité dont le dimensionnement se fait en général sur la base de l'évacuation de 33 % du débit en tête du canal, suivant la formule identique à celle des seuils statiques.

IV. RESULTATS

IV.1 Diagnostic

IV.1.1 Historique du périmètre

L'aménagement du périmètre a été initié grâce à la coopération chinoise. Les travaux ont été entrepris dans un premier temps par la Chine de Formose puis par la République Populaire de Chine à partir de 1973. Initialement conçu pour couvrir 750 ha, l'aménagement a été limité à 350 ha en raison de contraintes hydrologiques et de la méconnaissance du régime de la Comoé.

L'exploitation en saison sèche a été introduite en 1992 avec la construction du barrage de Comoé, d'une capacité de 38 millions de m³. Ce barrage qui a connu des problèmes de fuite a fait l'objet d'une réhabilitation entre mai 2013 et 2018.

La pratique de deux campagnes en saison humide et en saison sèche est encouragée mais cette évolution n'a pas été accompagnée d'une adaptation du réseau ni d'une révision des quantités d'eau prévues.

Ce périmètre est surtout destiné à la culture du riz pendant la saison humide, qui constitue la campagne principale. En contre-saison, d'autres cultures sont menées sur 150 à 200 ha selon la disponibilité en eau. Il est géré par cinq coopératives de base regroupées au sein de l'UCEPAK comptant 934 membres répartis entre les villages de Karfiguéla, Tengréla, Nafona, Lémouroudougou, Kiribina, Tiéna, Sibiéna et Banfora.

IV.1.2 Diagnostic du réseau d'irrigation

Le réseau d'irrigation du périmètre aménagé de Karfiguéla est gravitaire et est alimenté à partir d'une prise d'eau sur la rivière Comoé. Cette prise est alimentée par les lâchées d'eau réalisées par la SN-SOSUCO estimé à 315 l/s lors d'une étude de l'INERA.

La description des ouvrages du périmètre est la suivante :

- **La prise d'eau en rivière**

Elle comprend :

- ✓ Un (1) seuil de dérivation en béton poids, installé dans le lit mineur de la Comoé ;
- ✓ Trois (3) vannes de chasse associées au seuil de dérivation et actionnées par des systèmes de levage à tige filetée ;
- ✓ Un (1) évacuateur de crue sous forme de radier submersible, placée en rive gauche ;

- ✓ Deux (2) vannes d'admission en tête du canal d'amenée (tête morte du canal primaire) ;
- ✓ Une (1) digue de fermeture sur le terrain naturel en rive gauche.

➢ **Le réseau d'irrigation**

Le réseau d'irrigation est composé de :

- ✓ Un (1) canal d'amenée (tête morte) de 2,44 km de long ;
- ✓ Un (1) canal primaire de 1,63 km ;
- ✓ Quatre (4) canaux secondaires S1, S2, S3 et S4 de longueurs respectives 0,79 km, 0,79 km, 1,569 km et 3,870 km, soit une longueur totale de 7,02 km ;
- ✓ Trente-six (37) canaux tertiaires ;
- ✓ Des canaux quaternaires qui servent d'arroseurs ;
- ✓ Des colatures principales, secondaires et tertiaires.

Tableau V: Canaux d'irrigation

Canaux	Symboles	Nombre	Longueur [m]
Amenée	CA	1	2 451
Principale	CP	1	1 654
Secondaire 1	S1	1	792
Secondaire 2	S2	1	797
Secondaire 3	S3	1	1 568
Secondaires 4	S4	1	3 883
Tertiaires du S1	Ti	5	320 — 612
Tertiaires du S2	Ti	4	612
Tertiaires du S3	Ti	10	110 — 410
Tertiaires du S4	Ti	18	190 — 585
Quaternaires	Q	-	87 — 332

- Diagnostic du canal d'amené

De forme trapézoïdale et en déblai, il est protégé par un revêtement en béton ordinaire. Il subit d'importantes pertes hydriques causées par la fissuration de ses parois en béton ordinaire ainsi que par 44 points de piquages et siphonages illégaux. Il subit aussi des infiltrations d'eau en provenance du fleuve Comoé, entrainant des débordements. Les parois subissent une dégradation avancée, contraignant les exploitants à ériger des dispositifs de fortune en sacs de sable contre les eaux de la Comoé. La stagnation d'eau au niveau des cavaliers provoque leur affaissement et rend la piste impraticable en saison pluviale

- Diagnostic du canal primaire

Son départ est situé au niveau de la première vanne au droit du premier secondaire. Il est également façonné en béton ordinaire avec une section trapézoïdale. Le canal principal a une longueur totale de 1 630 m et dessert quatre (4) secondaires. Au droit de chaque secondaire, il est installé en travers du canal primaire une vanne plate munie de volant de manœuvre. Ces vannes permettent de réguler le débit à l'entrée de chaque secondaire.

Le béton du canal présente des fissures très préjudiciables et un envasement marqué par endroits. Des débordements récurrents inondent la plaine en période de hautes eaux à cause d'une mauvaise gestion. Les cavaliers souffrent d'érosion, de déchaussement et d'affaissement structurel sévère. De nombreux plots nécessitent une reprise complète pour stabiliser l'ouvrage.

- Diagnostic du canal secondaire 1 et tertiaire associées

Ce secondaire est perpendiculaire au canal primaire. Il est également façonné en béton ordinaire avec une section trapézoïdale. Le canal secondaire 1 alimente cinq (5) canaux tertiaires.

Sur le canal secondaire 1, des fuites importantes sont localisées au niveau des prises tertiaires par rupture des joints de béton ; les talus gauches présentent des dégradations de plots et une érosion prononcée des cavaliers et la structure subit l'envasement et l'enherbement généralisés constatés sur l'ensemble du réseau.

Les canaux tertiaires associés au CS1, les cavaliers présentent des affouillements et des griffes d'érosion nécessitant des remblais argileux urgents. Des plots de talus sont dégradés et doivent être reconstruits pour assurer l'étanchéité. Le réseau souffre d'un manque criant de vannettes TOR fonctionnelles, souvent remplacées par des mottes de terre.

- Diagnostic du canal secondaire 2 et tertiaire associées

Ce secondaire est perpendiculaire au canal primaire. Il est également façonné en béton ordinaire avec une section trapézoïdale.

Le canal secondaire 2 présente des pathologies de fissuration et un envasement réduisant sa capacité de transport hydraulique. L'absence de maintenance régulière a provoqué le déchaussement du muret du cavalier par endroits. Il partage les symptômes de vieillissement structurel et de dégradation du revêtement communs au périmètre.

Sur les canaux tertiaires associés au CS2, des tronçons entiers sont rompus générant des fuites ; L'enherbement et l'envasement entravent une irrigation efficace des blocs de culture ; les pathologies béton et le mauvais emplacement des prises réduisent la productivité globale.

- Diagnostic du canal secondaire 3 et tertiaire associées

Le secondaire est de forme trapézoïdale en béton et est perpendiculaire au canal primaire.

Il présente une détérioration des parois provoquant des fuites massives et des débordements sur les parcelles environnantes. L'érosion a emporté des sections du cavalier, créant des affouillements profonds. L'instabilité de l'ouvrage est aggravée par un ruissellement incontrôlé et un manque d'entretien.

Les canaux tertiaires associés au CS3 présentent une dégradation majeure avec des sections nécessitant une dépose et reprise complète sur des distances ; un envasement sévère et un emblavement illégal généralisés des emprises par les exploitants. La destruction des parois par les eaux de ruissellement bloque la distribution hydraulique.

- Diagnostic du canal secondaire 4 et tertiaire associées

Ce secondaire prend naissance à l'extrémité aval du canal primaire. Le secondaire 4 est en cours de reconstruction. Une dépose d'une grande partie du secondaire a été mené. Sur les tertiaires inspectés, la quasi-totalité présente un béton fortement dégradé voire inexistant, nécessitant une reprise totale sur leur longueur. Par ailleurs, plusieurs vannettes TOR sont manquantes.

Les canaux tertiaires associés au CS4 présentent une dégradation critique surtout sur le tertiaire du bloc 5, imposant une reconstruction totale. Les parois bétonnées sont fissurées ou détruites, entraînant des pertes d'eau massives vers la Comoé. La destruction des vannettes d'entrée empêche tout contrôle des débits à la parcelle.

- Diagnostic des drains

Ce réseau comprend des drains principaux qui permettent d'évacuer les surplus d'eau d'irrigation dans le lac de Karfiguéla pour les deux premiers secondaires et dans un émissaire qui collecte les eaux pour les deux derniers secondaires. Cet émissaire se jette également dans le lac.

Le réseau de drainage présente des dysfonctionnements graves liés en grande partie à des comportements anthropiques : Interruption volontaire du drainage par certains producteurs souhaitant gagner des superficies supplémentaires, élargissement des drains pour pratiquer la pêche ; Rejet de paille de riz dans les drains après battage ; Déviation des eaux de drainage pour l'irrigation hors calendrier ; envasement des drains. Ces pratiques compromettent l'évacuation normale du surplus d'eau et favorisent les inondations localisées.

Les drains tertiaires sont largement bouchés ou inexistants, ce qui empêche tout assainissement efficace des sols irrigués. Ils subissent un enherbement total et sont parfois emblavés par les cultivateurs. Un recalibrage et un curage profond sont indispensables pour restaurer le réseau.

- Diagnostic des pistes, Diagnostic des digues de protection

Un réseau constitué de pistes tertiaires, secondaires et primaires facilitent l'accès au périmètre.

Une digue de protection permet de protéger conte les eaux de crues de la COMOE.

L'érosion sévère et la formation d'ornières rendent les voies d'accès difficilement praticables pour les usagers. L'affaissement des cavaliers par stagnation d'eau compromet la circulation durant la saison pluviale. Certaines sections de pistes digues sont submergées par les eaux de débordement venant de la mare. La digue de protection servant de piste d'entrée est dans un état de dégradation avancée.

IV.1.3 Organisation et fonctionnement de la plaine de Karfiguéla

Le périmètre irrigué de Karfiguéla est géré par cinq (5) coopératives de base, regroupées en une union dénommée Union des Coopératives des Exploitants du Périmètre Aménagé de Karfiguéla (UCEPAK).

L'Union des Coopératives des Exploitants du Périmètre Aménagé de Karfiguéla (UCEPAK) regroupe 934 producteurs répartis en cinq coopératives. Sa base juridique est solide elle est régie par la loi n°014/99/AN

Ce décalage entre le nombre de membres et le nombre d'exploitants s'explique par le fait des entrées sur la plaine de nouveaux venus à travers l'agrandissement des ménages et aussi par le fait du système d'héritage. Par exemple, un exploitant explique qu'il était deux (2) enfants lorsque leur père recevait sa parcelle d'un hectare et demi (1,5 Ha). Par la force des "choses", il a rétrocédé une superficie de 0,5 hectares à son petit frère cohéritier. Aujourd'hui, sa famille à lui seul, compte dix (10) actifs majeurs sur la superficie d'un (1) hectare qui lui reste. Or des cas similaires sont légion dans la plaine de Karfiguéla.

- Synthèse des entretiens avec certains acteurs

Les entretiens menés avec certains acteurs ont fait ressortir les points saillants suivants :

- ✓ Des dégradations (Fissures, déchaussement et /ou décomposition de béton au niveau des canaux d'irrigation, dysfonctionnement de certains ouvrages de prise) ont été constatées sur le périmètre et leurs causes probable serait la vétusté du réseau d'irrigation et les actions anthropiques ;
- ✓ Manque d'eau dans certaines zones du périmètre, et inondations dans d'autres, toutes choses qui serait dû à un niveau peu élevé de la gestion de l'eau dans la plaine, d'une part et d'autre part aux pertes d'eau du réseau lié à la vétusté de celui-ci ;
- ✓ Des inondations surviennent souvent quand les vannes du barrage de Moussodougou sont ouvertes après une forte pluie ;
- ✓ Les travaux d'entretien courant du périmètre sont organisés par SCOOPS ; mais le constat a été établi que le calendrier établi par l'union avait du mal à être respecté, ce qui qui fait que cet entretien s'étend sur une période plus longue ;
- ✓ Le tour d'eau se fait par bloc (secondaire) et est de 6 à 7 jours en fonction des secondaires, le service dure 24 h les bloc 1, 2 et 4 et de 48 h pour les bocs 3 et 5. Il ressort que l'eau est mal gérée et cette situation commande une formation des aiguadiers et la mise en place de cahier de charges du périmètre ;

- ✓ Il a été constaté l'installation dans le lit majeur du cours d'eau de plusieurs maraichers ; la plupart des producteurs y sont depuis plus d'une dizaine d'années ; la majorité des producteurs sont des propriétaires terriens ; la conséquence de la proximité des maraichers au cours d'eau serait, son ensablement et la pollution de ses eaux par les pesticides ;
- ✓ La redevance eau est de 6000F par an ;
- ✓ Le périmètre ne dispose pas de cahier de charges

IV.1.4 Conclusion partielle

A l'issu du diagnostic, deux (02) options de réhabilitation du périmètre sont envisageables :

- ✓ Une première option consistant à réhabiliter le périmètre dans son état actuel. C'est-à-dire en conservant le même calage et les mêmes dimensions des canaux. Cette option semble inefficiente car lors des phases d'irrigation il est noté des débordements des canaux ;
- ✓ Une deuxième option qui concerne la reconstruction totale du périmètre. Cette option consiste à une dépose totale de tous les ouvrages et procéder à un nouveau dimensionnement et calage des canaux dans l'optique de dominer l'ensemble du périmètre.

Etant donné que le réseau d'irrigation et de drainage ne sont plus fonctionnels à certains endroits et que le calage du réseau d'irrigation ne permet pas de dominer toutes les parcelles, l'option de la reconstruction totale du périmètre avec des canaux d'irrigation, de drainage et de réseau de piste adaptés ainsi que les ouvrages associés a été retenue.

IV.2 Hydrologie et étude de la retenue

IV.2.1 Analyse des paramètres climatiques

La zone du projet dans son ensemble est soumise à un climat de type soudano-sahélien.

Le périmètre irrigué est situé sur un bassin versant qui reçoit entre 901 et 1100 mm de pluie par an. Selon la classification basée sur le module pluviométrie annuelle, le régime climatique rencontré dans la zone du projet est le régime tropical sec (voir bulletin FAO 54 page 22).

L'analyse de la figure ressort que les pluies s'installent de mars à novembre et sont plus marquées d'avril à octobre. Le mois d'aout culmine avec 256,6 mm en moyenne.

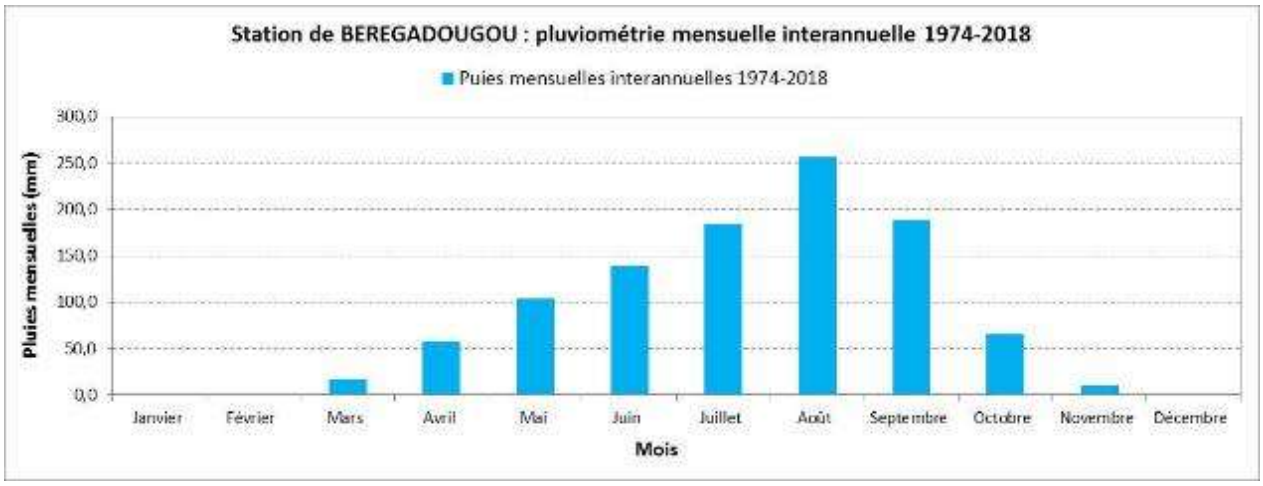


Figure 6: Répartition de la pluviométrie mensuelle interannuelle 1974-2018 de Bérégadougou

L'Evapotranspiration (ETP) annuelle moyenne calculée est de 1975,1mm. Cette valeur est valable pour la zone de contrôle de la station synoptique de Bobo. l'ETP est accentué de Mars à Mai, tandis que sa valeur minimale est atteinte généralement en Août.

Tableau VI: ETP mensuelles interannuelles 1961-2020 à la station de Bobo-Dioulasso

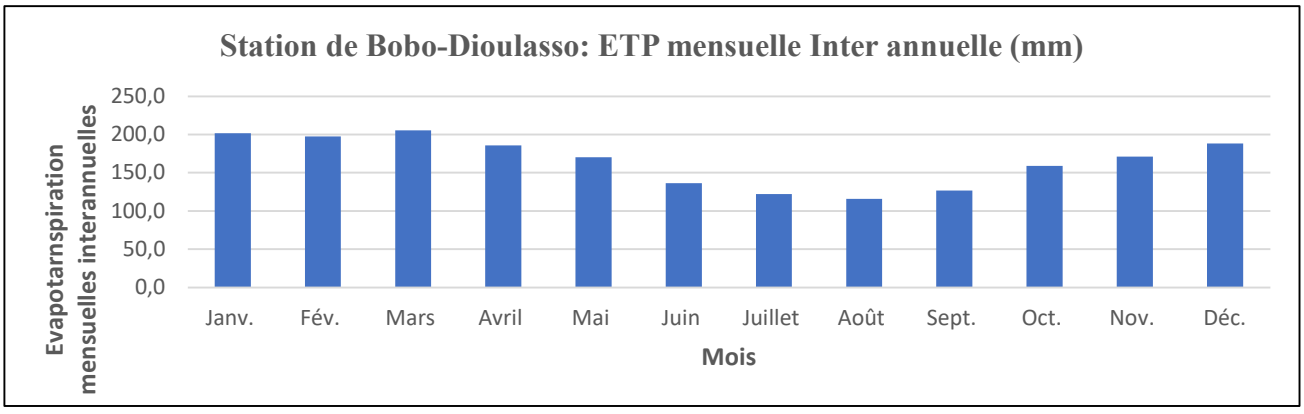


Figure 7: ETP mensuelles interannuelles à la station de Bobo-Dioulasso

On obtient ainsi après ajustement statistique des pluies, une pluie décennale humide **P_{10} = 105 mm**.

IV.2.2 Etude des bassins versants drainés

- Evaluation des débits a l'exutoire des bassins versants

L'analyse hydrologique menée autour du périmètre a permis d'identifier deux sous bassins versants contre lesquels il convient de protéger le périmètre.

La capacité d'une retenue au droit de la prise d'eau de Karfiguéla a été évalué. Cette retenu vise à contribuer à résoudre l'insuffisance de la ressource. Le bassin versant alimentant cette retenue a aussi été identifié.

Le Tableau VII récapitule les principales caractéristiques desdits bassins versant.

Tableau VII: Caractéristiques physique des bassins

Désignation	S (Km^2)	P (Km)	Zmoy (m)	It (m/km)	Zmax (m)	Zmin (m)	Zmediane (m)	Imoy
BV Barrage	128,21	98,7	271.234	3.05	280	264	272	2.91
BV1	25,546	30,027	368	12,10	461	275	300,89	46,8
BV2	2,62	9,216	291	5,62	307	275	291,00	28,8

Les crues extrêmes sont celles susceptibles de se produire au droit du périmètre et contre lesquelles il doit être suffisamment protégé.

Les bassins versants étudiés ne sont pas jaugés ainsi il n'a pas été possible d'obtenir des mesures/relevés de débits journaliers pour les ajustements statistiques de détermination des crues fréquentielles caractéristiques.

En fonction de la superficie du bassin versant, une méthode est choisie pour le calcul de la crue décennale (Q_{10}).

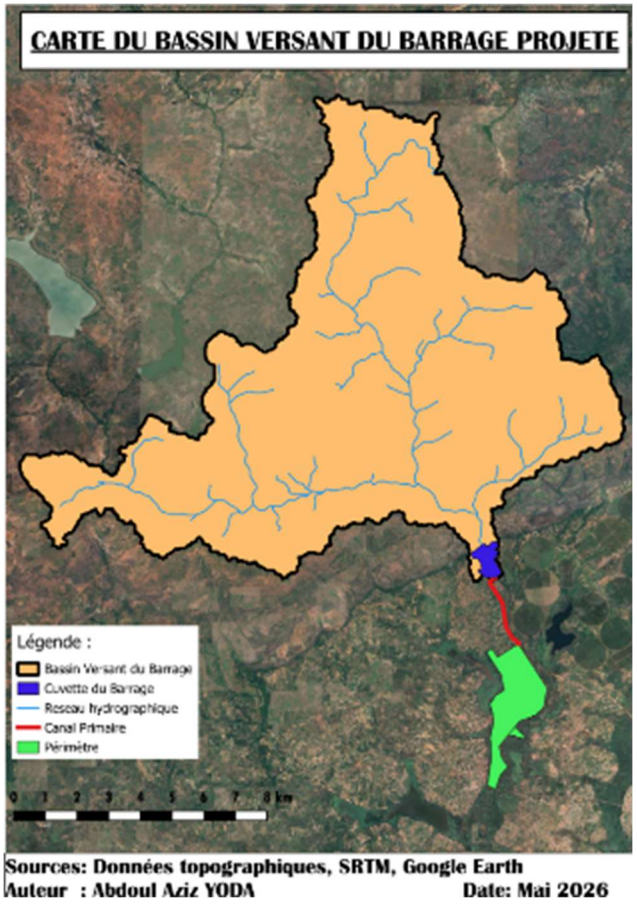
Un coefficient de ruissellement retenu de **8,7%** (Mémoire Technique AEC lot 2) est retenu pour le calcul du débit suivant la méthode rationnelle.

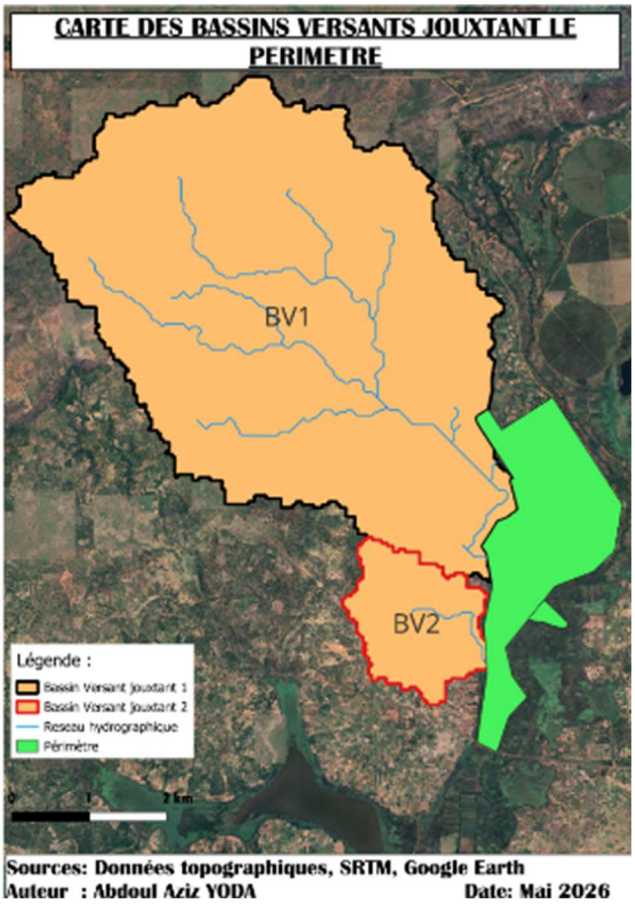
Les résultats des calculs des débits à l'exutoires des bassins versants sont résumé dans le Tableau VIII.

Les détails des calculs sont présentés en annexe.

Tableau VIII: Débits des bassins

Désignation	Surface (Km2)	Périmètre (Km)	Q10 (m3/s)	Méthode de calcul utilisée
BV Barrage	128,21	98,7	76,65	ORTOM / CIEH
BV1	25,546	30,027	87,96	ORTOM / CIEH
BV2	2,62	9,216	12,57	ORTOM / CIEH





IV.2.3 Etude de la retenue projetée

- Estimation des apports liquide

La méthode Rodier qui fournit des informations quant aux écoulements annuels de petits bassins versant de la zone tropicale sèche ou du sahel est utilisée pour l'estimation des coefficients d'écoulement. Cependant on peut utiliser des données existantes pour l'estimation des coefficients. A cet effet, un coefficient de ruissellement de 8,7% (Réhabilitation) a été retenue.

Le bassin versant présente une superficie de 128 k m^2 avec un apport en eau pour récurrence centennale sèche estimer à environ 6,5 Millions de mètre. La crue décennale est estimée à 76,65 m^3/s. La détermination de la crue du projet (crue centennale) est obtenue en majorant cette crue décennale (C = 2). La crue centennale ainsi obtenue est égale à 153,3 m^3/s. La cuvette de la retenue a une surface du plan d'eau égal à 62,7 ha avec une hauteur.

- Estimations des pertes d'eau

L'évaluation des pertes en eau a pris en compte les pertes par infiltration, par évaporation et par dépôts solides.

- **Pertes par infiltration**

Les pertes par infiltration sont obtenues en appliquant une des deux approches développées par Durand et al (1999) et GUEYE (2015). La première consiste à considérer une infiltration égale à 10 % de la hauteur utile du barrage et la secondaire à retenir une infiltration comprise entre 1 à 3 mm/jour. La deuxième approche a été retenue, une perte par infiltration de 2mm/jr et les pertes annuelles sont estimées à **730 mm** soit un volume de **457 710 m³/an**.

- **Pertes par évaporation**

L'évaporation sur le plan d'eau a été estimée par la formule de Bernard POUYAUD (1985), qui corrige l'évaporation au bac classe A par un coefficient tenant compte des conditions microclimatiques locales. Les pertes nettes par évaporation sont calculées uniquement pour les mois où l'évaporation excède la pluviométrie. Ces pertes sont estimées à **781 240 m³/an** soit un abaissement de **1246 mm.**

- **Pertes par dépôt solide**

Les pertes en eau par dépôt solide ont été obtenu en faisant la moyenne de la dégradation spécifique des formules de GOTTSHALK et GRESILLON et de GOTTSHALK. La dégradation spécifique et le volume de perte sont estimés respectivement à **115,30 m³/km²/an** et **14782,18 m³/an.**

Le volume de dépôt solide par est donc de **14 782,18 m³/an**, pour une durée de vie de 25 ans.

Tableau IX: Pertes en eau de la retenue

Désignation	Unité	Valeur
Pertes d'eau par infiltration	mm	730,00
Pertes d'eau par infiltration	m^3	457 710,00
Pertes d'eau par évaporation	mm	1 246,02
Pertes d'eau par évaporation	m^3	781 240,00
Pertes d'eau par dépôt solide	m^3	14 782,18
Total	m^3	**1 253 732,18**

- Disponibilité de l'eau de la retenue

Elle est établie à partir de la courbe hauteur/volume de la retenue d'eau. Le volume d'eau normale stockée dans la retenue est estimé à **3 427 245,9 m³**. Le volume d'eau utile de la retenue est donc de **2 173 513,72 m³**. En saison pluvieuse, l'essentiel des besoins en eau des cultures est couvert par les pluies, cependant une irrigation d'appoint sera faite à partir de la retenue d'eau et en saison sèche la réserve d'eau est utilisée pour les cultures. Ainsi la riziculture est pratiquée sur toute la superficie de l'aménagement en saison sèche et humide. Le blé est pratiqué uniquement en saison sèche.

IV.3 Evaluation de la ressource souterraine

IV.3.1 Caractérisation hydrodynamique des aquifères

Le système hydrogéologique de Karfiguéla comporte deux entités superposées, en continuité hydraulique. Il s'agit d'une nappe libre, en interaction directe avec le réseau hydrographique (Comoé et affluents). Le suivi piézométrique repose sur un réseau de 49 piézomètres installés sur la plaine, relevés mensuellement entre le 20 et le 30 de chaque mois à la sonde piézométrique, complété par des essais de choc hydraulique de type slug test pour la détermination de la conductivité hydraulique (HALADOU, 2013 ; BETAN, 2013). Le paramètre le plus robuste disponible est le coefficient d'emmagasinement : sa valeur moyenne sur l'ensemble de la plaine alluviale de Karfiguéla est estimée à 0,842 % (PADI-BF101, 2015).

La nappe des grès infracambriens sous-jacente ; on s'appuie donc sur la synthèse régionale établie à partir d'environ un millier de forages du bassin de Taoudéni côté Burkina Faso (Gombert, 1998), pour les formations du Groupe de Banfora et les unités sus-jacentes :

Formation	Profondeur moyenne (m)	Transmissivité T (10^{-4} m²/s)	Conductivité K (10^{-6} m/s)	Production moyenne (m³/h)	Production spécifique (m³/h/m)
GI – Grès inférieurs	75	0,5	0,2	5,1	0,6
GKS – Grès de Kawara-Sindou	48	2,7	1,2	5,1	0,4
GFG – Grès fins à glauconie	80	2,8	0,5	9,1	0,5
GGQ – Grès granulés quartziques	62	8,5	3,0	13,0	1,0
SAC1 – Siltites/argilites/carbonates	66	4,9	2,2	13,4	1,4

Ces paramètres montrent une perméabilité globalement élevée pour l'ensemble gréseux, de l'ordre de $1,8 \times 10^{-6}$ m/s, favorable à la constitution d'un aquifère significatif, avec un coefficient d'emmagasinement régional estimé autour de 1×10^{-4} valeur typique d'un aquifère captif à semi-captif multicouche. Faute de niveau confinant continu identifiable à l'échelle régionale, le système peut être conceptualisé comme un aquifère unitaire multicouche, où les nombreuses discontinuités

(failles, fractures, joints de stratification) génèrent une porosité de fissuration secondaire qui augmente localement l'écoulement et la capacité de stockage.

IV.3.2 Capacité de production et d'exploitation

La recharge de la nappe alluviale a été quantifiée par la combinaison de deux approches indépendantes, le bilan de Thornthwaite (précipitations, ETP, réserve utile du sol) et la méthode des fluctuations piézométriques (Dao, 2015) : le volume de recharge annuelle de la nappe alluviale de Karfiguéla est estimé à $1{,}881 \times 10^6$ m³/an. Ce volume s'inscrit dans le contexte climatique sud-soudanien du secteur des Cascades, zone caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 900 mm. Deux sources de recharge coexistent structurellement : l'infiltration directe des précipitations sur les zones d'affleurement sableux de la plaine, et l'infiltration induite par le réseau hydrographique (Comoé et son affluent la Koba) lors des crues, la nappe alluviale étant en connexion hydraulique directe avec ces cours d'eau.

Au-delà de la recharge annuelle renouvelable, la réserve totale de l'aquifère alluvial a été estimée à $14{,}603 \times 10^6$ m³ (PADI), dont une réserve exploitable de $13{,}311 \times 10^6$ m³, le volume mobilisable sans ramener la nappe à un niveau de crise correspondant à une sécheresse décennale.

Indicateur du diagnostic (périmètre)	Valeur
Superficie nette aménagée	350 ha
Déficit résiduel de couverture	26,57 %
Réserve exploitable nappe alluviale (secteur Karfiguéla)	$13{,}311 \times 10^6$ m³
Recharge annuelle nappe alluviale	$1{,}881 \times 10^6$ m³/an

IV.4 Évaluation des besoins en eau des cultures et des paramètres de base de l'irrigation

IV.4.1 Evaluation des besoins en eau des cultures

Les cultures du périmètre ont été retenues en fonction des résultats des enquêtes et du TDR de la DGADI. Le riz (variété ORYLUX 6 de 100 jours) le blé (variété Hachtar de 80 jours). Il est prévu trois cycles de production par an sur le périmètre conformément à la note technique pour la production en continue sur les périmètres irrigués du Burkina Faso. Les cycle de production se répartissent comme suit :

- 11 juin au 10 octobre pour la culture du riz en saison Pluvieuse ;
- 1er Novembre au 20 Janvier pour la culture du blé en contre saison froide ;
- 1er Février au 31 Mai pour la culture du riz en contre saison chaude.

Les besoins en eau des cultures sont présentés dans le Tableau X.

Tableau X : besoins eau des cultures

Campagne-Culture	Mois	Besoins brut mensuel (m3/ha)	Besoin brut cycle (m3/ha)	Besoin brut cycle (m3)	Besoin en contre saison (m3)
Saison Hivernale-Riz	Juin	2705,6	5660,9	1981318,5	**8 085 206,5**
	Juillet	2074,0			
	Août	457,9			
	Septembre	1343,1			
Contre Saison froide-Blé	Novembre	3115,2	7905,73	2767005,5	
	Décembre	3185,3			
	Janvier	1605,3			
Contre Saison chaude-Riz	Février	6147,0	15194,86	5318201,0	
	Mars	5044,5			
	Avril	3968,7			
	Mai	149,6			

Les besoins en eaux nécessaires à mobiliser pour la production en contre saison est donc de 8 085 206,5 m3.

Les études pédologiques et les pratiques sur le périmètre ont révélé que le périmètre est apte à la production du riz et du blé. Cependant, le périmètre sera dimensionné sur la base du riz qui est la culture la plus défavorable en termes de besoins en eau. Le réseau serait en mesure d'assurer les besoins en eau d'autres spéculations avec moins de consommation d'eau.

IV.4.2 Paramètres de bases de l'irrigation

- Débit fictif continu et le débit maximum de pointe

Le dimensionnement hydraulique du périmètre repose sur les caractéristiques hydro-agricoles et les hypothèses d'exploitation suivantes : les besoins bruts en eau pour le riz de contre-saison évalués à 15194,86 m³/ha, un temps de fonctionnement hebdomadaire du réseau de 6 jours sur 7, et une durée journalière d'irrigation fixée à 12 heures.

La DMP retenu pour le dimensionnement est de **11 l/s/ha** qui correspond au débit de pointe maximal du mois le plus contraignant. Le débit d'équipement retenue pour le calcul des canaux est donc de **11 l/s/ha.** Le découpage parcellaire existant du périmètre est maintenu lors des calculs ainsi que la section des tertiaires.

- Propriétés physiques des sols

La caractérisation hydrodynamique des sols a été menée via la méthode d'infiltration par le double anneau, avec des mesures réparties sur chaque bloc afin d'évaluer le sol en place. Ces essais de terrain avaient surtout pour but de vérifier les conclusions d'une étude antérieure plus complète. Comme les mesures ont confirmé ces premières tendances, nous nous sommes largement appuyés sur les résultats de cette étude de référence. En plus des tests d'infiltration, elle comprend une cartographie détaillée des sols du périmètre ainsi que des analyses de laboratoire réalisées sur plusieurs points de prélèvement. Cela permet de mieux représenter les propriétés physiques du site. L'analyse des sols a mis en évidence trois textures sur le périmètre : limono-sableuse, limono-argilo-sableuse et argileuse. Ces types de sol se rencontrent dans les cinq blocs du périmètre. Après cette caractérisation, des essais d'infiltration ont été réalisés avec au moins deux points de mesure par bloc. Cela a permis d'avoir une bonne représentation des propriétés hydrodynamiques sur toute la zone d'étude.

Les calculs du tour d'eau s'appuient systématiquement sur les paramètres de sol les plus contraignants afin de sécuriser les apports en eau. Ainsi la réserve utile facilement utilisable (RFU) retenue est de **37,5 mm** pour le riz, et de **56,26 mm** pour le blé. L'aptitude des sols du périmètre à la riziculture et à la phanérogamie du blé est d'ores et déjà confirmée par la pratique courante des exploitants sur le terrain. Néanmoins, si la topographie et la nature des sols conviennent globalement à ces deux spéculations, la culture du blé exige, dans certaines zones spécifiques du périmètre, une rigueur absolue quant au réseau de drainage afin d'éviter toute asphyxie.

- Tour d'eau et Dose brute

Le tour d'eau est déterminé en fonction des besoins brute maximal journalière du riz (**19,69 mm/j**).

Le tour d'eau retenu est de **2 jours** pour une dose réelle de **37,4 mm/j** et dose brute **57,52 mm/j** ce qui est très courant pour la riziculture afin de maintenir une lame d'eau constante. Ce choix est sécuritaire pour les trois types de sol car la dose nécessaire reste inférieure à la RU (même pour le sol sableux **37,4<62,41**).

- Main d'eau, quartier hydraulique et durée d'arrosage

Pour la riziculture au Burkina Faso, la main d'eau standard oscille généralement entre 20 et 30 L/s. Dans le cadre de ce projet, une valeur de **30 L/s** a été adoptée pour le dimensionnement du quartier hydraulique. La superficie du quartier hydraulique est reste inchangé et est de **2,5 ha** correspondant à une durée d'arrosage de **12 h**.

IV.5 Dimensionnement du réseau du périmètre

La riziculture réussit grâce à une irrigation gravitaire par submersion des casiers. Le principe consiste à régler en permanence la lame d'eau selon le cycle de croissance du riz. Pour assurer cette gestion précise, chaque parcelle doit être nivelée avec soin. En supprimant les irrégularités du terrain et en obtenant une pente presque nulle, on obtient une répartition uniforme de l'eau et un meilleur contrôle des niveaux d'eau.

IV.5.1 Justification du choix du système d'irrigation

L'irrigation est définie comme l'application d'eau sur des terres cultivées par l'intervention humaine pour satisfaire les besoins des plantes lorsque les précipitations sont insuffisantes (*Guide office Niger*, 2014). On distingue trois grandes familles de techniques d'irrigation, chacune ayant ses propres caractéristiques, avantages et inconvénients.

Le système gravitaire est très économique et simple à mettre en œuvre car il n'impose aucun coût énergétique mais a une faible efficience et exige un nivellement parfait du terrain. L'aspersion s'adapte sans difficulté à toutes les pentes et assure une couverture uniforme mais engendre des coûts de matériel notables et s'expose à l'obstruction fréquente de ses buses. Le goutte-à-goutte garantit une économie d'eau maximale tout en fonctionnant à basse pression mais requiert un investissement initial lourd et reste vulnérable au colmatage de ses installations

Il a été jugé pertinent de conserver un système gravitaire afin de tirer parti des compétences déjà maîtrisées par les exploitants locaux, de minimiser les investissements et de faciliter l'exploitation et

l'entretien. Cette approche favorise également la durabilité du projet en limitant les besoins en énergie et en gardant des procédures opérationnelles familiales aux utilisateurs.

IV.5.2 Tracé du réseau

L'alimentation en eau repose sur une prise principale installée sur le fleuve Comoé qui approvisionne un canal primaire. Ce canal se ramifie ensuite en quatre (4) canaux secondaires puis en trente-six (37) canaux tertiaires. Pour l'évacuation des excédents d'eau, le réseau de drainage fonctionne en sens inverse grâce à des collecteurs tertiaires et secondaires qui convergent vers un émissaire principal. La desserte et l'exploitation du site sont assurées par une piste principale, des pistes secondaires et tertiaires. Enfin, une digue de protection ceinture les zones les plus vulnérables du périmètre afin de sécuriser les aménagements contre les submersions.

IV.5.3 Dimensionnement du réseau d'irrigation

Le dimensionnement final a porté sur la détermination des caractéristiques des canaux du réseau d'irrigation, leur calage pour un fonctionnement optimal.

Les canaux sont de section trapézoïdale et revêtus en béton avec un fruit de berge m=1/1. Le dimensionnement hydraulique suit une logique de distribution ascendante et rigoureuse. Chaque canal tertiaire est ainsi calibré pour transiter le débit cumulé des canaux quaternaires qu'il alimente, tandis que les canaux secondaires sont dimensionnés pour absorber la somme des débits des canaux tertiaires qui leur sont rattachés. Le canal primaire est calibré pour transiter la somme des débits des canaux secondaires.

Tableau XI: Hypothèses de calcul

Paramètre	**Unité**	**Valeur**
Matériau	-	Béton
Vitesse	m/s	0,2 à 1,5
Coefficient Ks	$m^{1/3}/s$	70
Pente interne	-	1/1
Pente externe	-	1/1
Revanche	m	0,1 à 0,5
Pente canal	‰	0,5 à 5
DMP max	l/s/ha	11
Main d'eau	l/s	30
Tour d'eau	j	2

Le dimensionnement hydraulique a permis de fixer les cotes de calage et d'optimiser la géométrie des différents biefs.

Les informations des dimensions des canaux sont consignées dans le Tableau XII

Tableau XII: Section des canaux

Canal	h Tirant d'eau (m)	b Largeur radier (m)	Profondeur totale (m)
Canal Primaire (CP)	1,2	1	1,45
Secondaire CS1	0,65	0,5	0,85
	0,6	0,5	0,8
	0,45	0,4	0,65
Tertiaire CT1-1	0,35	0,3	0,5
Tertiaire CT1-2	0,35	0,3	0,5
Tertiaire CT1-3	0,35	0,3	0,5
	0,25	0,3	0,4
Tertiaire CT1-4	0,4	0,25	0,55
Tertiaire CT1-5	0,25	0,25	0,4
Secondaire CS2	0,6	0,5	0,8
	0,5	0,4	0,7
	0,4	0,4	0,6
Tertiaire CT2-1	0,35	0,3	0,5
Tertiaire CT2-2	0,35	0,3	0,5
Tertiaire CT2-3	0,5	0,3	0,65
Tertiaire CT2-4	0,35	0,3	0,5
Secondaire CS3	0,75	0,6	0,95
	0,7	0,6	0,9
	0,6	0,4	0,8
Tertiaire CT3-1	0,35	0,25	0,5
	0,45	0,25	0,6
Tertiaire CT3-2	0,4	0,25	0,55
Tertiaire CT3-3	0,3	0,25	0,45
	0,25	0,25	0,4
Tertiaire CT3-4	0,3	0,25	0,45
Tertiaire CT3-5	0,3	0,25	0,45
Tertiaire CT3-6	0,35	0,25	0,5
Tertiaire CT3-7	0,3	0,25	0,45
Tertiaire CT3-8	0,3	0,2	0,45

Tertiaire CT3-9	0,35	0,25	0,5
Tertiaire CT3-10	0,25	0,2	0,4
Secondaire CS4	0,9	0,7	1,1
	0,8	0,6	1
	0,7	0,6	0,9
Tertiaire CT4-1	0,2	0,2	0,35
Tertiaire CT4-2	0,4	0,25	0,55
Tertiaire CT4-3	0,35	0,3	0,5
Tertiaire CT4-4	0,35	0,3	0,5
Tertiaire CT4-5	0,35	0,25	0,5
Tertiaire CT4-6	0,3	0,25	0,45
Tertiaire CT4-7	0,5	0,3	0,65
Tertiaire CT4-8	0,5	0,3	0,65
Tertiaire CT4-9	0,45	0,3	0,6
Tertiaire CT4-10	0,2	0,15	0,35
Tertiaire CT4-11	0,25	0,2	0,4
Tertiaire CT4-12	0,25	0,2	0,4
Tertiaire CT4-13	0,3	0,2	0,45
Tertiaire CT4-14	0,3	0,2	0,45
Tertiaire CT4-15	0,25	0,2	0,4
Tertiaire CT4-16	0,25	0,2	0,4
Tertiaire CT4-17	0,2	0,2	0,35
Tertiaire CT4-18	0,25	0,2	0,4

IV.5.4 Dimensionnement du réseau de drainage

Les calculs définissent les débits à évacuer par le réseau de drainage (voir annexe 18).

Hypothèses :

- Evapotranspiration : 127,27 mm/mois (Mois de juin)
- Infiltration/percolation : 1,5 mm/j
- Pluie décennal humide : 105 mm
- Ks : 30 $m^{1/3}/s$
- Pente talus interne : 3/2

Le débit de dimensionnement des drains est fixé à 1,81 l/s/ha, ce débit a servi de base pour déterminer les sections et le calage des drains. Les caractéristiques précises sont consignées dans le tableau 18.

Tableau XIII: Caractéristiques des canaux

Drain	Largeur radier (m)	Lame d'eau (m)	Hauteur canal (m)
DP	**5,5**	**0,8**	**1**
DS1 et DS2	**1 ,2**	**0,6**	**0,8**
DS3	**3**	**0,6**	**0,8**
DS4	**5,5**	**0,6**	**0,8**
DT	**0,3**	**0,25**	**0,45**

IV.5.5 Ouvrages de sécurité, régulation et de prise

Les ouvrages de sécurité sont destinés à éliminer les eaux en excès pour éviter les débordements qui pourraient endommager les berges des canaux ou les cultures. On les place généralement à l'aval du dernier tronçon d'un canal. Pour le projet, l'ouvrage de sécurité est un déversoir seuil placé en rive droite des canaux secondaires. Il s'agit de déversoir de sécurité dont le dimensionnement se fait en général sur la base de l'évacuation de 33 % du débit en tête du canal, suivant la formule identique à celle des seuils statiques.

Les ouvrages de régulation ont pour rôle essentiel de maintenir le plan d'eau dans une plage prédéfinie afin que les prises latérales soient toujours sous une charge suffisante pour délivrer le débit requis, même en période de faible circulation. Les ouvrages de régulation retenus sont des vannes TOR sur les tertiaires et des vannes à vis sur les secondaires conforment à l'existant.
Les ouvrages de prise constituent les points d'entrée du débit dans les différents canaux d'un réseau d'irrigation. Pour ce projet, Ils se composent de superstructures en béton et des prises sur les secondaires (vannes à vis) et les tertiaires (vannes TOR). Le réseau devra être équiper de cinq (5) déversoirs latéraux à l'aval des canaux secondaires. Le détail des ouvrages est renseigné en annexe.

IV.5.6 Réseau de circulation

Les pistes de desserte du périmètre sont accolées aux cavaliers des canaux et situées sur les plateformes des drains, dont elles utilisent une partie des déblais. Les pistes le long du réseau d'irrigation sont confectionnées à une hauteur moyenne à 60 cm au-dessus du niveau du terrain naturel. Les pistes longeant les canaux ont une largeur de 6 m. Une couche de roulement de latérite d'une épaisseur de 10 cm à 20 cm est posée sur ces pistes.

IV.5.7 Digues de protection

Les digues de protection sont érigées à une hauteur adéquate pour sécuriser l'ensemble du périmètre face aux crues. Elles joueront un double rôle essentiel : assurer la protection de l'aménagement et servir de voie de circulation pour l'exploitation et l'entretien du site.

Pour remplir efficacement ces fonctions, leurs caractéristiques géométriques sont définies comme suit :

- Largeur en crête : 6,00m ;
- Hauteur : 1,50m ;
- Pentes des talus : ½

V. ANALYSE ET DISCUSSION

V.1 Besoins en eau

En période hivernale, la pluie et les apports du fleuve Comoé ne suffisent pas à couvrir les besoins en eau. La situation devient critique en saison sèche : les besoins d'irrigation dépassent de loin les lâchers de la SN-SOSUCO. Pour pallier ce déficit, le projet a évalué capaciter d'une retenue en amont de la prise de Karfiguéla dont la capacité estimée est 3 millions de m³.

Les besoins en eau pour assurer la campagne sèche est de **8 085 206,5 m³** tandis que les lâchers de la SN-SOSUCO sont estimé à **3 763 584 m³** représentant **46,55 %** des besoins. L'association du barrage permet d'augmenter le volume disponible à **5 937 097,72 m³** représentant **73,43 %** des besoins. Cette retenue d'eau ne suffira pas à combler la totalité des besoins du périmètre. Pour sécuriser la campagne, il devient indispensable d'exploiter les eaux souterraines validée par une étude de l'Agence de l'Eau des Cascades pour alimenter une partie des terres.

Sur le terrain, la stratégie d'irrigation est pensée sur mesure. Le système gravitaire a été choisi pour approvisionner les rizières et les parcelles de blé, un dimensionnement qui colle au plus près des besoins hydriques de chaque plante. En intégrant finement les coefficients culturaux, les pertes en ligne et les pics de demande l'aménagement garantit une gestion sobre et efficiente de la ressource.

V.2 Conception technique du réseau d'irrigation

La conception du réseau d'irrigation et de drainage s'appuie sur des règles de l'art strictes. La vitesse de l'eau est comprise entre 0,2 à 1,5 m/s pour les canaux en béton. Les ouvrages de franchissement, les pistes d'accès et le réseau de drainage complètent le système.

Le choix du gravitaire s'impose comme une évidence technique et économique. Le système gravitaire élimine les factures énergétiques liées au pompage et s'intègre sans difficultés majeurs dans le quotidien des exploitants. Pour maintenir une charge hydraulique optimale et éviter les zones d'eau morte, la section des canaux se réduit progressivement d'amont en aval. Enfin, le calendrier d'arrosage fixé à 6 jours par semaine ne sort pas de nulle part ; il concilie les exigences des calculs de besoins en eau et le rythme de vie de la communauté locale laissant une journée de flexibilité indispensable.

Le calibrage des différents tronçons s'articule autour d'un débit de pointe de 11 l/s/ha. Face à de telles contraintes de charge et pour éliminer radicalement les pertes par infiltration, le choix s'est porté sur un revêtement en béton pour l'ensemble des canaux primaire, secondaires et tertiaires.

VI. GESTION DU PERIMETRE

VI.1 Gestion hydraulique

VI.1.1 Organisation de la distribution de l'eau

La viabilité financière du périmètre se joue d'abord à la vanne. Sans une maîtrise serrée de l'eau, les coûts d'exploitation s'envolent et les rendements s'effondrent, faisant de l'efficience hydraulique le véritable garant de la rentabilité des cultures. La planification de la distribution l'eau dans le périmètre est donc impératif. Ce plan de distribution doit préciser pour chaque tertiaire et chaque bloc : les créneaux horaires d'accès, les débits de référence attendus à la vanne. Il doit être cosigné par les présidents de coopératives et le chef de plaine, et affiché physiquement à l'entrée de chaque bloc.

VI.1.2 Dispositif de mesure et de suivi des débits

Le manque de données de mesure influence négativement sur la gestion du périmètre. Pour y remédier, l'installation d'un seuil à l'entrée de la tête morte garantira un calcul précis des débits à. La pose d'échelles limnimétriques graduées à la prise principale et sur les canaux secondaires (S1 à S4) permettra un suivi visuel. Enfin, des relevés quotidiens trois fois par jour par les aiguadiers alimenteront les bilans mensuels indispensables au pilotage par l'UCEPAK.

VI.2 Réforme organisationnelle de l'UCEPAK

La relance pérenne du périmètre passe par une réforme profonde de la gouvernance de l'UCEPAK. Une simple technique de réhabilitation ne suffira pas. Trois actions prioritaires doivent être engagées : tenir régulièrement les assemblées générales annuelles, professionnaliser les aiguadiers en les formant et en les rémunérant à temps plein et améliorer le recouvrement des redevances. L'objectif financier est d'atteindre un taux de collecte de 90% en deux ans appuyé par l'ouverture d'un compte opérationnel bancaire, l'utilisation de carnets individuels et l'application de sanctions dissuasives contre les impayés.

Parallèlement, la gestion de l'aménagement exige la mise en place d'un système strict de suivi-évaluation. Un tableau de bord complété à la fin de chaque campagne par le chef de plaine permettra d'évaluer l'impact réel des investissements et d'orienter les décisions. Ces fiches de performance transmises directement à PAVAL assureront une transparence totale sur l'évolution de la productivité du périmètre.

La SN-SOSUCO qui gère les barrages constitue également le principal concurrent de Karfiguéla pour l'accès à la ressource en eau. Il est nécessaire de formaliser les engagements par un écrit précisant :

les débits minimaux garantis à Karfiguéla lors des lâchers, une procédure de notification préalable pour tout changement du régime d'alimentation (délai minimum de 48 heures) et un mécanisme de concertation accéléré en cas de déficit hydrique. Ce protocole devra être soumis à l'arbitrage du CLE.

VI.3 Mesures d'entretien du périmètre irrigué

Une bonne stratégie de maintenance doit associer la maintenance préventive, qui permet d'éviter les pannes, et la maintenance corrective, qui sert à réparer vite les dégâts observés. Cette méthode aide à réduire les coûts d'exploitation et à assurer un service hydraulique continu aux agriculteurs. Les éléments concernés par la maintenance comprennent :

- Les ouvrages d'art (dalots, prises d'eau) : à inspecter régulièrement pour détecter les obstructions par sédiments, débris ou végétation ainsi que les dégradations structurelles (corrosion, fissuration, déplacement). Un nettoyage annuel est recommandé avant chaque campagne irriguée ;
- Le réseau d'irrigation : incluant le canal primaire, les canaux secondaires et tertiaires. Le curage (élimination des sédiments et de la végétation) et la réfection des parois ou du fond sont essentiels pour maintenir la fluidité de l'écoulement et prévenir les pertes d'eau par infiltration ou évaporation accumulées ;
- Le réseau de drainage : son entretien régulier est critique pour éviter l'engorgement des sols, maintenir une bonne évacuation des eaux excédentaires et prévenir les maladies racinaires des cultures ;
- Le réseau de circulation (chemins d'exploitation) : garant de l'accessibilité des parcelles pour le suivi technique, l'intervention des équipes de maintenance et le transport des récoltes. Leur empierrage et leur nivellement doivent être maintenus pour éviter les immobilisations en période pluvieuse ;
- Les digues de protection : à entretenir systématiquement pour contenir l'envahissement des talus par les plantes.

Cette organisation périodique et réactive garantit un entretien efficace du périmètre irrigué et optimise la disponibilité de l'eau pour les cultures.

VII. ETUDE FINANCIÈRE

VII.1 Devis estimatif et quantitatif

L'estimation financière de la réhabilitation s'appuie sur la mercuriale des prix 2025 et sur les coûts réels de chantiers similaires. Les montants calculés comprennent les fournitures, la main-d'œuvre et le coût des prestations de services. Chaque poste de dépenses résulte du croisement direct entre les métrés relevés sur le terrain et les tarifs unitaires réglementaires.

Le budget global nécessaire à la remise en état complète s'élève à **2 129 652 583 FCFA TTC**. Ce montant intègre la reconstruction des infrastructures de protection ainsi que des pistes d'accès. Le ratio moyen est donc de **6 084 721 FCFA** par hectare. Ce coût unitaire reste inférieur aux investissements moyens constatés au Burkina Faso pour des aménagements rizicoles de grande envergure, qui se situent autour de 8 000 000 FCFA/ha (FAIVRE DUPAIGRE et al., 2006, p. 192).

VII.2 Rentabilité économique

La rentabilité des aménagements est mesurée par des indicateurs économiques et financiers dont les plus utilisés sont le Taux de Rentabilité Interne Économique (TRIE), le Taux de Rentabilité Interne Financier (TRIF) et la Valeur Actuelle Nette (VAN).

Tableau XIV: Rentabilité

Données		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Durée de vie	an	15
Taux d'actualisation	%	8
Recette agricole annuelle	FCFA	1 024 887 500
Coût d'investissement	FCFA	2 129 652 583
Coût par hectare	FCFA	6 084 721
Amortissement annuelle	FCFA	141 976 839
Charge d'exploitation annuelle	FCFA	173 332 486
Résultat avant amortissement	FCFA	851 555 014
Résultat Net	FCFA	709 578 175
Valeur Actuelle Nette (VAN)	FCFA	3 943 966 681
Seuil de rentabilité	an	3

Le projet présente une VAN positive, un résultat net annuel élevé et un délai de récupération inférieur à 5 ans, il est donc économique et financièrement rentable.

VIII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIAL

La loi N°006-2013/AN du 02 avril 2013 portant Code de l'Environnement au Burkina Faso impose l'évaluation environnementale comme un outil décisionnel majeur. À ce titre, ses articles 25 à 30 prescrivent l'Étude d'Impact sur l'Environnement (EIE) et la Notice d'Impact sur l'Environnement (NIE) pour intégrer la sauvegarde écologique dans les plans de développement.

Le décret d'application N°2015-1187 du 21 octobre 2015 précise ces exigences en classant l'ensemble des travaux en trois catégories distinctes dénommées A, B et C. En se référant précisément à l'annexe 1 de ce texte réglementaire, les aménagements prévus s'inscrivent dans la catégorie A du secteur de l'eau. Cette classification rend ainsi obligatoire la réalisation d'une Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) complète avant toute exécution

Comme tout projet de réhabilitation d'infrastructures hydrauliques, les travaux peuvent générer des impacts environnementaux et sociaux temporaires ou permanents. Ces impacts concernent notamment les sols, les eaux, la végétation, la santé et la sécurité des travailleurs, ainsi que les moyens d'existence des populations riveraines et des exploitants agricoles. La présente étude a pour objectif d'identifier les principaux impacts potentiels du projet ; de proposer des mesures d'atténuation et de bonification.

VIII.1 Méthodologie

La démarche retenue s'appuie sur une analyse qualitative des activités prévues et des récepteurs potentiellement affectés. Elle s'articule en quatre étapes : identification des sources d'impact, analyse des impacts par phase, définition des mesures de mitigation et proposition d'un plan de suivi.

Les impacts ont été examinés selon trois dimensions : le milieu physique qui englobe les sols, les eaux, l'air et la topographie locale ; le milieu biologique couvre la végétation et la faune associée aux abords du périmètre ; le milieu socioéconomique qui regroupe les exploitants agricoles, les ménages riverains, les acteurs économiques dépendants de la production et les travailleurs amenés à intervenir sur le chantier.

VIII.2 Evaluation des impacts et des mesures d'atténuation

L'évaluation des impacts sera réalisée selon la méthode de la matrice de Fectau, en appliquant trois critères d'évaluation (voir Tableau XV).

Tableau XV: Matrice de Fectau

Critère	Catégorie	Description
Portée ou influence spatiale de l'impact	Ponctuelle	Au niveau du site du projet
	Locale	A moins de 10 km du site du projet
	Régionale	A plus de 10 km du site du projet
Intensité des impacts	Faible	Effets mineurs n'affectant pas les fonctions naturelles de l'écosystème ou impact légèrement positif ou négatif sur les conditions socio-économiques de base
	Moyenne	Altération négative modérée des fonctions naturelles de l'écosystème ou impact légèrement positif ou négatif sur les conditions socio-économiques de base
	Forte	Altération importante des fonctions naturelles de l'écosystème ou impact légèrement positif ou négatif sur les conditions socio-économiques de base
Durée des impacts	Court terme	Inférieur à 1 an
	Moyen terme	1 à 10 ans
	Long terme	Supérieur à 10 ans
Critères d'importance	Majeur	Dommages irréparables sur les systèmes écologiques. Dégradation des milieux récepteurs ou impact très positif sur l'environnement socio-économique.
	Modéré	Dommages réparables sur les systèmes écologiques. Dégradation partielle des milieux récepteurs ou impact relativement positif sur l'environnement socio-économique.
	Mineur	Dommages observés sans toutefois affecter les milieux récepteurs ou impact mineur sur l'environnement socio-économique.

Les résultats de l'identification et de l'évaluation des impacts positif et négatifs sont renseignée respectivement en Annexe.

Afin de limiter les effets négatifs associés à la mise en œuvre du projet, des mesures correctives et préventives ont été proposées. Ces actions visent à anticiper les impacts, à réduire leur intensité et à promouvoir un développement davantage respectueux de l'environnement et des communautés locales.

CONCLUSION

Le présent travail avait pour objectif de produire un dossier technique complet pour la réhabilitation du périmètre irrigué gravitaire de Karfiguéla. L'auscultation des ouvrages, les essais d'infiltration au double anneau de Muntz et le les enquêtes ont révélé une dégradation physique et hydraulique critique : béton fissuré ou inexistant sur l'ensemble des biefs secondaires et tertiaires, réseau de drainage obstrué et détourné, cavaliers affaissés et pistes impraticables en hivernage. Le calage altimétrique d'origine ne permettant plus de dominer la totalité des parcelles, l'option de reconstruction totale avec redimensionnement intégral a été retenue.

L'étude hydrologique a fixé la pluie journalière décennale à 105 mm et l'ETP interannuelle à 1 975,1 mm. Les lâchers de la SN-SOSUCO ne couvrent que 46,55 % des besoins en saison sèche ; l'appoint de la retenue porterait la couverture à 73,43 %, laissant un déficit résiduel de 26,57 % à sécuriser par exploitation des eaux souterraines.

Les besoins en eau de la campagne sèche élèvent à 8 085 207 m³/an. Le débit de pointe dimensionnant ressort à 11 l/s/ha, associé à un tour d'eau de 2 jours, une main d'eau de 30 l/s et un quartier hydraulique de 2,5 ha pour 12 heures d'arrosage. Le réseau, dimensionné par Manning-Strickler (Ks = 70 $m^{1/3}/s$, sections trapézoïdales bétonnées, fruit 1/1), comprend un canal primaire de 1 654 m (radier 145 cm, hauteur 140 cm), quatre canaux secondaires totalisant 7 040 m et 37 canaux tertiaires sur 16 325 m. Le drainage est calé sur 1,81 l/s/ha (Ks = 30 $m^{1/3}/s$), complété par des pistes de 6 m et des digues de protection calées sur la crue décennale (hauteur 1,50 m, crête 6 m, talus 1/2).

Le plan de gestion prévoit des échelles limnimétriques sur les quatre canaux secondaires et une réforme de l'UCEPAK visant 90 % de recouvrement des redevances en deux ans. Un protocole formalisé avec la SN-SOSUCO imposera un délai minimum de 48 heures pour toute modification des lâchers, sous arbitrage du CLE. Classé en catégorie A (décret n°2015-1187), le projet requiert une EIES complète ; l'évaluation par la matrice de Fectau conclut à des impacts maîtrisables sous PGES avec suivi rigoureux. L'investissement global est chiffré à 2 129 652 583FCFA TTC, soit 6 084 721 FCFA/ha, hors construction du barrage, avec un délai de retour sur investissement inférieur à 5 ans. Trois conditions conditionnent la pérennité du système : étude hydrogéologique pour quantifier le potentiel des nappes destinées à combler le déficit résiduel de 26,57 %, évaluation de variétés de riz à cycle court mieux adaptées à la contre-saison chaude, et déploiement de capteurs limnigraphiques couplés à une gestion numérique des débits pour renforcer la réactivité de l'UCEPAK face à la variabilité climatique croissante.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Réhabilitation du réseau

Le diagnostic montre clairement qu'une réhabilitation importante du réseau d'irrigation est nécessaire. Une remise en état complète des 350 ha du périmètre est indispensable pour garantir une bonne durabilité hydraulique.

Amélioration de la gestion de l'eau

Mettre à la disposition du périmètre un cahier des charges est une priorité. Ce cahier doit fixer les règles d'utilisation des vannes, le tour d'eau par bloc, les obligations d'entretien courant et les sanctions en cas de non-respect. La formation des aiguadiers à la gestion des débits est aussi nécessaire pour limiter les débordements et les conflits d'usage.

Protection des berges et lutte contre les prélèvements illicites

La présence de maraîchers constitue un facteur aggravant de dégradation hydraulique (siphonages, ensablement, pollution). Une étude d'inventaire des usagers informels, associée à une délimitation et un balisage de la bande de servitude est recommandée.

Renforcement des capacités institutionnelles

Le renforcement des coopératives membres de l'UCEPAK (SCOOPS) est un levier essentiel de durabilité. Cela passe par l'appui à leur réorganisation, la facilitation de l'accès aux intrants et aux équipements de mécanisation (batteuses, décortiqueuses) et la réhabilitation des locaux de l'UCEPAK (salle de réunion, logements et cuisines dégradés).

BIBLIOGRAPHIE

Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso (ANAM-BF). (2024). https://meteoburkina.bf/

Ballo, K. (2010). *evaluation des performances du perimetre irrigue de karfiguela*.

FAO. (2020). *La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2020. Relever le défi de l'eau dans l'agriculture*. FAO. https://doi.org/10.4060/cb1447fr

FAO 54. (1996). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO 56. (s. d.).

Guide office Niger. (2014).

INSD.(2025).https://www.insd.bf/sites/default/files/2026-01/Annuaire%20statistique%20national%202024%20VF-31-12-2025.pdf

Julien cour. (2009). *Gestion des eaux du bassin de la Haute Comoé (Burkina-Faso)*.

Loye, A., Jaboyedoff, M., & Pedrazzini, A. (2009). Identification of potential rockfall source areas at a regional scale using a DEM-based geomorphometric analysis. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *9*(5), 1643-1653. https://doi.org/10.5194/nhess-9-1643-2009

MAAH. (2015). *plan national d'adaptation aux changements climatiques (pna) du burkina faso (2024-2028)*.

marah. (2023). *organigramme dgadi*.

Fournier, F. (1960). Climat et érosion : la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. Presses Universitaires de France, Paris.

Gombert, P. (1998). [à compléter : titre exact — synthèse régionale des forages du bassin de Taoudéni, versant Burkina Faso

MAAH — Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-agricoles. (2015). Plan national d'adaptation aux changements climatiques (PNA) du Burkina Faso.

Ouedraogo, [prénom]. (2008). géologie régionale

Ouédraogo Julien (Cour, J.). (2009). Gestion des eaux du bassin de la Haute Comoé (Burkina Faso).

ANNEXES

Annexe 1: Paramètres hydrologique du Bassin versant jouxtant 1 II
Annexe 2: Paramètres hydrologique du Bassin versant jouxtant 2 VII
Annexe 3: Paramètres hydrologique du Bassin versant de la retenue d'eau XII
Annexe 4: Perte d'eau par évaporation XII
Annexe 5: Perte d'eau par dépôt solide XIII
Annexe 6: Récapitulatif des pertes XIII
Annexe 7: Capité de la retenu d'eau XIII
Annexe 8: Courbe hauteur volume de la retenue d'eau XIV
Annexe 9: Récapitulatif des besoins XIV
Annexe 10: Disponibilité de la ressource XIV
Annexe 11: Etude pédologique XV
Annexe 12: Calendrier d'irrigation XVI
Annexe 13: Débits des canaux XVI
Annexe 14: Débit véhiculé par les drains XVII
Annexe 15: Section hydrauliquement favorable XIX
Annexe 16: Essais d'infiltration XXI
Annexe 17: calcul des besoins en eau du riz en saison hivernale XXII
Annexe 18: calcul des besoins en eau du blé en contre saison froide XXIII
Annexe 19: calcul des besoins en eau du riz en contre saison chaude XXIV
Annexe 20: Calendrier Cultural XXVI
Annexe 21: Calages des canaux tertiaires XXVII
Annexe 22: Devis quantitatif et estimatif XLIX
Annexe 23: Charges d'exploitation du Riz LII
Annexe 24: Charges d'exploitation du blé LIII
Annexe 25: Rentabilité des cultures LIV
Annexe 26: Evaluation des impacts positifs LV
Annexe 27: Evaluation des impacts négatifs LVI
Annexe 28: Mesures d'atténuations LVIII
Annexe 29: Etat des lieux LX
Annexe 30: Les ouvrages existants LXII
Annexe 31: Plans LXIV

Annexe 1: Paramètres hydrologique du Bassin versant jouxtant 1

Paramètre	Formule	Symbole	Valeur	Unité
Périmètre	-	P =	30,03	km
Superficie	-	S =	25,55	km²
Longueur du cours d'eau principal	-	Le =	10,48	km
Longueur totale des cours d'eau	-	LTe =	24,77	197
Pente transversale	-	It =	12,10	m/km
Indice de compacité	$Ic = 0{,}282xP/S^{1/2}$	Ic =	1,68	-
Longueur du rectangle équivalent	$Leq = S^{1/2}x(Ic/1{,}128)x(1+(1-(1.128/Ic)2)^{0,5})$	Leq =	13,06	km
Largeur du rectangle équivalent	leq = S/Leq	leq =	1,96	km
Longueur du thalweg		Lt =	10,48	km
Altitude maximale		Zmax =	461,00	m
Altitude minimale		Zmin =	275	m
Altitude à 5% de surface		$Z_{5\%}$ =	429,10	m
Altitude à 95% de surface		Z95% =	282,73	m
Altitude moyenne	Zmoy = (Zmax+Zmin)/2	Zmoy =	368	m
Altitude médiane	Zmed = Z50%	Z_{med} =	300,89	m
Indice globale de pente	$Ig = (Z_{5\%}-Z_{95\%})/Leq$	Ig =	11,80	m/km
Correction de Ig				

Valeur de "n" si	Leq < 5km	n =	2	
	5km < Leq < 25km		3	
	25km < Leq < 50km		4	
	Leq > 50km		5	
Indice globale de pente corrigé	$Ig_{corr} = [(n-1)xIg+It]/n$	Ig_{corr} =	11,90	m/km
Indice globale de pente retenu	$Ig_{ret} = Ig_{corr}$ si (It-Ig)/It > 20%, sinon $Ig_{ret} = Ig$	Ig_{ret} =	11,80	m/km
Dénivelé spécifique	$Ds = IgxS^{1/2}$	Ds =	59,7	m
Densité de drainage	Dd = Lt/S	Dd =	0,41	km/km²
Type de relief	Si Ds < 50m ==> relief faible	Relief Modéré		
	Si 50m< Ds < 100m ==> relief modéré			
	Si Ds > 100m ==> relief fort			
Type de réseau hydrographique		Dendritique		

Paramètre	Formule	Symbole	Valeur	Unité
Classe de relief		R =	3	
Infiltrabilité		I =	RI	
Pluie décennale humide		P10 =	105	mm
Pluie centennale humide		P100 =	154,00	mm
Pluie moyenne annuelle		Pmoy =	1100	mm

Type de climat		Tropical Sec		
Coefficient majorateur		m =	1,05	
Coefficient d'abattement	A = 1-[(161-0,042xPmoy)/1000]xLog(S)	A =	0,84	
Coefficient de pointe correspondant à la crue décennale		Alpha10 =	2,6	
Calcul du coefficient de ruissellement décennal				
	pour Ig1 on a:	Ig1 =	7,00	m/km
	Kr70 = 200/(20 + S)+18,5	Kr70 =	22,89	%
	Kr100 = 240/(30 + S) + 22	Kr100 =	26,32	%
	pour Ig2 on a:	Ig2 =	15,00	m/km
	Kr70 = 250/(20 + S)+21,7	Kr70 =	27,19	%
	Kr100 = 325/(30 + S) + 26	Kr100 =	31,85	%
	Pour Igret on aura par interpolation linéaire :	Igret =	11,80	m/km
	Kr70 calculé	Kr70cal =	25,47	%
	Kr100 calculé	Kr100cal =	29,64	%

Coefficient de ruissellement décennal	Kr10 = Kr70+((Kr100-Kr70)*(P10-70)/(100-70))	Kr10 =	30,34	%
Calcul du temps de base				
	pour Ig1 on a:	Ig1 =	10,00	m/km
	Tb2 = 95xS^0,36+80	Tb1 =	385,04	mn
	pour Ig2 on a:	Ig2 =	15,00	m/km
	Tb2 = 75xS^0,36+55	Tb2 =	295,82	mn
	Pour Igret on aura par interpolation linéaire :	Igret =	11,80	m/km
	Tb10 = Tb1+((Tb2-Tb1)*(Igret-Ig1)/(Ig2-Ig1))	Tb10 =	352,89	mn
			21173,41	s
Calcul du temps de montée				
	pour Ig1 on a:	Ig1 =		m/km
		Tm =		mn
	pour Ig2 on a:	Ig2 =		m/km
		Tm =		mn
	Pour Igret on aura : Tm = 0,33xTb	Igret =	11,80	m/km
		Tmcal =	116,45	mn
			1,94	h
Calcul de crue				

Méthode ORSTOM (1992)				
Crue décennale maximale	Qmax10 = AxAlpha10xP10xKr10xS/Tb	Qmax10 =	83,77	m3/s
	C = 1+((P100-P10)*((Tb/144)^0,12)/(P10*Kr10)	C =	2,71	
Crue centennale maximale	Qmax100 = CxQmax10	Qmax100 =	227,29	
Méthode CIEH (1994)				
Crue décennale maximale	(25) Qmax10 = 1,41xS^0,542xKr10^0,511	Qmax10 =	46,69	
	(27) Qmax10 =0,560 xS^0,619xKr10^0,510xIgcor^0,279		37,16	
	(39) Qmax10 = 0,410xS^0,425xKr10^0,923	Qmax10 =	37,91	
	(40) Qmax10 =0,254 xS^0,462xKr10^0,976xIgcor^0,101		40,71	
		Qmoy =	40,62	
		C =	2,71	
Crue centennale maximale	Qmax100 = CxQmax10	Qmax100 =	110,20	
Crue de projet retenue (Décennale)		Qprojet =		87,96

Annexe 2: Paramètres hydrologique du Bassin versant jouxtant 2

Paramètre	Formule	Symbole	Valeur	Unité
Périmètre	-	P =	9,22	km
Superficie	-	S =	2,62	km²
Longueur du cours d'eau principal	-	Le =	1,07	km
Longueur totale des cours d'eau	-	LTe =	1,07	km
Pente transversale	-	It =	5,62	m/km
Indice de compacité	$Ic = 0,282xP/S^{1/2}$	Ic =	1,61	-
Longueur du rectangle équivalent	$Leq = S^{1/2}x(Ic /1,128)x(1+(1-(1.128/Ic)2)^{0,5})$	Leq =	3,94	km
Largeur du rectangle équivalent	leq = S/Leq	leq =	0,66	km
Longueur du thalweg		Lt =	1,07	km
Altitude maximale		Zmax =	307,00	m
Altitude minimale		Zmin =	275	m
Altitude à 5% de surface		$Z_{5\%}$ =	299,25	m
Altitude à 95% de surface		Z95% =	286,79	m
Altitude moyenne	Zmoy = (Zmax+Zmin)/2	Zmoy =	291	m

Altitude médiane	Zmed = Z50%	Z_{med} =	290,29	m
Indice globale de pente	Ig = ($Z_{5\%}$-$Z_{95\%}$)/Leq	Ig =	6,15	m/km
Correction de Ig				
Valeur de "n" si	Leq < 5km	n =	2	
	5km < Leq < 25km		3	
	25km < Leq < 50km		4	
	Leq > 50km		5	
Indice globale de pente corrigé	Ig_{corr} = [(n-1)xIg+It]/n	Ig_{corr} =	5,88	m/km
Indice globale de pente retenu	Ig_{ret} = Ig_{corr} si (It-Ig)/It > 20%, sinon Ig_{ret} = Ig	Ig_{ret} =	6,15	m/km
Dénivelé spécifique	Ds = IgxS$^{1/2}$	Ds =	10,0	m
Densité de drainage	Dd = Lt/S	Dd =	0,41	km/km²
Type de relief	Si Ds < 50m ==> relief faible	Relief faible		
	Si 50m< Ds < 100m ==> relief modéré			
	Si Ds > 100m ==> relief fort			
Type de réseau hydrographique		Dendritique		

Paramètre	Formule	Symbole	Valeur	Unité
Classe de relief		R =	3	
Infiltrabilité		I =	RI	
Pluie décennale humide		P10 =	105	mm
Pluie centennale humide		P100 =	154,00	mm
Pluie moyenne annuelle		Pmoy =	1100	mm
Type de climat		Tropical Sec		
Coefficient majorateur		m =	1,05	
Coefficient d'abattement	A = 1-[(161-0,042xPmoy)/1000]xLog(S)	A =	0,95	
Coefficient de pointe correspondant à la crue décennale		Alpha10 =	2,6	
Calcul du coefficient de ruissellement décennal				
	pour Ig1 on a:	Ig1 =	3,00	m/km
	Kr70 = 150/(20 + S)+15	Kr70 =	21,63	%
	Kr100 = 200/(30 + S) + 17	Kr100 =	23,13	%
	pour Ig1 on a:	Ig1 =	7,00	m/km
	Kr70 = 200/(20 + S)+18,5	Kr70 =	27,34	%
	Kr100 = 240/(30 + S) + 22	Kr100 =	29,36	%

	Pour Igret on aura par interpolation linéaire :	Igret =	6,15	m/km
	Kr70 calculé	Kr70cal =	26,13	%
	Kr100 calculé	Kr100cal =	28,03	%
Coefficient de ruissellement décennal	Kr10 = Kr70+((Kr100-Kr70)*(P10-70)/(100-70))	Kr10 =	28,35	%
Calcul du temps de base				
	pour Ig1 on a:	Ig1 =	3,00	m/km
	Tb2 = 325xS^0,36+315	Tb1 =	774,70	mn
	pour Ig2 on a:	Ig2 =	7,00	m/km
	Tb2 = 163xS^0,36+142	Tb2 =	372,56	mn
	Pour Igret on aura par interpolation linéaire :	Igret =	6,15	m/km
	Tb10 = Tb1+((Tb2-Tb1)*(Igret-Ig1)/(Ig2-Ig1))	Tb10 =	458,04	mn
			27482,59	s
Calcul du temps de montée				
	pour Ig1 on a:	Ig1 =		m/km
		Tm =		mn
	pour Ig2 on a:	Ig2 =		m/km
		Tm =		mn

	Pour Igret on aura : Tm = 0,33xTb	Igret =	6,15	m/km
		Tmcal =	151,15	mn
			2,52	h
Calcul de crue				
Méthode ORSTOM (1992)				
Crue décennale maximale	Qmax10 = AxAlpha10xP10xKr10xS/Tb	Qmax10 =	7,02	m3/s
	C = 1+((P100-P10)*((Tb/144)^0,12)/(P10*Kr10)	C =	2,89	
Crue centennale maximale	Qmax100 = CxQmax10	Qmax100 =	20,31	
Méthode CIEH (1994)				
Crue décennale maximale	(25) Qmax10 = 1,41xS^0,542xKr10^0,511	Qmax10 =	13,13	
	(27) Qmax10 =0,560 xS^0,619xKr10^0,510xIgcor^0,279		8,77	
	(39) Qmax10 = 0,410xS^0,425xKr10^0,923	Qmax10 =	13,53	
	(40) Qmax10 =0,254 xS^0,462xKr10^0,976xIgcor^0,101		12,46	
		Qmoy =	11,97	
		C =	2,89	
Crue centennale maximale	Qmax100 = CxQmax10	Qmax100 =	34,61	

Crue de projet retenue (Décennale)		Qprojet =		12,57

Annexe 3: Paramètres hydrologique du Bassin versant de la retenue d'eau

Récurrences	**Coefficient (%)**	**Superficie (km^2)**	**Pluie (mm)**	**Volume (m^3)**
Centennale humide	8,7	128,21	1607	17 924 911,89
Cinquantennale humide	8,7	128,21	1547	17 255 655,69
Décennale humide	8,7	128,21	1377	15 359 429,79
Quinquennale humide	8,7	128,21	1280	14 277 465,60
Moyenne	8,7	128,21	1100	12 269 697,00
Quinquennale sèche	8,7	128,21	909	10 139 231,43
Décennale sèche	8,7	128,21	812	9 057 267,24
Cinquantennale sèche	8,7	128,21	642	7 161 041,34
Centennale sèche	8,7	128,21	582	6 491 785,14

Annexe 4: Perte d'eau par évaporation

Mois	**Evaporation Mensuelle (mm)**	**Pluviométrie estimée (mm)**	**Perte par évaporation (mm)**	**perte par évaporation (m3)**
Janv.	197,42	0,00	197,42	123 782,00
Fév.	187,09	0,00	187,09	117 305,00
Mars	199,54	16,50	183,04	114 766,00
Avril	185,29	57,50	127,79	80 124,00
Mai	178,18	104,00	74,18	46 511,00
Juin	153,77	139,00	14,77	9 261,00
Juillet	145,87	184,00	0,00	0,00

Août	141,28	256,60	0,00	0,00
Sept.	147,29	188,50	0,00	0,00
Oct.	170,95	65,00	105,95	66 431,00
Nov.	176,49	10,00	166,49	104 389,00
Déc.	189,30	0,00	189,30	118 671,00
Total annuel	-	-	1 246,02	**781 240,00**

Annexe 5: Perte d'eau par dépôt solide

Récurrences	**Pluviométrie (mm)**	**Dégradation Spécifique m3/km2/an**			**Volume (m3/an)**
		GRESILLON	GOTTSCHALK	MOYENNE	
Moyenne	1100,00	74,27	156,3226276	115,30	14782,18

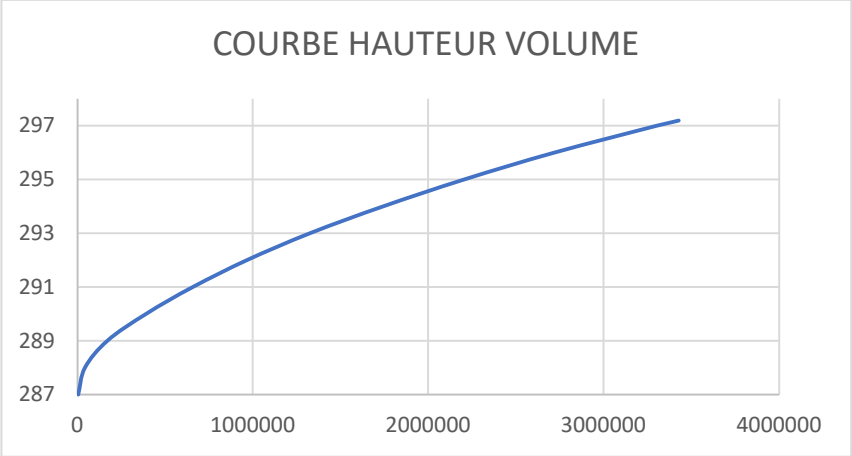
Annexe 6: Récapitulatif des pertes

Perte annuel	**Unité**	**Valeur**
Infiltration	mm	730,00
Infiltration	m^3	457 710,00
Evaporation	mm	1 246,02
Evaporation	m^3	781 240,00
Dépôt solide	m^3	14 782,18
Total	m^3	**1 253 732,18**

Annexe 7: Capité de la retenu d'eau

Désignation	**Unité**	**Valeur**
Volume au PEN	m^3	3 427 245,90
Pertes	m^3	1 253 732,18
Total	m^3	**2 173 513,72**

Annexe 8: Courbe hauteur volume de la retenue d'eau



Annexe 9: Récapitulatif des besoins

Campagne-Culture	**Période**	**Besoins brut mensuel (m3/ha)**	**Besoin brut cycle (m3/ha)**	**Besoin brut cycle (m3)**
Saison Hivernale-Riz	Juin	2705,6	5660,9	1981318,5
	Juillet	2074,0		
	Août	457,9		
	Septembre	1343,1		
Contre Saison froide-Blé	Nov.	3115,2	7905,73	2767005,5
	Dec.	3185,3		
	Jan.	1605,3		
Contre Saison chaude-Riz	Fevrier	6147,0	15194,86	5318201,0
	Mars	5044,5		
	Avril	3968,7		
	Mais	149,6		

Annexe 10: Disponibilité de la ressource

Désignation	**Unité**	**Valeur**
Début	-	01/10/2026
Fin	-	31/05/2027
Nombre de jour de la contre saison	j	242
Durée d'irrigation en contre saison	j	138,2857143

Nombre d'heure d'irrigation par jour	h	3318,857143
Débit Primaire	m3/h	1134
Volume d'irrigation/ lâchers	m3	3763584
Besoins en eau en contre saison	m3	8085206,5
Taux de satisfaction lâchers	%	46,55
Volume de la retenue	m3	2 173 513,72
Volume barrage +Lachers	m3	5 937 097,72
Taux de satisfaction Barrage + Lâchers	%	73,43

Annexe 11: Etude pédologique

Texture du sol	**Points**	**Ksat (mm/h)**	**Hpf (%)**	**Hcr (%)**	**Densité apparente da [g/cm3]**	**RFU (mm)/Riz**	**RFU (mm)/Blé**
Limono-sableux	P1	65,4	8	14,2	1,47	**37,5084**	**56,2626**
	P2	61,79	8,6	14,2	1,48		
	P3	39,69	10,3	18,3	1,59		
	P4	39,7	10,3	18,1	1,49		
	Moyenne	**51,65**	**9,3**	**16,2**	**1,51**		
Limono-argilo-sableux	P5	17,79	11,5	28,7	1,4	**54,243**	**97,6374**
	P6	19,73	14,4	21,8	1,53		
	Moyenne	**18,76**	**12,95**	**25,25**	**1,47**		
Argileux	P7	6,11	19,4	30	1,49	**48,0525**	**86,4945**
	P8	7,82	18,2	29,1	1,49		
	Moyenne	**6,97**	**18,8**	**29,55**	**1,49**		

Annexe 12: Calendrier d'irrigation

Irrigation du riz en période de pointe de contre saison chaude							
Conduites Primaire	**Conduites tertiaires**	**Tertiaires**	**Quartiers hydrauliques**	**Durée d'irrigation (hr)**	**Temps d'irrigation**	**Jours**	**Temps d'irrigation en mn**
	Numero		**Superficie (ha)**				
CP1	**CS1**	CT1-1	15	12,00	06h00-18h00	Jour 1	720
		CT1-2	15	12,00	06h00-18h00		720
		CT1-3	15	12,00	06h00-18h00		720
		CT1-4	12	12,00	06h00-18h00		720
		CT1-5	6,5	12,00	06h00-18h00		720
	CS2	CT2-1	15	12,00	06h00-18h00		720
		CT2-2	15	12,00	06h00-18h00		720
		CT2-3	15	12,00	06h00-18h00		720
		CT2-4	15	12,00	06h00-18h00		720
	CS3	CT3-1	10	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-2	10	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-3	10	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-4	10	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-5	10	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-6	6,1	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-7	10	12,00	06h00-18h00	Jour 2	720
		CT3-8	5,8	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-9	12,5	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-10	4,25	12,00	06h00-18h00		720
	CS4	CT3-1	3,25	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-2	9,35	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-3	12,25	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-4	12	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-5	10	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-6	12	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-7	13	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-8	13,5	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-9	10	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-10	3,4	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-11	5,5	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-12	7	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-13	7	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-14	6	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-15	5,2	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-16	6,1	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-17	4	12,00	06h00-18h00		720
		CT3-18	7	12,00	06h00-18h00		720

Annexe 13: Débits des canaux

Canaux secondaires	Canaux tertiaires	Longueur[m]	Nombre de quaternaires	Superficie desservie [ha]	Débit tertiare [l/s]	Débit secondaire [l/s]
CS1	CT1-1	613	6	15	165	698,5
	CT1-2	613	6	15	165	
	CT1-3	610	6	15	165	
	CT1-4	607	6	12	132	
	CT1-5	320	2	6,5	71,5	
CS2	CT2-1	605	6	15	165	660
	CT2-2	611	6	15	165	
	CT2-3	612	6	15	165	
	CT2-4	613	6	15	165	
CS3	CT3-1	411	4	10	110	975,15
	CT3-2	403	4	10	110	
	CT3-3	405	4	10	110	
	CT3-4	410	4	10	110	
	CT3-5	410	4	10	110	
	CT3-6	624	3	6,1	67,1	
	CT3-7	407	4	10	110	
	CT3-8	249	2	5,8	63,8	
	CT3-9	409	5	12,5	137,5	
	CT3-10	214	1	4,25	46,75	
CS4	CT4-1	373	2	3,25	35,75	1612,05
	CT4-2	297	4	9,35	102,85	
	CT4-3	478	5	12,25	134,75	
	CT4-4	521	5	12	132	
	CT4-5	472	4	10	110	
	CT4-6	426	4	12	132	
	CT4-7	515	6	13	143	
	CT4-8	585	6	13,5	148,5	
	CT4-9	503	5	10	110	
	CT4-10	339	3	3,4	37,4	
	CT4-11	265	3	5,5	60,5	
	CT4-12	308	3	7	77	
	CT4-13	439	3	7	77	
	CT4-14	312	3	6	66	
	CT4-15	351	3	5,2	57,2	
	CT4-16	332	3	6,1	67,1	
	CT4-17	291	3	4	44	
	CT4-18	370	4	7	77	

Annexe 14: Débit véhiculé par les drains

Drains secondaires	Drains tertiaires	Superficie [ha]	Débit tertiaire [l/s]	Débit secondaire [l/s]
DS1	DT1-1	15	27,13	114,84
	DT1-2	15	27,13	
	DT1-3	15	27,13	
	DT1-4	12	21,70	
	DT1-5	6,5	11,75	
DS2	DT2-1	15	27,13	108,51
	DT2-2	15	27,13	
	DT2-3	15	27,13	
	DT2-4	15	27,13	
DS3	DT3-1	10	18,08	160,32
	DT3-2	10	18,08	
	DT3-3	10	18,08	
	DT3-4	10	18,08	
	DT3-5	10	18,08	
	DT3-6	6,1	11,03	
	DT3-7	10	18,08	
	DT3-8	5,8	10,49	
	DT3-9	12,5	22,61	
	DT3-10	4,25	7,69	
S4	DT4-1	3,25	5,88	265,03
	DT4-2	9,35	16,91	
	DT4-3	12,25	22,15	
	DT4-4	12	21,70	
	DT4-5	10	18,08	
	DT4-6	12	21,70	
	DT4-7	13	23,51	
	DT4-8	13,5	24,41	
	DT4-9	10	18,08	
	DT4-10	3,4	6,15	
	DT4-11	5,5	9,95	
	DT4-12	7	12,66	
	DT4-13	7	12,66	
	DT4-14	6	10,85	
	DT4-15	5,2	9,40	
	DT4-16	6,1	11,03	
	DT4-17	4	7,23	
	DT4-18	7	12,66	

Annexe 15: Section hydrauliquement favorable

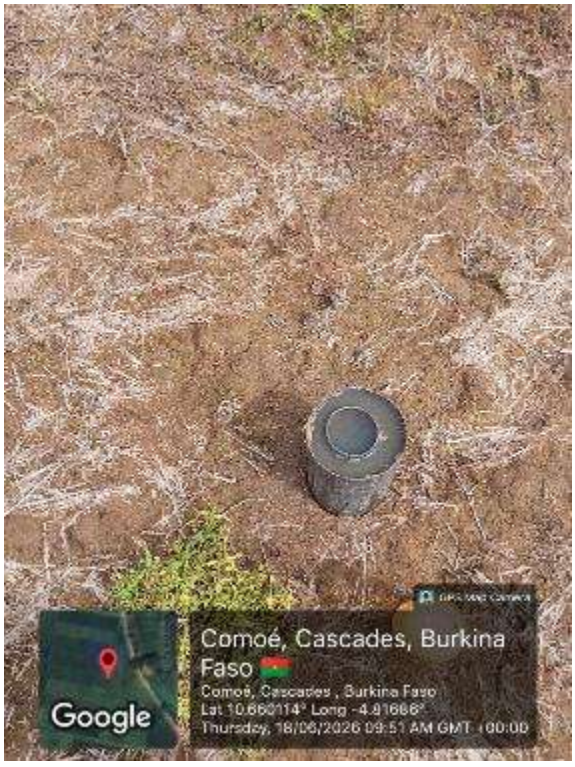
Canaux tertiaires	Longueur[m]	Superficie desservie [ha]	Débit tertiaire [l/s]	Débit tertiaire [m3/s]	i [m]	Lame d'eau [m]	Largeur [m]
CT1-1	613	15	165	0,165	0,001	0,36	0,30
CT1-2	613	15	165	0,165	0,001	0,36	0,30
CT1-3	610	15	165	0,165	0,001	0,36	0,30
CT1-4	607	12	132	0,132	0,001	0,33	0,27
CT1-5	320	6,5	71,5	0,0715	0,001	0,26	0,22
CT2-1	605	15	165	0,165	0,001	0,36	0,30
CT2-2	611	15	165	0,165	0,001	0,36	0,30
CT2-3	612	15	165	0,165	0,001	0,36	0,30
CT2-4	613	15	165	0,165	0,001	0,36	0,30
CT3-1	411	10	110	0,11	0,001	0,31	0,25
CT3-2	403	10	110	0,11	0,001	0,31	0,25
CT3-3	405	10	110	0,11	0,001	0,31	0,25
CT3-4	410	10	110	0,11	0,001	0,31	0,25
CT3-5	410	10	110	0,11	0,001	0,31	0,25
CT3-6	624	6,1	67,1	0,0671	0,001	0,26	0,21
CT3-7	407	10	110	0,11	0,001	0,31	0,25
CT3-8	249	5,8	63,8	0,0638	0,001	0,25	0,21
CT3-9	409	12,5	137,5	0,1375	0,001	0,33	0,28
CT3-10	214	4,25	46,75	0,04675	0,001	0,22	0,18
CT4-1	373	3,25	35,75	0,03575	0,001	0,20	0,17
CT4-2	297	9,35	102,85	0,10285	0,001	0,30	0,25
CT4-3	478	12,25	134,75	0,13475	0,001	0,33	0,28
CT4-4	521	12	132	0,132	0,001	0,33	0,27
CT4-5	472	10	110	0,11	0,001	0,31	0,25
CT4-6	426	12	132	0,132	0,001	0,33	0,27
CT4-7	515	13	143	0,143	0,001	0,34	0,28
CT4-8	585	13,5	148,5	0,1485	0,001	0,34	0,29
CT4-9	503	10	110	0,11	0,001	0,31	0,25
CT4-10	339	3,4	37,4	0,0374	0,001	0,21	0,17
CT4-11	265	5,5	60,5	0,0605	0,001	0,25	0,20
CT4-12	308	7	77	0,077	0,001	0,27	0,22
CT4-13	439	7	77	0,077	0,001	0,27	0,22
CT4-14	312	6	66	0,066	0,001	0,25	0,21
CT4-15	351	5,2	57,2	0,0572	0,001	0,24	0,20
CT4-16	332	6,1	67,1	0,0671	0,001	0,26	0,21
CT4-17	291	4	44	0,044	0,001	0,22	0,18
CT4-18	370	7	77	0,077	0,001	0,27	0,22

Canaux	Longueur[m]	Tertiaires desservies	Superficie desservie [ha]	Débit secondaire [m3/s]	i [m]	Lame d'eau [m]	Largeur [m]
CS1	792	T1-1 à T1-5	63,5	0,699	0,001	0,62	0,51
CS2	797	T2-1 à T2-4	60	0,660	0,001	0,60	0,50
CS3-1	1568	T3-1 à T3-3	88,65	0,975	0,001	0,70	0,58
CS3-2	1568	T3-4 à T3-6	58,65	0,645	0,001	0,60	0,49
CS3-3	1568	T3-7 à T3-10	32,55	0,358	0,001	0,48	0,40
CS4-1	3883	T4-1 à T4-4	146,55	1,612	0,001	0,84	0,70
CS4-2	3883	T4-5 à T4-8	109,7	1,207	0,001	0,76	0,63
CS4-3	3883	T4-9 à T4-14	61,2	0,673	0,001	0,61	0,50
CS4-4	3883	T4-15 à T4-18	22,3	0,245	0,001	0,42	0,34
CP	1654	CS1 à CS4	449,9	1,973	0,001	0,91	0,75

Annexe 16: Essais d'infiltration









Annexe 17: calcul des besoins en eau du riz en saison hivernale

Phase de croissance	Préparation du sol et pépinière		Repiquage	Tallage-développement-épiaison-formation produits								Murissement
Mois	Juin		Juillet			Aout			Septembre			Octobre
Décade	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
ET0 (mm) en fin de période	45,37	45,37	40,67	40,67	44,73	37,15	37,15	40,87	40,87	40,87	40,87	51,23
Kc	0,00	0,00	1,20	1,15	1,15	1,15	1,10	1,10	1,10	1,08	1,04	0,00
ETM (mm) en fin de période	0,00	0,00	48,80	46,77	51,44	42,72	40,87	44,95	44,96	44,14	42,51	0,00
P (mm)	46,33	46,33	59,35	59,35	65,29	82,77	82,77	91,05	62,83	62,83	62,83	20,97
Pe (mm)	37,07	37,07	47,48	47,48	52,23	66,22	66,22	72,84	50,27	50,27	50,27	16,77
ETM-Pe (mm) en fin de période	-37,07	-37,07	1,32	-0,72	-0,79	-23,50	-25,35	-27,89	-5,31	-6,13	-7,76	-16,77
Humidification (mm)	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mise en boue (mm)	0,00	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lame d'eau (mm)	0,00	0,00	50,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00
Per (mm)	0,00	0,00	15,00	15,00	15,00	15,00	16,50	15,00	15,00	16,50	15,00	0,00
(ETM-Pe)+per (mm) en fin de période	-37,07	-37,07	16,32	14,28	14,21	-8,50	-8,85	-12,89	9,69	10,37	7,24	-16,77
BN	62,93	112,93	66,32	34,28	34,21	11,51	11,15	7,11	29,69	30,37	27,24	-16,77
Efficience globale	0,65											
Besoin brut en eau d'irrigation (mm)	96,82	173,74	102,02	52,74	52,63	17,70	17,15	10,94	45,68	46,73	41,91	-25,81
Besoin brut en eau d'irrigation (m3/ha)	968,21	1737,44	2074,00			457,92			1343,15			-258,06
Débit fictif continu (l/s/ha)	1,12	1,83	0,77			0,17			0,52			-0,27

Débit maximal de pointe (l/s/ha)	5,60	10,05	4,36	0,96	2,83	-0,75
Besoin brut en eau d'irrigation (m3)	16 943,59	1 964 374,62				
Besoin brut en eau d'irrigation total (m3)	1 981 318,21					
Besoin brut en eau d'irrigation total par hectare	5 660,91					

Annexe 18: calcul des besoins en eau du blé en contre saison froide

Phase de croissance	Initial		Develloppement	Mi-saison			Maturation	
Mois	Novembre			Décembre			Janvier	
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2
ET0 (mm) en fin de période	61,11	67,22	55,19	60,68	60,68	66,75	65,06	65,06
Kc	0,40	0,40	0,80	0,80	1,10	1,15	1,15	0,30
ETM (mm) en fin de période	24,44	26,89	44,15	48,54	66,75	76,76	74,82	19,52
P (mm)	3,33	3,33	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pe (mm)	2,67	2,67	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ETM-Pe (mm) en fin de période	21,78	24,22	41,49	48,54	66,75	76,76	74,82	19,52
Humidification (mm)	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Per (mm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
(ETM-Pe)+per (mm) en fin de période	26,78	29,22	46,49	53,54	71,75	81,76	79,82	24,52
BN	126,78	29,22	46,49	53,54	71,75	81,76	79,82	24,52
Efficience globale								
Besoin brut en eau d'irrigation (mm)	195,04	44,95	71,52	82,37	110,38	125,78	122,81	37,72

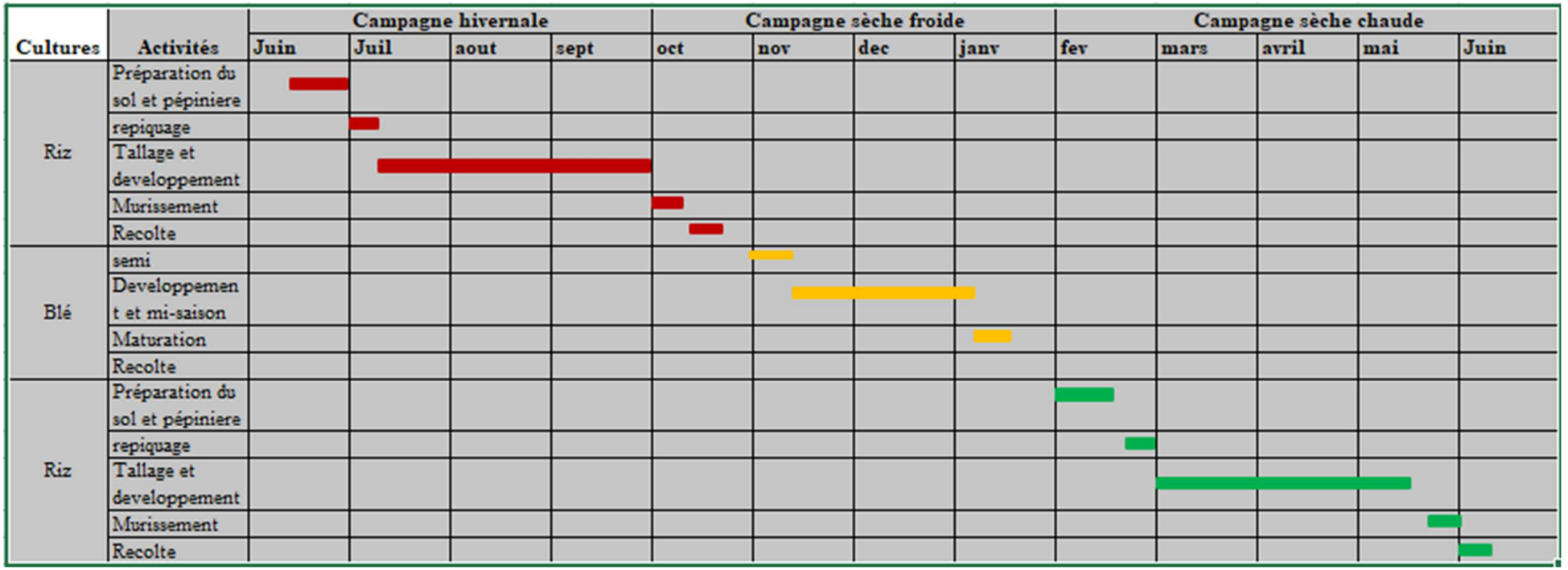
Besoin brut en eau d'irrigation (m3/ha)	3115,15	3185,29	1605,29
Débit fictif continu (l/s/ha)	1,20	1,19	0,93
Débit maximal de pointe (l/s/ha)	6,56	6,70	4,13
Besoin brut en eau d'irrigation total (m3)	2 767 005,33		
Besoin brut en eau d'irrigation total par hectare	7 905,73		

Annexe 19: calcul des besoins en eau du riz en contre saison chaude

Phase de croissance	Préparation du sol et pépinière		Repiquage	Tallage-développement-épiaison-formation produits								Murissement
Mois	Février			Mars			Avril			Mai		
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ET0 (mm) en fin de période	50,92	70,46	70,46	66,23	66,23	72,85	59,84	59,84	59,84	54,87	54,87	60,36
Kc	0,00	0,00	1,20	1,15	1,15	1,15	1,10	1,10	1,10	1,08	1,04	0,00
ETM (mm) en fin de période	0,00	0,00	84,56	76,16	76,16	83,78	65,82	65,82	65,82	59,26	57,07	0,00
P (mm)	0,00	0,00	0,00	5,32	5,32	5,85	19,17	19,17	19,17	33,55	33,55	0,00
Pe (mm)	0,00	0,00	0,00	4,26	4,26	4,68	15,33	15,33	15,33	26,84	26,84	36,90
ETM-Pe (mm) en fin de période	0,00	0,00	84,56	71,90	71,90	79,09	50,49	50,49	50,49	32,42	30,23	-36,90
Humidification (mm)	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mise en boue (mm)	0,00	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lame d'eau (mm)	0,00	0,00	50,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00
Per (mm)	0,00	0,00	15,00	15,00	15,00	15,00	16,50	15,00	15,00	16,50	15,00	0,00
(ETM-Pe)+per (mm) en fin de période	0,00	0,00	99,56	86,90	86,90	94,09	66,99	65,49	65,49	48,92	45,23	-36,90

BN	100,00	150,00	149,56	106,90	106,90	114,09	86,99	85,49	85,49	68,92	65,23	-36,90
Efficience globale	0,65											
Besoin brut en eau d'irrigation (mm)	153,85	230,77	230,09	164,46	164,46	175,53	133,83	131,52	131,52	106,03	100,35	-56,77
Besoin brut en eau d'irrigation (m3/ha)	1538,46	2307,69	2300,88	5044,54			3968,73			1496,09		
Débit fictif continu (l/s/ha)	1,78	2,67	2,66	1,95			1,53			0,58		
Débit maximal de pointe (l/s/ha)	7,12	10,68	10,65	8,34			²			2,47		
Besoin brut en eau d'irrigation (m3)	26 923,08	5 291 276,80										
Besoin brut en eau d'irrigation total (m3)	5 318 199,88											
Besoin brut en eau d'irrigation total par hectare	15 194,86											

Annexe 20: Calendrier Cultural



Annexe 21: Calages des canaux tertiaires

Ouvrages	Pm (m)	Débit en tëte (L/s)	Plan d'eau min requis en tete du quaternaire	TN de l'axe du canal tertiaire	Type de prise et regulateur	h (m)	Largeur radier (m)	Pente du radier (cm/km)	Baisse cumulée du plan d'eau à la prise quaternaire (m)	PE min requis dans le tertiaire au Pk de la prise quaternaire (m)	PE min réel requis, pour la prise quaternaire, en tete du tertiaire (m)	PE_Reel dans le tertiaire (m)	PE réel - PE requis (m)	Cote Cavalier	Cote radier du tertiaire(m)	Vitesse (m/s)	Largeur en gueule (m)	Profondeur totale du tertiaire (m)
CT1-1																		
CT1-1	0	165		281,68		0,35	0,3	108,5	0			281,66		281,81	281,31	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.1.1	2	165	281,6	281,6	TOR	0,35	0,3	108,5	0,00	281,63	281,63	281,66	0,03	281,81	281,31	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.1.2	102	165	281,38	281,43	TOR	0,35	0,3	108,5	0,11	281,41	281,52	281,55	0,14	281,70	281,20	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.1.3	202	165	281,28	281,4	TOR	0,35	0,3	108,5	0,22	281,31	281,53	281,44	0,13	281,59	281,09	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.1.4	302	165	281,3	281,4	TOR	0,35	0,3	108,5	0,33	281,33	281,66	281,33	0,00	281,48	280,98	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.1.5	402	165	281,16	281,33	TOR	0,35	0,3	108,5	0,44	281,19	281,63	281,22	0,03	281,37	280,87	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.1.6	502	165	280,92	281,23	TOR	0,35	0,3	108,5	0,54	280,95	281,50	281,12	0,16	281,27	280,77	0,73	1,3	0,5
CT1-2																		

CT1-2	0	165		280,9		0,35	0,3	108,5	0,00			280,93		281,08	280,58	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.2.1	2	165	280,84	280,82	TOR	0,35	0,3	108,5	0,00	280,87	280,87	280,93	0,06	281,08	280,58	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.2.2	102	165	280,79	280,43	TOR	0,35	0,3	108,5	0,11	280,82	280,93	280,82	0,00	280,97	280,47	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.2.3	202	165	280,45	280,4	TOR	0,35	0,3	108,5	0,22	280,48	280,70	280,71	0,23	280,86	280,36	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.2.4	302	165	280,35	280,34	TOR	0,35	0,3	108,5	0,33	280,38	280,71	280,60	0,22	280,75	280,25	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.2.5	402	165	280,4	280,25	TOR	0,35	0,3	108,5	0,44	280,43	280,87	280,49	0,06	280,64	280,14	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.2.6	502	165	280,05	280,19	TOR	0,35	0,3	108,5	0,54	280,08	280,63	280,39	0,30	280,54	280,04	0,73	1,3	0,5
CT1-																		
CT1-3	0	165		279,91		0,35	0,3	108,5	0,00			280,08		280,23	279,73	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.3.1	2	165	280,02	279,85	TOR	0,35	0,3	108,5	0,00	280,05	280,05	280,08	0,03	280,23	279,73	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.3.2	102	165	279,64	279,8	TOR	0,35	0,3	108,5	0,11	279,67	279,78	279,97	0,30	280,12	279,62	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.3.3	202	165	279,67	279,7	TOR	0,35	0,3	108,5	0,22	279,70	279,92	279,86	0,16	280,01	279,51	0,73	1,3	0,5

prise CQ1.3.4	302	165	279,72	279,68	TOR	0,35	0,3	108,5	0,33	279,75	280,08	279,75	0,00	279,90	279,40	0,73	1,3	0,5
prise CQ1.3.5	402	165	279,45	279,6	TOR	0,25	0,3	418,0	0,44	279,53	279,97	279,54	0,01	279,69	279,29	1,20	1,1	0,4
prise CQ1.3.6	502	165	278,99	279,45	TOR	0,25	0,3	418,0	0,85	279,07	279,93	279,13	0,05	279,28	278,88	1,20	1,1	0,4
CT1-4																		
CT1-4	0	132		278,82		0,4	0,25	48,8	0,00			278,93		279,08	278,53	0,51	1,35	0,55
prise CQ1.4.1	2	132	278,66	278,82	TOR	0,4	0,25	48,8	0,00	278,68	278,68	278,93	0,25	279,08	278,53	0,51	1,35	0,55
prise CQ1.4.2	102	132	278,62	278,77	TOR	0,4	0,25	48,8	0,05	278,64	278,68	278,88	0,25	279,03	278,48	0,51	1,35	0,55
prise CQ1.4.3	202	132	278,58	278,76	TOR	0,4	0,25	48,8	0,10	278,60	278,69	278,83	0,24	278,98	278,43	0,51	1,35	0,55
prise CQ1.4.4	302	132	278,77	278,64	TOR	0,4	0,25	48,8	0,15	278,79	278,93	278,78	0,00	278,93	278,38	0,51	1,35	0,55
prise CQ1.4.5	402	132	278,62	278,6	TOR	0,4	0,25	48,8	0,20	278,64	278,83	278,73	0,10	278,88	278,33	0,51	1,35	0,55
prise CQ1.4.6	502	132	278,54	278,53	TOR	0,4	0,25	48,8	0,24	278,56	278,80	278,69	0,13	278,84	278,29	0,51	1,35	0,55
CT1-5																		
CT1-5	0	71,5		278,85		0,25	0,25	100,8	0,00			279,19		279,34	278,94	0,57	1,05	0,4

prise CQ1.5.1	2	71,5	278,98	278,82	TOR	0,25	0,25	100,8	0,00	279,02	279,02	279,19	0,17	279,34	278,94	0,57	1,05	0,4
prise CQ1.5.2	102	71,5	278,98	278,74	TOR	0,25	0,25	100,8	0,10	279,02	279,12	279,09	0,07	279,24	278,84	0,57	1,05	0,4
prise CQ1.5.3	202	71,5	278,95	278,7	TOR	0,25	0,25	100,8	0,20	278,99	279,19	278,99	0,00	279,14	278,74	0,57	1,05	0,4
CT2-1																		
CT2-1	0	165		280,86		0,35	0,3	108,5	0,00			281,24		281,39	280,89	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.1.1	2	165	281	280,84	TOR	0,35	0,3	108,5	0,00	281,03	281,03	281,24	0,21	281,39	280,89	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.1.2	102	165	280,94	280,8	TOR	0,35	0,3	108,5	0,11	280,97	281,08	281,13	0,16	281,28	280,78	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.1.3	202	165	280,99	280,82	TOR	0,35	0,3	108,5	0,22	281,02	281,24	281,02	0,00	281,17	280,67	0,73	1,3	0,5
Chute	202	165		280,82		0,35	0,3	108,5	0,22			280,82			280,47			
prise CQ2.1.4	302	165	280,68	280,65	TOR	0,35	0,3	108,5	0,33	280,71	281,04	280,71	0,00	280,86	280,36	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.1.5	402	165	280,44	280,63	TOR	0,35	0,3	108,5	0,44	280,47	280,91	280,60	0,13	280,75	280,25	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.1.6	502	165	280,28	280,46	TOR	0,35	0,3	108,5	0,54	280,31	280,86	280,49	0,18	280,64	280,14	0,73	1,3	0,5
CT2-2																		

CT2-2	0	165		280,25		0,35	0,3	108,5	0,00			280,32		280,47	279,97	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.2.1	2	165	280,17	280,25	TOR	0,35	0,3	108,5	0,00	280,20	280,20	280,32	0,12	280,47	279,97	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.2.2	102	165	280,18	280,1	TOR	0,35	0,3	108,5	0,11	280,21	280,32	280,21	0,00	280,36	279,86	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.2.3	202	165	279,84	279,84	TOR	0,35	0,3	108,5	0,22	279,87	280,09	280,10	0,23	280,25	279,75	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.2.4	302	165	279,88	279,66	TOR	0,35	0,3	108,5	0,33	279,91	280,24	279,99	0,08	280,14	279,64	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.2.5	402	165	279,71	279,64	TOR	0,35	0,3	108,5	0,44	279,74	280,18	279,88	0,14	280,03	279,53	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.2.6	502	165	279,51	279,43	TOR	0,35	0,3	108,5	0,54	279,54	280,09	279,78	0,23	279,93	279,43	0,73	1,3	0,5
CT2-3																		
CT2-3	0	165		279,53		0,5	0,3	24,2	0,00			279,27		279,42	278,77	0,41	1,6	0,65
prise CQ2.3.1	2	165	279,21	279,33	TOR	0,5	0,3	24,2	0,00	279,22	279,22	279,27	0,05	279,42	278,77	0,41	1,6	0,65
prise CQ2.3.2	102	165	278,94	279,3	TOR	0,5	0,3	24,2	0,02	278,95	278,97	279,25	0,30	279,40	278,75	0,41	1,6	0,65
prise CQ2.3.3	202	165	278,88	279,21	TOR	0,5	0,3	24,2	0,05	278,89	278,94	279,22	0,33	279,37	278,72	0,41	1,6	0,65

prise CQ2.3.4	302	165	279,03	279,24	TOR	0,5	0,3	24,2	0,07	279,04	279,11	279,20	0,16	279,35	278,70	0,41	1,6	0,65
prise CQ2.3.5	402	165	279,15	279,19	TOR	0,5	0,3	24,2	0,10	279,16	279,26	279,17	0,01	279,32	278,67	0,41	1,6	0,65
prise CQ2.3.6	502	165	279,09	279,17	TOR	0,5	0,3	24,2	0,12	279,10	279,22	279,15	0,05	279,30	278,65	0,41	1,6	0,65
CT2-4																		
CT2-4	0	165		278,86		0,35	0,3	108,5	0,00			279,09		279,24	278,74	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.4.1	2	165	278,82	278,85	TOR	0,35	0,3	108,5	0,00	278,85	278,85	279,09	0,24	279,24	278,74	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.4.2	102	165	278,8	278,74	TOR	0,35	0,3	108,5	0,11	278,83	278,94	278,98	0,15	279,13	278,63	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.4.3	202	165	278,64	278,71	TOR	0,35	0,3	108,5	0,22	278,67	278,89	278,87	0,20	279,02	278,52	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.4.4	302	165	278,62	278,77	TOR	0,35	0,3	108,5	0,33	278,65	278,98	278,76	0,11	278,91	278,41	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.4.5	402	165	278,58	278,65	TOR	0,35	0,3	108,5	0,44	278,61	279,05	278,65	0,04	278,80	278,30	0,73	1,3	0,5
prise CQ2.4.6	502	165	278,51	278,6	TOR	0,35	0,3	108,5	0,54	278,54	279,09	278,55	0,00	278,70	278,20	0,73	1,3	0,5
CT3-1																		
CT3-1	0	110		280,14		0,35	0,25	59,8	0,00			280,55		280,70	280,20	0,52	1,25	0,5

prise CQ3.1.1	2	110	280,27	280,12	TOR	0,35	0,25	59,8	0,00	280,29	280,29	280,55	0,26	280,70	280,20	0,52	1,25	0,5
prise CQ3.1.2	102	110	280,23	280,11	TOR	0,35	0,25	59,8	0,06	280,25	280,31	280,49	0,24	280,64	280,14	0,52	1,25	0,5
prise CQ3.1.3	202	110	280,52	280,105	TOR	0,45	0,25	20,3	0,12	280,53	280,65	280,53	0,00	280,68	280,08	0,35	1,45	0,6
prise CQ3.1.4	302	110	280,34	280,09	TOR	0,45	0,25	20,3	0,14	280,35	280,49	280,51	0,16	280,66	280,06	0,35	1,45	0,6
CT3-2																		
CT3-2	0	110		279,72		0,4	0,25	33,9	0,00			280,04		280,19	279,64	0,42	1,35	0,55
prise CQ3.2.1	2	110	279,43	279,7	TOR	0,4	0,25	33,9	0,00	279,44	279,44	280,04	0,60	280,19	279,64	0,42	1,35	0,55
prise CQ3.2.2	102	110	279,6	279,62	TOR	0,4	0,25	33,9	0,03	279,61	279,65	280,01	0,39	280,16	279,61	0,42	1,35	0,55
prise CQ3.2.3	202	110	279,96	279,58	TOR	0,4	0,25	33,9	0,07	279,97	280,04	279,97	0,00	280,12	279,57	0,42	1,35	0,55
prise CQ3.2.4	302	110	279,82	279,48	TOR	0,4	0,25	33,9	0,10	279,83	279,93	279,94	0,11	280,09	279,54	0,42	1,35	0,55
CT3-3																		
CT3-3	0	110		279,4		0,3	0,25	113,6	0,00			279,55		279,70	279,25	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.3.1	2	110	279,26	279,39	TOR	0,3	0,25	113,6	0,00	279,29	279,29	279,55	0,26	279,70	279,25	0,67	1,15	0,45

prise CQ3.3.2	102	110	279,37	279,36	TOR	0,3	0,25	113,6	0,12	279,40	279,51	279,43	0,04	279,58	279,13	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.3.3	202	110	279,23	279,33	TOR	0,25	0,25	238,5	0,23	279,28	279,50	279,27	0,00	279,42	279,02	0,88	1,05	0,4
prise CQ3.3.4	302	110	278,78	279,24	TOR	0,25	0,25	238,5	0,47	278,83	279,29	279,03	0,21	279,18	278,78	0,88	1,05	0,4
CT3-4																		
CT3-4	0	110		278,35		0,3	0,25	113,6	0,00			278,35		278,50	278,05	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.4.1	2	110	278,21	278,34	TOR	0,3	0,25	113,6	0,00	278,24	278,24	278,35	0,11	278,50	278,05	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.4.2	102	110	278,11	278,05	TOR	0,3	0,25	113,6	0,12	278,14	278,25	278,23	0,10	278,38	277,93	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.4.3	202	110	278,07	277,9	TOR	0,3	0,25	113,6	0,23	278,10	278,33	278,12	0,02	278,27	277,82	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.4.4	302	110	277,97	277,85	TOR	0,3	0,25	113,6	0,34	278,00	278,34	278,01	0,01	278,16	277,71	0,67	1,15	0,45
CT3-5																		
CT3-5	0	110		278,04		0,3	0,25	113,6	0,00			277,95		278,10	277,65	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.5.1	2	110	277,88	278,02	TOR	0,3	0,25	113,6	0,00	277,91	277,91	277,95	0,04	278,10	277,65	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.5.2	102	110	277,72	277,69	TOR	0,3	0,25	113,6	0,12	277,75	277,86	277,83	0,09	277,98	277,53	0,67	1,15	0,45

prise CQ3.5.3	202	110	277,41	277,45	TOR	0,3	0,25	113,6	0,23	277,44	277,67	277,72	0,28	277,87	277,42	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.5.4	302	110	277,58	277,3	TOR	0,3	0,25	113,6	0,34	277,61	277,95	277,61	0,00	277,76	277,31	0,67	1,15	0,45
CT3-6																		
CT3-6	0	67,1		278,28		0,35	0,25	22,2	0,00			278,52		278,67	278,17	0,32	1,25	0,5
prise CQ3.6.1	2	67,1	278,21	278,24	TOR	0,35	0,25	22,2	0,00	278,22	278,22	278,52	0,30	278,67	278,17	0,32	1,25	0,5
prise CQ3.6.2	102	67,1	278,49	278,11	TOR	0,35	0,25	22,2	0,02	278,50	278,52	278,50	0,00	278,65	278,15	0,32	1,25	0,5
prise CQ3.6.3	202	67,1	278,2	278,04	TOR	0,35	0,25	22,2	0,04	278,21	278,25	278,48	0,27	278,63	278,13	0,32	1,25	0,5
CT3-7																		
CT3-7	0	110		278,04		0,3	0,25	113,6	0,00			277,95		278,10	277,65	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.7.1	2	110	277,88	278,02	TOR	0,3	0,25	113,6	0,00	277,91	277,91	277,95	0,04	278,10	277,65	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.7.2	102	110	277,72	277,69	TOR	0,3	0,25	113,6	0,12	277,75	277,86	277,83	0,09	277,98	277,53	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.7.3	202	110	277,41	277,45	TOR	0,3	0,25	113,6	0,23	277,44	277,67	277,72	0,28	277,87	277,42	0,67	1,15	0,45
prise CQ3.7.4	302	110	277,58	277,3	TOR	0,3	0,25	113,6	0,34	277,61	277,95	277,61	0,00	277,76	277,31	0,67	1,15	0,45

CT3-8																	
CT3-8	0	63,8		278,06		0,3	0,2	49,3	0,00			278,30		278,45	278,00	0,43	1,1	0,45
prise CQ3.8.1	2	63,8	278	278,04	TOR	0,3	0,2	49,3	0,00	278,01	278,01	278,30	0,29	278,45	278,00	0,43	1,1	0,45
prise CQ3.8.2	102	63,8	278,24	277,96	TOR	0,3	0,2	49,3	0,05	278,25	278,30	278,25	0,00	278,40	277,95	0,43	1,1	0,45
prise CQ3.8.3	202	63,8	278,04	277,85	TOR	0,3	0,2	49,3	0,10	278,05	278,15	278,20	0,15	278,35	277,90	0,43	1,1	0,45
CT3-9																		
CT3-9	0	137,5		277,73		0,35	0,25	93,4	0,00			278,00		278,15	277,65	0,65	1,25	0,5
prise CQ3.9.1	2	137,5	277,96	277,7	TOR	0,35	0,25	93,4	0,00	277,99	277,99	278,00	0,01	278,15	277,65	0,65	1,25	0,5
prise CQ3.9.2	102	137,5	277,87	277,69	TOR	0,35	0,25	93,4	0,10	277,90	277,99	277,90	0,01	278,05	277,55	0,65	1,25	0,5
prise CQ3.9.3	202	137,5	277,76	277,6	TOR	0,35	0,25	93,4	0,19	277,79	277,97	277,81	0,03	277,96	277,46	0,65	1,25	0,5
prise CQ3.9.4	302	137,5	277,53	277,49	TOR	0,35	0,25	93,4	0,28	277,56	277,84	277,72	0,16	277,87	277,37	0,65	1,25	0,5
CT3-10																		
CT3-10	0	46,75		277,66		0,25	0,2	57,0	0,00			277,80		277,95	277,55	0,42	1	0,4
prise CQ3.10.1	2	46,75	277,68	277,65	TOR	0,25	0,2	57,0	0,00	277,69	277,69	277,80	0,11	277,95	277,55	0,42	1	0,4

prise CQ3.10.2	102	46,75	277,71	277,62	TOR	0,25	0,2	57,0	0,06	277,72	277,78	277,74	0,02	277,89	277,49	0,42	1	0,4
CT4-1																		
CT4-1	0	35,75		279,82		0,2	0,2	82,8	0,00			280,08		280,23	279,88	0,45	0,9	0,35
prise CQ4.1.1	2	35,75	280,06	279,82	TOR	0,2	0,2	82,8	0,00	280,07	280,07	280,08	0,01	280,23	279,88	0,45	0,9	0,35
prise CQ4.1.2	102	35,75	279,9	279,5	TOR	0,2	0,2	82,8	0,08	279,91	280,00	280,00	0,08	280,15	279,80	0,45	0,9	0,35
prise CQ4.1.3	202	35,75	279,85	279,28	TOR	0,2	0,2	82,8	0,17	279,86	280,03	279,91	0,05	280,06	279,71	0,45	0,9	0,35
CT4-2																		
CT4-2	0	102,85		279,46		0,4	0,25	29,6	0,00			279,62		279,77	279,22	0,40	1,35	0,55
prise CQ4.2.1	2	102,85	279,37	279,45	TOR	0,4	0,25	29,6	0,00	279,38	279,38	279,62	0,24	279,77	279,22	0,40	1,35	0,55
prise CQ4.2.2	102	102,85	279,4	279,43	TOR	0,4	0,25	29,6	0,03	279,41	279,44	279,59	0,18	279,74	279,19	0,40	1,35	0,55
prise CQ4.2.3	202	102,85	279,29	279,38	TOR	0,4	0,25	29,6	0,06	279,30	279,36	279,56	0,26	279,71	279,16	0,40	1,35	0,55
prise CQ4.2.4	302	102,85	279,52	279,36	TOR	0,4	0,25	29,6	0,09	279,53	279,62	279,53	0,00	279,68	279,13	0,40	1,35	0,55
CT4-3																		
CT4-3	0	134,75		278,97		0,35	0,3	72,4	0,00			279,10		279,25	278,75	0,59	1,3	0,5

prise CQ4.3.1	2	134,75	278,97	278,96	TOR	0,35	0,3	72,4	0,00	278,99	278,99	279,10	0,11	279,25	278,75	0,59	1,3	0,5
prise CQ4.3.2	102	134,75	278,82	278,94	TOR	0,35	0,3	72,4	0,07	278,84	278,91	279,03	0,19	279,18	278,68	0,59	1,3	0,5
prise CQ4.3.3	202	134,75	278,77	278,87	TOR	0,35	0,3	72,4	0,15	278,79	278,94	278,95	0,16	279,10	278,60	0,59	1,3	0,5
prise CQ4.3.4	302	134,75	278,74	278,85	TOR	0,35	0,3	72,4	0,22	278,76	278,98	278,88	0,12	279,03	278,53	0,59	1,3	0,5
prise CQ4.3.5	402	134,75	278,72	278,74	TOR	0,35	0,3	72,4	0,29	278,74	279,03	278,81	0,07	278,96	278,46	0,59	1,3	0,5
prise CQ4.3.6	502	134,75	278,68	278,67	TOR	0,35	0,3	72,4	0,36	278,70	279,06	278,74	0,04	278,89	278,39	0,59	1,3	0,5
CT4-4																		
CT4-4	0	132		278,67		0,35	0,3	69,5	0,00			278,86		279,01	278,51	0,58	1,3	0,5
prise CQ4.4.1	2	132	278,82	278,66	TOR	0,35	0,3	69,5	0,00	278,84	278,84	278,86	0,02	279,01	278,51	0,58	1,3	0,5
Chute	2	132		278,66		0,35	0,3	69,5	0,00			278,56		278,71	278,21	0,58	1,3	0,5
prise CQ4.4.2	102	132	278,41	278,18	TOR	0,35	0,3	69,5	0,07	278,43	278,50	278,49	0,06	278,64	278,14	0,58	1,3	0,5
Chute	102	132		278,18		0,35	0,3	69,5	0,07			278,09		278,24	277,74			
prise CQ4.4.3	202	132	277,85	277,87	TOR	0,35	0,3	69,5	0,14	277,87	278,01	278,02	0,15	278,17	277,67	0,58	1,3	0,5

Chute	202	132		277,87		0,35	0,3	69,5	0,14			277,82		277,97	277,47			
prise CQ4.4.4	302	132	277,53	277,77	TOR	0,35	0,3	69,5	0,21	277,55	277,76	277,75	0,20	277,90	277,40	0,58	1,3	0,5
prise CQ4.4.5	402	132	277,65	277,58	TOR	0,35	0,3	69,5	0,28	277,67	277,95	277,68	0,01	277,83	277,33	0,58	1,3	0,5
CT4-5																		
CT4-5	0	110		278,38		0,35	0,25	59,8	0,00			278,41		278,56	278,06	0,52	1,25	0,5
prise CQ4.5.1	2	110	278,38	278,3	TOR	0,35	0,25	59,8	0,00	278,40	278,40	278,41	0,01	278,56	278,06	0,52	1,25	0,5
prise CQ4.5.2	102	110	278,22	278,1	TOR	0,35	0,25	59,8	0,06	278,24	278,30	278,35	0,11	278,50	278,00	0,52	1,25	0,5
Chute	102	110		278,1		0,35	0,25	59,8	0,06			278,05		278,20	277,70	0,52	1,25	0,5
prise CQ4.5.3	202	110	277,95	277,81	TOR	0,35	0,25	59,8	0,12	277,97	278,09	277,99	0,02	278,14	277,64	0,52	1,25	0,5
Chute	202	110		277,81		0,35	0,25	59,8	0,12			277,78		277,93	277,43	0,52	1,25	0,5
prise CQ4.5.4	302	110	277,47	277,47	TOR	0,35	0,25	59,8	0,18	277,49	277,67	277,72	0,23	277,87	277,37	0,52	1,25	0,5
prise CQ4.5.5	402	110	277,55	277,22	TOR	0,35	0,25	59,8	0,24	277,57	277,81	277,66	0,09	277,81	277,31	0,52	1,25	0,5
prise CQ4.5.6	502	110	277,58	277,15	TOR	0,35	0,25	59,8	0,30	277,60	277,90	277,60	0,00	277,75	277,25	0,52	1,25	0,5
CT4-6																		

CT4-6	0	132		278,02		0,3	0,25	163,6	0,00			278,21		278,36	277,91	0,80	1,15	0,45
prise CQ4.6.1	2	132	278,17	278,01	TOR	0,3	0,25	163,6	0,00	278,21	278,21	278,21	0,00	278,36	277,91	0,80	1,15	0,45
prise CQ4.6.2	102	132	277,92	277,62	TOR	0,3	0,25	163,6	0,17	277,96	278,12	278,04	0,09	278,19	277,74	0,80	1,15	0,45
Chute	102	132		277,62		0,3	0,25	163,6	0,17			277,64		277,79	277,34	0,80	1,15	0,45
prise CQ4.6.3	202	132	277,42	277,21	TOR	0,3	0,25	163,6	0,33	277,46	277,79	277,48	0,02	277,63	277,18	0,80	1,15	0,45
prise CQ4.6.4	302	132	277,23	276,97	TOR	0,3	0,25	163,6	0,49	277,27	277,76	277,32	0,05	277,47	277,02	0,80	1,15	0,45
CT4-7																		
CT4-7	0	143		277,26		0,5	0,3	18,2	0,00			277,53		277,68	277,03	0,36	1,6	0,65
prise CQ4.7.1	2	143	277,37	277,18	TOR	0,5	0,3	18,2	0,00	277,38	277,38	277,53	0,15	277,68	277,03	0,36	1,6	0,65
prise CQ4.7.2	102	143	277,26	277,12	TOR	0,5	0,3	18,2	0,02	277,27	277,29	277,51	0,24	277,66	277,01	0,36	1,6	0,65
prise CQ4.7.3	202	143	277,49	277,07	TOR	0,5	0,3	18,2	0,04	277,50	277,53	277,49	0,00	277,64	276,99	0,36	1,6	0,65
prise CQ4.7.4	302	143	277,25	276,99	TOR	0,5	0,3	18,2	0,05	277,26	277,31	277,48	0,22	277,63	276,98	0,36	1,6	0,65
prise CQ4.7.5	402	143	277,35	276,94	TOR	0,5	0,3	18,2	0,07	277,36	277,43	277,46	0,10	277,61	276,96	0,36	1,6	0,65

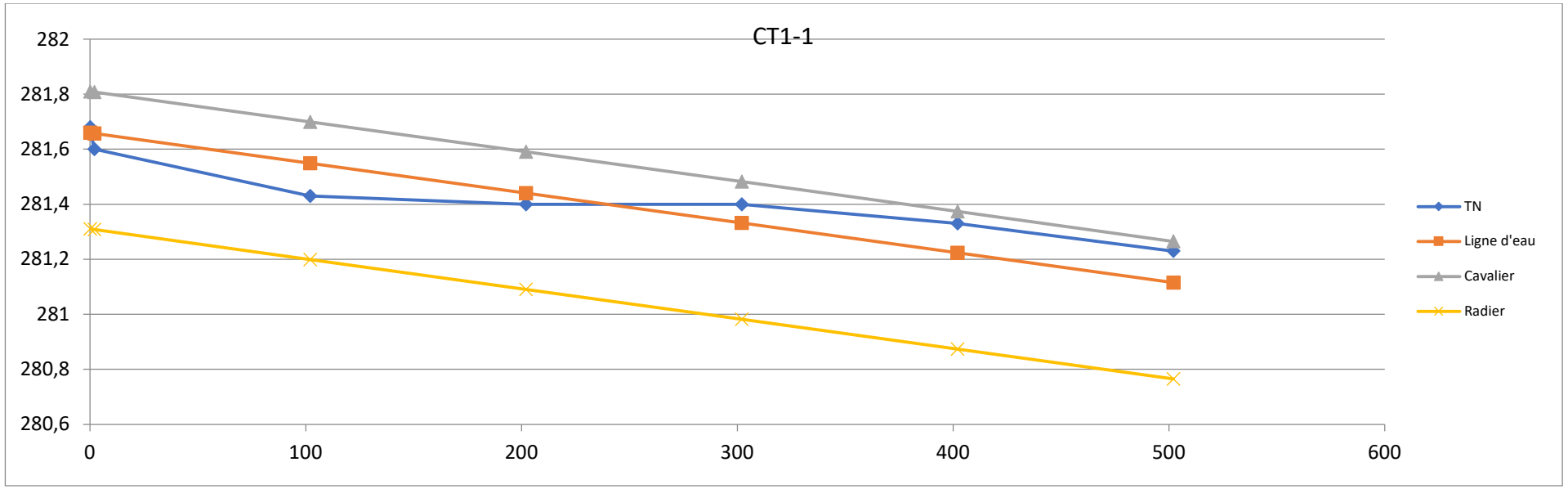
prise CQ4.7.6	502	143	277,3	276,91	TOR	0,5	0,3	18,2	0,09	277,31	277,40	277,44	0,13	277,59	276,94	0,36	1,6	0,65
CT4-8																		
CT4-8	0	148,5		277,15		0,5	0,3	19,6	0,00			277,18		277,33	276,68	0,37	1,6	0,65
prise CQ4.8.1	2	148,5	276,96	277,04	TOR	0,5	0,3	19,6	0,00	276,97	276,97	277,18	0,21	277,33	276,68	0,37	1,6	0,65
prise CQ4.8.2	102	148,5	277,02	276,66	TOR	0,5	0,3	19,6	0,02	277,03	277,05	277,16	0,13	277,31	276,66	0,37	1,6	0,65
prise CQ4.8.3	202	148,5	276,96	276,6	TOR	0,5	0,3	19,6	0,04	276,97	277,01	277,14	0,17	277,29	276,64	0,37	1,6	0,65
prise CQ4.8.4	302	148,5	276,95	276,64	TOR	0,5	0,3	19,6	0,06	276,96	277,02	277,12	0,16	277,27	276,62	0,37	1,6	0,65
prise CQ4.8.5	402	148,5	277,04	276,48	TOR	0,5	0,3	19,6	0,08	277,05	277,13	277,10	0,05	277,25	276,60	0,37	1,6	0,65
prise CQ4.8.6	502	148,5	277,07	276,66	TOR	0,5	0,3	19,6	0,10	277,08	277,18	277,08	0,00	277,23	276,58	0,37	1,6	0,65
CT4-9																		
CT4-9	0	110		277,13		0,45	0,3	16,9	0,00			276,94		277,09	276,49	0,33	1,5	0,6
prise CQ4.9.1	2	110	276,9	277,02	TOR	0,45	0,3	16,9	0,00	276,91	276,91	276,94	0,03	277,09	276,49	0,33	1,5	0,6
prise CQ4.9.2	102	110	276,63	276,43	TOR	0,45	0,3	16,9	0,02	276,64	276,65	276,92	0,29	277,07	276,47	0,33	1,5	0,6

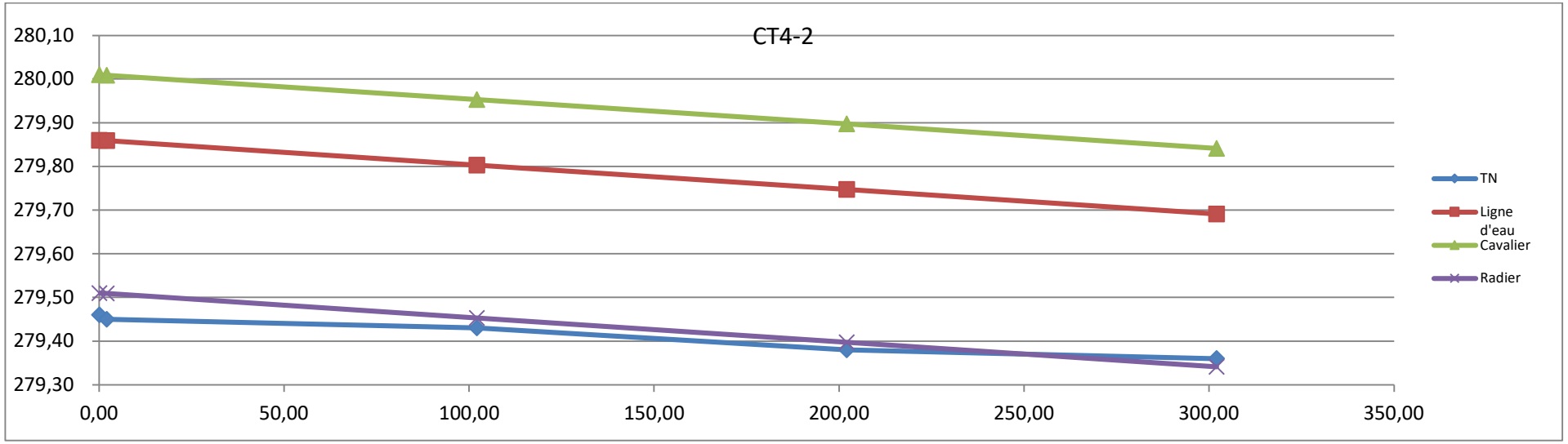
prise CQ4.9.3	202	110	276,71	276,35	TOR	0,45	0,3	16,9	0,03	276,72	276,75	276,91	0,19	277,06	276,46	0,33	1,5	0,6
prise CQ4.9.4	302	110	276,82	276,36	TOR	0,45	0,3	16,9	0,05	276,83	276,88	276,89	0,06	277,04	276,44	0,33	1,5	0,6
prise CQ4.9.5	402	110	276,87	276,58	TOR	0,45	0,3	16,9	0,07	276,88	276,94	276,87	0,00	277,02	276,42	0,33	1,5	0,6
CT4-10																		
CT4-10	0	37,4		276,9		0,2	0,15	129,3	0,00			276,76		276,91	276,56	0,53	0,85	0,35
prise CQ4.10.1	2	37,4	276,74	276,4	TOR	0,2	0,15	129,3	0,00	276,76	276,76	276,76	0,00	276,91	276,56	0,53	0,85	0,35
prise CQ4.10.2	102	37,4	276,47	276,3	TOR	0,2	0,15	129,3	0,13	276,49	276,62	276,63	0,14	276,78	276,43	0,53	0,85	0,35
prise CQ4.10.3	202	37,4	276,4	276,26	TOR	0,2	0,15	129,3	0,26	276,42	276,68	276,50	0,08	276,65	276,30	0,53	0,85	0,35
CT4-11																		
CT4-11	0	60,5		276,92		0,25	0,2	95,4	0,00			276,81		276,96	276,56	0,54	1	0,4
prise CQ4.11.1	2	60,5	276,75	276,76	TOR	0,25	0,2	95,4	0,00	276,77	276,77	276,81	0,04	276,96	276,56	0,54	1	0,4
prise CQ4.11.2	102	60,5	276,49	276,32	TOR	0,25	0,2	95,4	0,10	276,51	276,60	276,71	0,21	276,86	276,46	0,54	1	0,4
prise CQ4.11.3	202	60,5	276,6	276,09	TOR	0,25	0,2	95,4	0,19	276,62	276,81	276,62	0,00	276,77	276,37	0,54	1	0,4

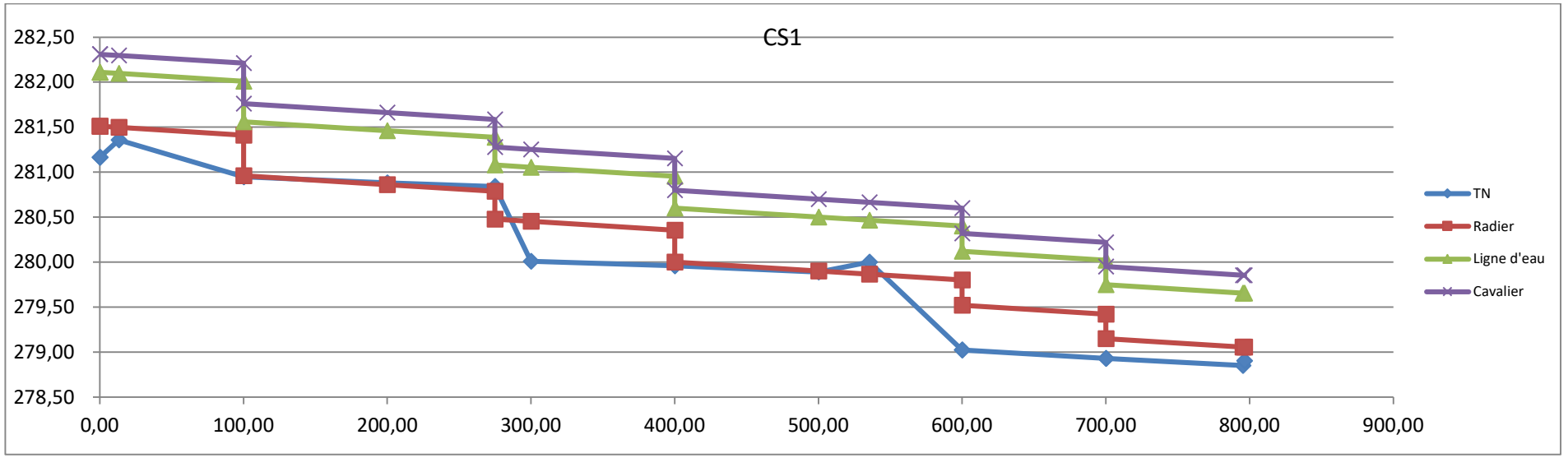
CT4-12																	
CT4-12	0	77		276,81		0,25	0,2	154,6	0,00			276,58		276,73	276,33	0,68	1	0,4
prise CQ4.12.1	2	77	276,45	276,81	TOR	0,25	0,2	154,6	0,00	276,48	276,48	276,58	0,10	276,73	276,33	0,68	1	0,4
prise CQ4.12.2	102	77	276,39	276,55	TOR	0,25	0,2	154,6	0,16	276,42	276,58	276,42	0,00	276,57	276,17	0,68	1	0,4
Chute	102	77		276,55		0,25	0,2	154,6	0,16			276,17		276,32	275,92	0,68	1	0,4
prise CQ4.12.3	202	77	275,97	275,91	TOR	0,25	0,2	154,6	0,31	276,00	276,31	276,02	0,02	276,17	275,77	0,68	1	0,4
CT4-13																		
CT4-13	0	77		276,53		0,3	0,2	71,9	0,00			276,20		276,35	275,90	0,51	1,1	0,45
prise CQ4.13.1	2	77	276,09	276,53	TOR	0,3	0,2	71,9	0,00	276,11	276,11	276,20	0,09	276,35	275,90	0,51	1,1	0,45
prise CQ4.13.2	102	77	276,01	276,02	TOR	0,3	0,2	71,9	0,07	276,03	276,10	276,13	0,10	276,28	275,83	0,51	1,1	0,45
prise CQ4.13.3	202	77	275,93	275,86	TOR	0,3	0,2	71,9	0,15	275,95	276,09	276,05	0,11	276,20	275,75	0,51	1,1	0,45
prise CQ4.13.4	302	77	275,96	275,99	TOR	0,3	0,2	71,9	0,22	275,98	276,19	275,98	0,01	276,13	275,68	0,51	1,1	0,45
CT4-14																		
CT4-14	0	66		276,12		0,3	0,2	52,8	0,00			276,40		276,55	276,10	0,44	1,1	0,45

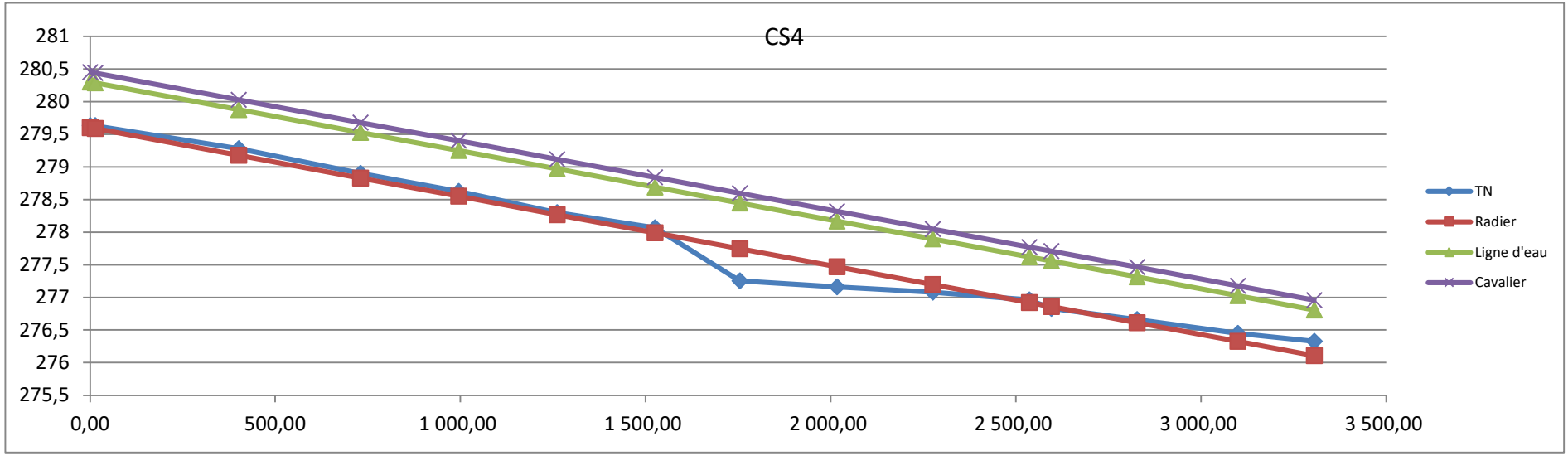
prise CQ4.1 4.1	2	66	276,32	276,13	TOR	0,3	0,2	52,8	0,00	276,33	276,33	276,40	0,07	276,55	276,10	0,44	1,1	0,45
prise CQ4.1 4.2	102	66	276,06	276,13	TOR	0,3	0,2	52,8	0,05	276,07	276,13	276,35	0,27	276,50	276,05	0,44	1,1	0,45
prise CQ4.1 4.3	202	66	276,21	275,9	TOR	0,3	0,2	52,8	0,11	276,22	276,33	276,29	0,07	276,44	275,99	0,44	1,1	0,45
prise CQ4.1 4.4	302	66	276,21	275,91	TOR	0,3	0,2	52,8	0,16	276,22	276,38	276,24	0,02	276,39	275,94	0,44	1,1	0,45
CT4-15																		
CT4-15	0	57,2		275,95		0,25	0,2	85,3	0,00			275,86		276,01	275,61	0,51	1	0,4
prise CQ4.1 5.1	2	57,2	275,76	275,68	TOR	0,25	0,2	85,3	0,00	275,78	275,78	275,86	0,08	276,01	275,61	0,51	1	0,4
prise CQ4.1 5.2	102	57,2	275,75	275,63	TOR	0,25	0,2	85,3	0,09	275,77	275,85	275,77	0,01	275,92	275,52	0,51	1	0,4
prise CQ4.1 5.3	202	57,2	275,55	275,55	TOR	0,25	0,2	85,3	0,17	275,57	275,74	275,69	0,12	275,84	275,44	0,51	1	0,4
CT4-16																		
CT4-16	0	67,1		276,23		0,25	0,2	117,4	0,00			276,30		276,45	276,05	0,60	1	0,4
prise CQ4.1 6.1	2	67,1	276,26	276,19	TOR	0,25	0,2	117,4	0,00	276,28	276,28	276,30	0,02	276,45	276,05	0,60	1	0,4
Chute	2	67,1		276,19		0,25	0,2	117,4	0,00			275,90		276,05	275,65	0,60	1	0,4

prise CQ4.16.2	102	67,1	275,72	275,46	TOR	0,25	0,2	117,4	0,12	275,74	275,86	275,78	0,04	275,93	275,53	0,60	1	0,4
prise CQ4.16.3	202	67,1	275,52	275,23	TOR	0,25	0,2	117,4	0,24	275,54	275,78	275,66	0,12	275,81	275,41	0,60	1	0,4
CT4-17																		
CT4-17	0	44		277,78		0,2	0,2	125,5	0,00			278,22		278,37	278,02	0,55	0,9	0,35
prise CQ4.17.1	2	44	278,17	277,64	TOR	0,2	0,2	125,5	0,00	278,19	278,19	278,22	0,03	278,37	278,02	0,55	0,9	0,35
prise CQ4.17.2	102	44	277,9	277,64	TOR	0,2	0,2	125,5	0,13	277,92	278,05	278,09	0,17	278,24	277,89	0,55	0,9	0,35
prise CQ4.17.3	202	44	277,94	277,55	TOR	0,2	0,2	125,5	0,25	277,96	278,21	277,97	0,01	278,12	277,77	0,55	0,9	0,35
prise CQ4.17.4	302	44	277,64	277,95	TOR	0,2	0,2	125,5	0,38	277,66	278,04	277,84	0,18	277,99	277,64	0,55	0,9	0,35
CT4-18																		
CT4-18	0	77		275,92		0,25	0,2	154,6	0,00			275,87		276,02	275,62	0,68	1	0,4
prise CQ4.18.1	2	77	275,78	275,8	TOR	0,25	0,2	154,6	0,00	275,81	275,81	275,87	0,06	276,02	275,62	0,68	1	0,4
prise CQ4.18.2	102	77	275,54	275,4	TOR	0,25	0,2	154,6	0,16	275,57	275,73	275,71	0,14	275,86	275,46	0,68	1	0,4
prise CQ4.18.3	202	77	275,52	275,35	TOR	0,25	0,2	154,6	0,31	275,55	275,86	275,56	0,01	275,71	275,31	0,68	1	0,4


CT1-1
282
281,8
281,6
281,4
281,2
281
280,8
280,6
0
100
200
300
400
500
600
TN
Ligne d'eau
Cavalier
Radier


CT4-2
280,10
280,00
279,90
279,80
279,70
279,60
279,50
279,40
279,30
0,00
50,00
100,00
150,00
200,00
250,00
300,00
350,00
TN
Ligne d'eau
Cavalier
Radier


CS1
282,50
282,00
281,50
281,00
280,50
280,00
279,50
279,00
278,50
0,00
100,00
200,00
300,00
400,00
500,00
600,00
700,00
800,00
900,00
TN
Radier
Ligne d'eau
Cavalier


CS4
281
280,5
280
279,5
279
278,5
278
277,5
277
276,5
276
275,5
0,00
500,00
1 000,00
1 500,00
2 000,00
2 500,00
3 000,00
3 500,00
TN
Radier
Ligne d'eau
Cavalier

Annexe 22: Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire en FCFA	Montant en FCFA HT
1	**PRIX GÉNÉRAUX**				
1.1	Installation de chantier, amenée et repli du matériel	Forfait	1	7 500 000	7 500 000
1.2	Élaboration des dossiers d'exécution et de recollement	Forfait	1	5 000 000	5 000 000
1.3	Panneau d'identification du périmètre de dimension 100x120 fixé sur un support de pied en IPN de 100 ancré de 0.50 m dans le sol et 1.00 m hors sol portant les indications qui seront précisées par le maitre d'ouvrage	Forfait	1	500 000	500 000
	SOUS TOTAL PRIX GÉNÉRAUX				**13 000 000**
2	**RÉSEAU D'IRRIGATION**				
2.1	**CANAL PRIMAIRE**				
2.1.1	Démolition et décapage (10 cm)	m	1 654	2500	4 135 000
2.1.2	Remblai compacté aux engins	m^3	60	7 500	453 375
2.1.3	Déblai mécanique (cunette)	m^3	1 121	7 000	6 723 000
2.1.5	Béton propreté dosé à 150 kg/m^3	m^3	109	70 000	7 623 000
2.1.6	Béton armé (350 kg/m3) pour dalle de parois canal (ép. = 10 cm)	m^3	466	170 000	79 228 500
2.1.7	Joint bitumineux (tous les 6 m)	ml	276	2 000	551 333
	Total 2.1				**98 714 208**
2.2	**CANAUX SECONDAIRES**				
2.2.1	Démolition et décapage (10 cm)	m	7 400,00	2500	18 500 000
2.2.2	Remblai compacté aux engins	m^3	1 848,90	7 500	13 866 750
2.2.3	Déblai	m^3	5130,48	6 000	30 782 880
2.2.4	Béton légèrement armé dosé à 350 kg/m3 pour le revêtement des parois des canaux y compris le ferraillage en acier HA diamètre 6 mm	m^3	2 134,80	170 000	362 916 000
2.2.5	Joint bitumineux (tous les 6 m)	ml	8814,42	2 000	17 628 840
	Total 2.2				**443 694 470**
2.3	**CANAUX TERTIAIRES**				
2.3.1	Démolition et décapage (10 cm)	m	15 000,00	500	8 162 500
2.3.2	Remblai compacté aux engins	m^3	8 814,42	7 500	1 453 323
2.3.3	Déblai manuel (cunette)	m^3	3305,4075	6 000	58 180 707
2.3.4	Béton légèrement armé dosé à 350 kg/m3 pour le revêtement des parois des canaux y compris le ferraillage en acier HA diamètre 6 mm	m^3	2500	170 000	847 015 325
2.3.5	Joint bitumineux (tous les 6 m)	ml	2721	2 000	5 441 667
	Total 2.3				**920 253 522**
2.4	**OUVRAGES SUR RÉSEAU D'IRRIGATION (de Prise, de sécurité, de chute, de franchissement et de régulation sur réseau d'irrigation)**				

2.4.1	Ouvrage de sécurité et de régulation sur le canal primaire conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	12	500 000	3 000 000
2.4.1	Ouvrage de sécurité et de régulation sur les canaux secondaires conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	12	350 000	9 000 000
2.4.2	Ouvrage de décharge sur les canaux secondaires conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	4	100 000	2 750 000
2.4.3	Ouvrage de décharge sur les canaux tertiaires conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	37	100 000	3 700 000
2.4.4	Ouvrages de prises secondaires sur canal primaire conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	5	350 000	1 400 000
2.4.5	Ouvrages de prises vanne à vis sur canaux secondaires (Prise simple gauche ou droite) conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	37	750 000	9 900 000
2.4.6	Ouvrages de prises TOR sur canaux tertiaires (Prise double gauche et droite) conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	154	500 000	23 100 000
2.4.7	Ouvrages de chute sur canal secondaire (hauteur de chute 0,25< h≤0,50 m) conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	15	250 000	1 900 000
2.4.8	Ouvrages de chute sur canal tertiaire (hauteur de chute 0,25< h≤0,50 m) conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	15	300 000	450 000
2.4.11	Ouvrage de franchissement du canal primaire par les pistes primaires et secondaires et tertiaires				
	Dalot				
2.4.21.1	Fouille en pleine masse	m^3	33,825	6 000	202 950
2.4.21.2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m^3	10,05	70 000	703 500
2.4.21.3	Béton pour béton armé dosé à 350 kg/m3	m^3	56,85	200 000	11 370 000
2.4.21.4	Remblais d'ouvrage	m^3	3,3	7 000	23 049
2.4.21.5	Enrochements	m^3	18,75	15 000	281 250
2.4.21.6	Perrés maçonnés	m^2	129,825	25 000	3 245 625
2.4.21.7	Gabions	m^3	52,5	40 000	2 100 000
	Total 2.4				**73 126 374**
	SOUS TOTAL CANAUX D'IRRIGATION				**1 535 788 574**
3	**RÉSEAU DE DRAINAGE**				
3.1	Déblai aux engins du drain collecteur de pente des talus =3/2	ml	1500	12 000	18 960 000
3.2	Déblai des drains secondaires de dimensions : pente des talus =3/2	ml	7 040,00	4 000	6 400 000
3.3	Déblai des drains tertiaires de dimensions pente des talus =3/2	ml	16 000,00	1 000	16 000 000
3.5	***OUVRAGES SUR RÉSEAU DE DRAINAGE***				
3.6	Ouvrage de chute de 0,50m sur drains conformément au plans	u	0	65 000	0
3.7	Ouvrage de franchissement des drains				
	Dalot				
3.8.1	Fouille en pleine masse	m^3	55,75	6 000	334 500
3.8.2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m^3	19,9	70 000	1 393 000

3.8.3	Béton pour béton armé dosé à 350 kg/m3	m^3	109,6	200 000	21 920 000
3.8.4	Remblais d'ouvrage	m^3	55,75	7 000	390 250
3.8.5	Enrochements	m^3	22,25	15 000	333 750
3.8.6	Perrés maçonnés	m^2	158,65	25 000	3 966 250
3.8.7	Gabions	m^3	36	40 000	1 440 000
	SOUS TOTAL RÉSEAU DE DRAINAGE				**71 137 750**
4	**RÉSEAU DE CIRCULATION**				
4.1	Pistes en remblai latéritique compacté aux engins (largeur: 6 m) conformément aux plans	ml	25 337	5 000	126 685 000
	SOUS TOTAL RÉSEAU DE CIRCULATION				**126 685 000**
5	**DIGUES DE PROTECTION**				
5.1	TERRASSEMENTS				
5.2	Décapage des emprises sur une épaisseur moyenne de 20 cm	m^2	4 000	350	1 400 000
5.3	Remblais compactés en matériaux argileux	m^3	7 886	6 500	51 259 000
0	Remblais latéritique pour couche de couronnement de la crête, compacté à 95 % OPN (ép. = 0.10 m)	m^3	920	6 000	5 520 000
0	**SOUS TOTAL DIGUE DE PROTECTION**				**58 179 000**
	TOTAL RECONSTRUCTION DU PÉRIMÈTRE				**1 746 611 324**
	CONSTRUCTION DU BARRAGE	U			**PM**
	TOTAL GENERAL DES TRAVAUX DU SITE				**1 804 790 324**
	TVA 18%				**324 862 258**
	TOTAL GENERAL DES TRAVAUX TTC				**2 129 652 583**

Annexe 23: Charges d'exploitation du Riz

Charges d'exploitation					
Désignation	**Unité**	**Superficie exploitée (ha)**	**Quantité (kg)**	**Coût unitaire (FCFA/kg)**	**Coût total (FCFA)**
Intrants					
Achat semence Riz	Kg	350	2800	750	2 100 000
Fongicide	Sachet de 300 g	350	350	500	175 000
Fumure organique	Charretée	350	3500	2 000	7 000 000
Engrais NPK	Sac de 50 kg	350	700	16 750	11 725 000
Engrais Urée	Sac de 50 kg	350	350	12 500	4 375 000
Produits de traitement phytosanitaire	Litre	350	87,5	9 000	787 500
Sacs de conditionnement	Sac de 100 Kg	350	28 000	500	14 000 000
Sous-total 1					***40 162 500***
Main d'œuvre					
Labour	ha	350	-	25 000	8 750 000
Semi/ repiquage	ha	350	-	10 000	3 500 000
Désherbage	ha	350	-	15 000	5 250 000
Traitement phytosanitaire	ha	350	-	2 500	875 000
Récolte	ha	350	-	18 750	6 562 500
Battage	ha	350	-	25 000	8 750 000

Vannage	ha	350	-	25 000	8 750 000
Sous-total 2					*42 437 500*
Transport	FF				2 970 625
Autres charges	FF				3 522 313
Sous-total 3					*6 492 938*
Charges totales					*89 092 938*
Revenus					
Désignation	**Rendement (Kg/ha)**	**Superficie exploitée (ha)**	**Production (kg)**	**Coût unitaire (FCFA/ kg)**	**Coût total (FCFA)**
Vente du riz	6500	350	2 275 000	150	341 250 000
Recettes totales					*341 250 000*

Annexe 24: Charges d'exploitation du blé

CHARGES					
Désignation	**Unité**	**Superficie exploitée (ha)**	**Quantité (kg)**	**Coût unitaire (FCFA/kg)**	**Coût total (FCFA)**
Intrants					
Achat semence de blé	Kg	159,25	15925	600	9 555 000
Fongicide	Sachet de 300 g	159,25	159,25	500	79 625
Fumure organique	Charretée	159,25	1592,5	2 000	3 185 000
Engrais NPK	Sac de 50 kg	159,25	318,5	16 750	5 334 875
Engrais Urée	Sac de 50 kg	159,25	159,25	12 500	1 990 625
Produits de traitement phytosanitaire	Litre	159,25	39,8125	9 000	358 313
Sous-total 1					*20 503 438*
Main d'œuvre					
Labour	ha	159,25		25 000	3 981 250
Semis	ha	159,25		10 000	1 592 500

Sarclo-binage	ha	159,25		15 000	2 388 750
Traitement phytosanitaire	ha	159,25		2 500	398 125
Récolte	ha	159,25		18 750	2 985 938
Battage	ha	159,25		25 000	3 981 250
Vannage	ha	159,25		25 000	3 981 250
Sous-total 2					***19 309 063***
Transport	FF				1 351 634
Autres charges	FF				1 602 652
Sous-total 3					***2 954 287***
Charges totales					***42 766 787***
RECETTES					
Désignation	**Rendement (Kg/ha)**	**Superficie exploitée (ha)**	**Production (kg)**	**Coût unitaire (FCFA/ kg)**	**Coût total (FCFA)**
Vente de blé	4000	159,25	637 000	500	318 500 000
Vente de la paille	3000	159,25	477 750	50	23 887 500
Recettes totales					***342 387 500***

Annexe 25: Rentabilité des cultures

Données		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Superficie	m^2	350
Durée de vie	an	15
Taux d'actualisation	%	8
Recette agricole annuelle	FCFA	1 024 887 500
Cout d'investissement	FCFA	2 129 652 583
Amortissement annuelle	FCFA	141 976 839
Charge d'exploitation annuelle	FCFA	173 332 486
Résultat avant amortissement	FCFA	851 555 014
Résultat Net	FCFA	709 578 175
Valeur Actuelle Nette (VAN)	FCFA	3 943 966 681
Seuil de rentabilité	an	3

Le projet présente une VAN positive, un résultat net annuel élevé et un délai de récupération inférieur à 5 ans, il est donc économique et financièrement rentable

Annexe 26: Evaluation des impacts positifs

Activités sources d'impacts	Type d'impact	Nature d'impact	Portée	Intensité	Durée	Importance
Phase des travaux						
Travaux de réhabilitation	Réduction du chômage	Recrutement des ouvriers	Régionale	Moyenne	Court terme	Modérée
Phase d'exploitation						
Amélioration des infrastructures et des équipements du périmètre	Amélioration de l'irrigation et du drainage	Economie sur le coût de fonctionnement du périmètre	Ponctuelle	Forte	Long terme	Majeure
Fonctionnement continu du périmètre	Bons rendements agricoles	Augmentation du benefice des acteurs de la filière riz	Régionale	Forte	Long terme	Majeure
	Booster la production	Satisfaire les besoins en riz du pays	Régionale	Forte	Long terme	Majeure

Annexe 27: Evaluation des impacts négatifs

Activités sources d'impacts	**Type d'impact**	**Nature d'impact**	**Portée**	**Intensité**	**Durée**	**Importance**
Phase d'installation de chantier						
Aménagement de la base vie	Pollution des sols	Déversement d'huiles lors des stationnement ou d'opérations d'entretien et de maintenance	Ponctuelle	Faible	Court terme	Mineure
	Pollution de la zone environnante	Production de déchets	Locale	Faible	Court terme	Mineure
	Pollution du fleuve	Ruissellement des huiles déversées dans le fleuve Rejet des déchets dans le fleuve	Régionale	Moyenne	Court terme	Modérée
	Maladies	Propagation des maladies contagieuses	Locale	Moyenne	Moyen terme	Modérée
Transport et circulation des engins	Pollution de l'air	Formation des suspensions poussiéreuses et de fumées engendrées par les engins	Locale	Faible	Court terme	Mineure
	Nuisances acoustiques	Génération de bruits par les véhicules et les engins de chantier	Ponctuelle	Faible	Court terme	Mineure
	Risques d'accidents	Circulation des engins sur le chantier et dans les zones habitées	Locale	Moyenne	Court terme	Modérée

Phase des travaux						
Curage des canaux	Impact sur les sols	Risque d'érosion	Ponctuelle	Faible	Court terme	Mineure
Curage du chenal d'amené et du chenal d'évacuation	Impact sur le fleuve	Risque d'ensablement du fleuve	Régionale	Moyenne	Court terme	Modérée
Décapage	Impact sur la faune	Risque de destruction de la végétation	Ponctuelle	Moyenne	Long terme	Modérée
Maçonnerie des ouvrages	Pollution de la zone environnante	Production de déchets	Ponctuelle	Moyenne	Court terme	Mineure
	Risque d'accidents	Manipulation d'outils, de matériaux et produits de construction	Ponctuelle	Moyenne	Court terme	Modérée
Phase d'exploitation du périmètre						
Production du riz	Pollution du fleuve	Drainage des eaux chargées par les produits phytosanitaires dans le fleuve	Régionale	Forte	Long terme	Majeure
	Impact sur la faune	Risque de disparition d'espèces par utilisation des produits phytosanitaires	Locale	Moyenne	Long terme	Moyenne
Gestion du périmètre et exploitation du périmètre	Impact social	Risque de conflits	Ponctuelle	Moyenne	Long terme	Moyenne

Annexe 28: Mesures d'atténuations

Activités sources d'impact	**Type d'impact**	**Mesures d'atténuation**	• **Action environnementale à mener**
Aménagement de la base vie	Pollution des sols	Contenir les fuites d'hydrocarbures	• Faire la maintenance régulière des engins • Aménager des aires de maintenance des engins
	Pollution de la zone environnante	Mettre en place un système de gestion de déchets	• Aménager des dépotoirs • Construire des latrines et des douches
	Pollution du fleuve	Réduire le déversement des huiles Empêcher le rejet anarchique des déchets	• Collecter et acheminer les déchets issus de la maintenance des engins vers un centre de traitement • Sensibiliser les ouvriers • Réaliser les travaux pendant la saison sèche
	Maladies	Renforcer les bonnes pratiques d'hygiène	• Sensibiliser les ouvriers sur les bonnes pratiques d'hygiène • Distribuer des cache-nez aux ouvriers
Transport et circulation des engins	Pollution de l'air	Diminuer les émissions de poussières et de fumées	• Arroser les pistes utilisées par les véhicules et les engins du chantier • Faire la maintenance régulière des engins

	Nuisances acoustiques	Garantir un niveau sonore acceptable	• Faire la maintenance régulière des engins • Respecter les horaires de travail
	Risques d'accidents	Garantir la sécurité des usagers sur le site et aux environs	• Mettre en place un plan de circulation sur le site • Limiter la vitesse à un niveau acceptable • Interdire la consommation des stupéfiants sur le site
Curage des canaux	Impact sur les sols	Minimiser les risques d'érosion et d'instabilité	• Eviter le sur-curage • Stabilisation des berges après curage
Curage du chenal d'amené et du chenal d'évacuation	Impact sur le fleuve	Eviter autant que possible l'ensablement du fleuve	• Réaliser les travaux pendant la saison sèche • Transporter les boues et sédiments extraits dans un site aménagé
Décapage	Impact sur la faune	Compenser les pertes dues à l'impact	• Faire l'inventaire de la végétation qui sera décapée • Faire une campagne de reboisement
Maçonnerie des ouvrages	Pollution de la zone environnante	Mettre un système de gestion de déchets solides	• Recycler ou évacuer les déchets de construction • Sensibiliser les ouvriers sur la gestion des déchets
	Risque d'accidents	Garantir la sécurité des ouvriers	• Former les personnels à la manipulation sécurisée des outils et équipements • Mettre à la disposition des ouvriers des équipement de protection individuelle (EPI)
Production du riz	Pollution du fleuve	Minimiser l'utilisation excessive des produits phytosanitaires	• Former les producteurs à la gestion et l'utilisation des produits phytosanitaires • Aménager des dépotoirs
	Impact sur la faune		

Gestion du périmètre et exploitation du périmètre	Impact social	Eviter les conflits	• Garantir une bonne gestion du périmètre • Faire des élections libres et transparentes

Annexe 29: Etat des lieux



Figure 8: prise tertiaire et quaternaire



Figure 9: Problème récurrent d'érosion des canaux



Figure 10: Programme prévisionnel de la campagne



Figure 11: Canal secondaire envahi par du sable





Figure 12: Drain secondaire envahi par la végétation



Figure 13: Rupture de plot de canal secondaire



Figure 14: Canal tertiaire bouché par de la terre



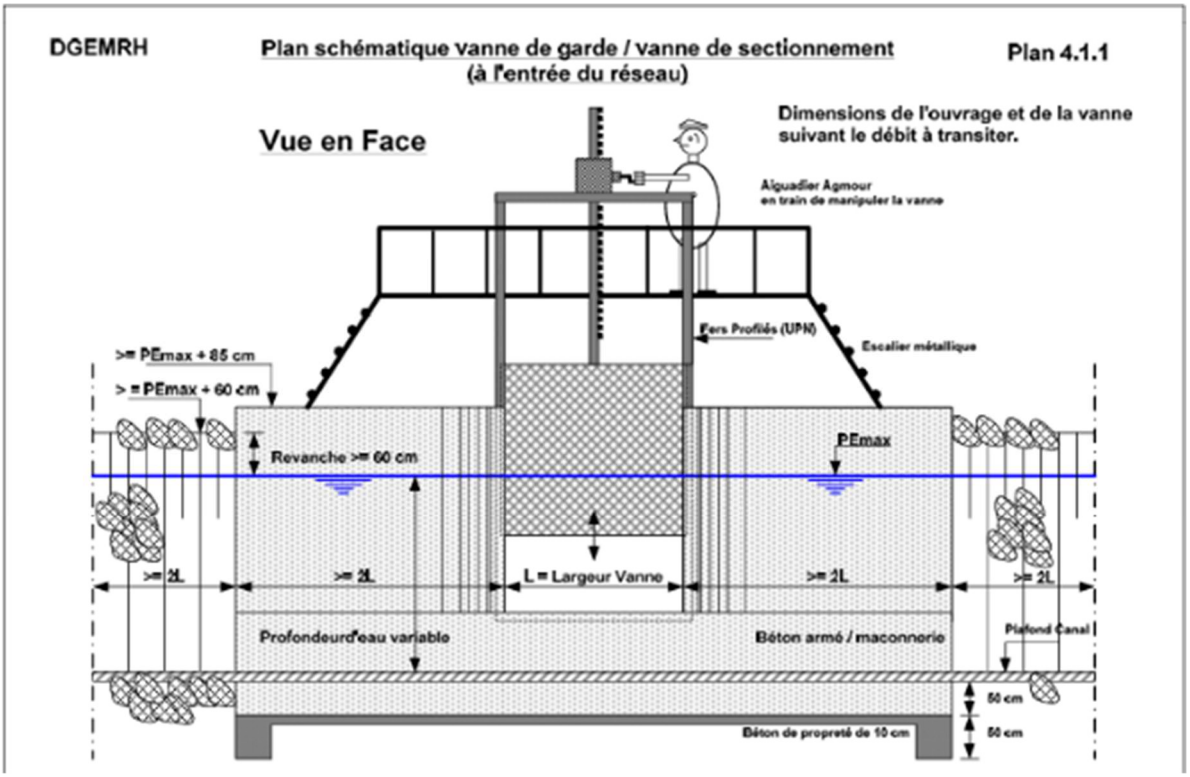
Figure 15: Canal tertiaire entièrement dégradé

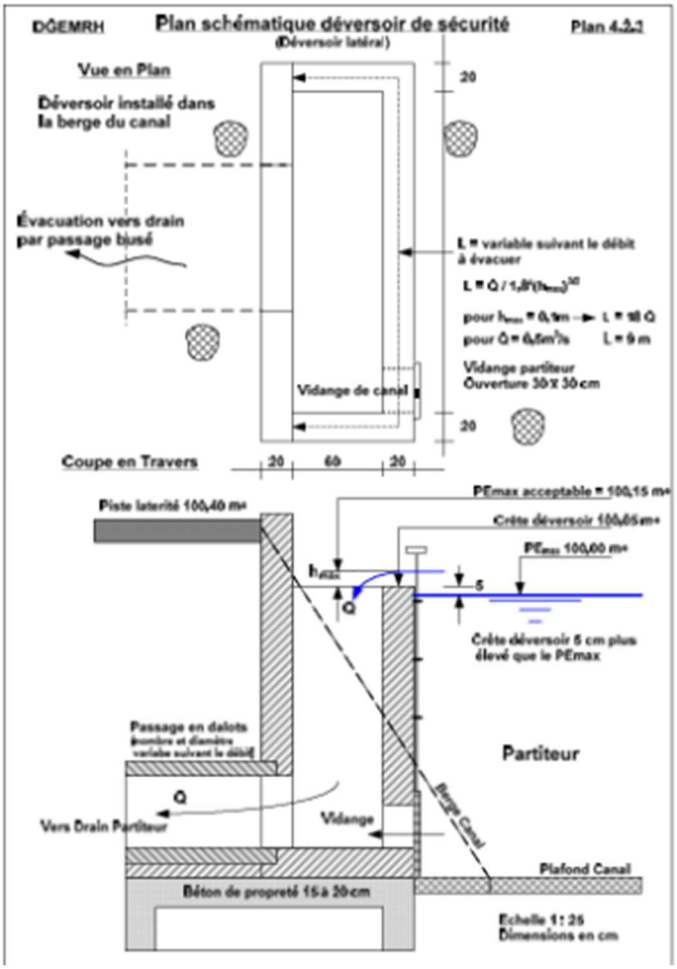
Annexe 30: Les ouvrages existants

INVENTAIRE DES OUVRAGES			
Section	Type d'ouvrage	Dimension	Qté
●CP			
CP	Prise principale Comoé	—	1
CP	Vanne à vis / Prise CS sur CP	1,00 × 1,50 m × 5 cm	4
CP	Vanne à vis / Sectionnement + dalot	1,60 × 1,55 m × 5 cm	3
●CS1			
CS1	Vanne à vis / Prise tertiaire	0,95 × 0,95 m × 3 cm	5
CS1	Vanne à vis / Régulateur	0,95 × 0,95 m × 3 cm	4
CS1	Vanne TOR / Prise quaternaire	0,50 × 0,70 m × 3 cm	26
CS1	Vanne TOR / Régulateur	0,50 × 0,70 m × 3 cm	26
CS1	Vanne TOR / Décharge	0,55 × 0,70 m × 3 cm	5
CS1	Déversoir de sécurité RD	2,00 × 0,90 × 0,30 m	1
CS1	Ouvrage de franchissement	Dalot béton	5
●CS2			
CS2	Vanne à vis / Prise tertiaire	0,95 × 0,95 m × 3 cm	4
CS2	Vanne à vis / Régulateur	0,95 × 0,95 m × 3 cm	3
CS2	Vanne TOR / Prise quaternaire	0,50 × 0,70 m × 3 cm	24
CS2	Vanne TOR / Régulateur	0,50 × 0,70 m × 3 cm	24
CS2	Vanne TOR / Décharge	0,55 × 0,70 m × 3 cm	4
CS2	Déversoir de sécurité RD	2,00 × 0,90 × 0,30 m	1
CS2	Ouvrage de franchissement	Dalot béton	4
●CS3			
CS3	Vanne à vis / Prise tertiaire - CT1, CT2	0,95 × 0,95 m × 3 cm	2
CS3	Vanne à vis / Prise tertiaire - CT3 à CT10	0,50 × 0,50 m × 3 cm	8
CS3	Vanne à vis / Régulateur	0,95 × 0,95 m × 3 cm	10
CS3	Vanne TOR / Prise quaternaire	0,50 × 0,70 m × 3 cm	34
CS3	Vanne TOR / Régulateur	0,50 × 0,70 m × 3 cm	34
CS3	Vanne TOR / Décharge	0,55 × 0,70 m × 3 cm	10
CS3	Déversoir de sécurité RD	2,00 × 0,90 × 0,30 m	2
CS3	Ouvrage de franchissement	Dalot béton	10
●CS4			
CS4	Vanne à vis / Prise tertiaire - CT1 à CT7	0,95 × 0,95 m × 3 cm	7
CS4	Vanne à vis / Prise tertiaire - CT8 à CT18	0,50 × 0,50 m × 3 cm	11
CS4	Vanne à vis / Régulateur - CT2 à CT18	0,95 × 0,95 m × 3 cm	17
CS4	Vanne TOR / Régulateur spécial CT17	0,40 × 0,60 m × 3 cm	1
CS4	Vanne TOR / Prise quaternaire - CT1 à CT4	0,50 × 0,70 m × 3 cm	17
CS4	Vanne TOR / Prise quaternaire - CT5 à CT18	0,40 × 0,60 m × 3 cm	54
CS4	Vanne TOR / Régulateur - CT1 à CT4	0,50 × 0,70 m × 3 cm	17
CS4	Vanne TOR / Régulateur - CT5 à CT18	0,50 × 0,60 m × 3 cm	54
CS4	Vanne TOR / Décharge - CT2 à CT4	0,50 × 0,70 m × 3 cm	3
CS4	Vanne TOR / Décharge - CT5 à CT18	0,50 × 0,60 m × 3 cm	14
CS4	Déversoir de sécurité RD	2,00 × 0,90 × 0,30 m	2

INVENTAIRE DES OUVRAGES			
Section	Type d'ouvrage	Dimension	Qté
CS4	Ouvrage de franchissement	Dalot béton	18

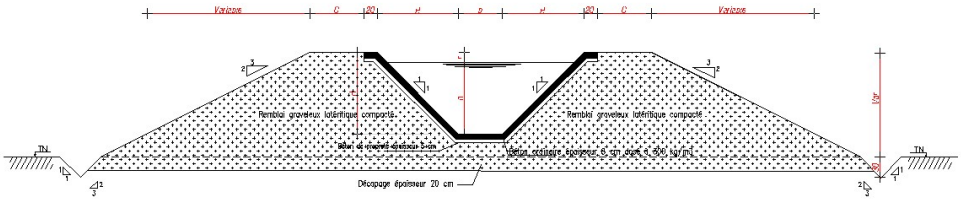
Annexe 31: Plans



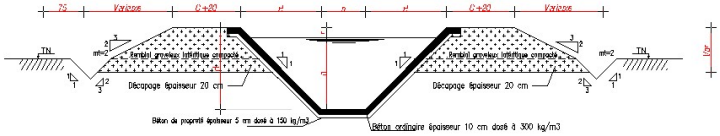


CANAL SECONDAIRE / TERTIAIRE – SECTION TRAPEZOIDALE

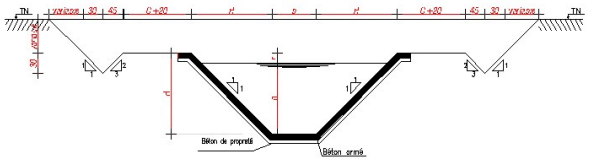
Profil en travers type 1: canal en remblai



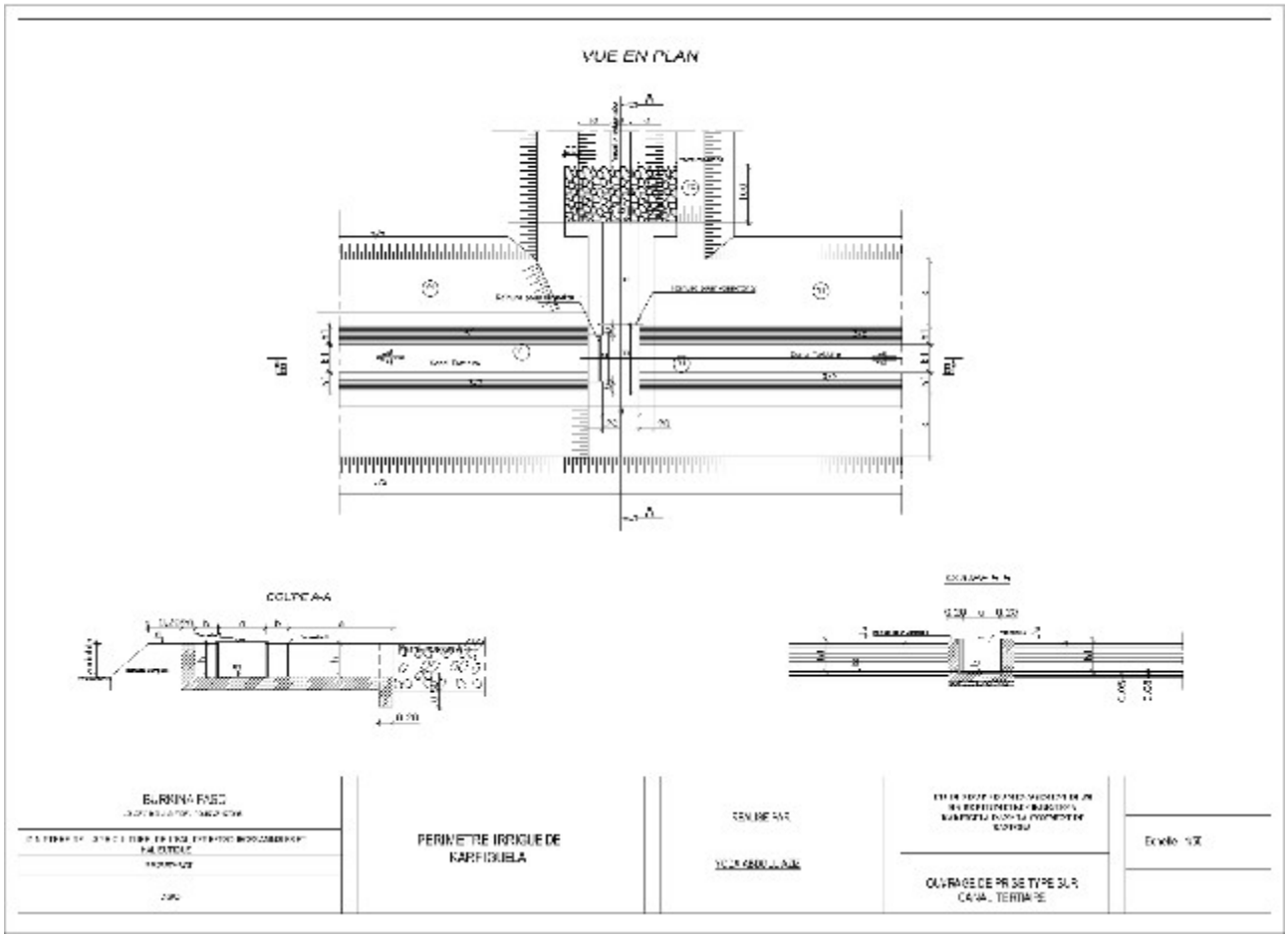
Profil en travers type 2: canal à profil mixte (déblai , remblai)

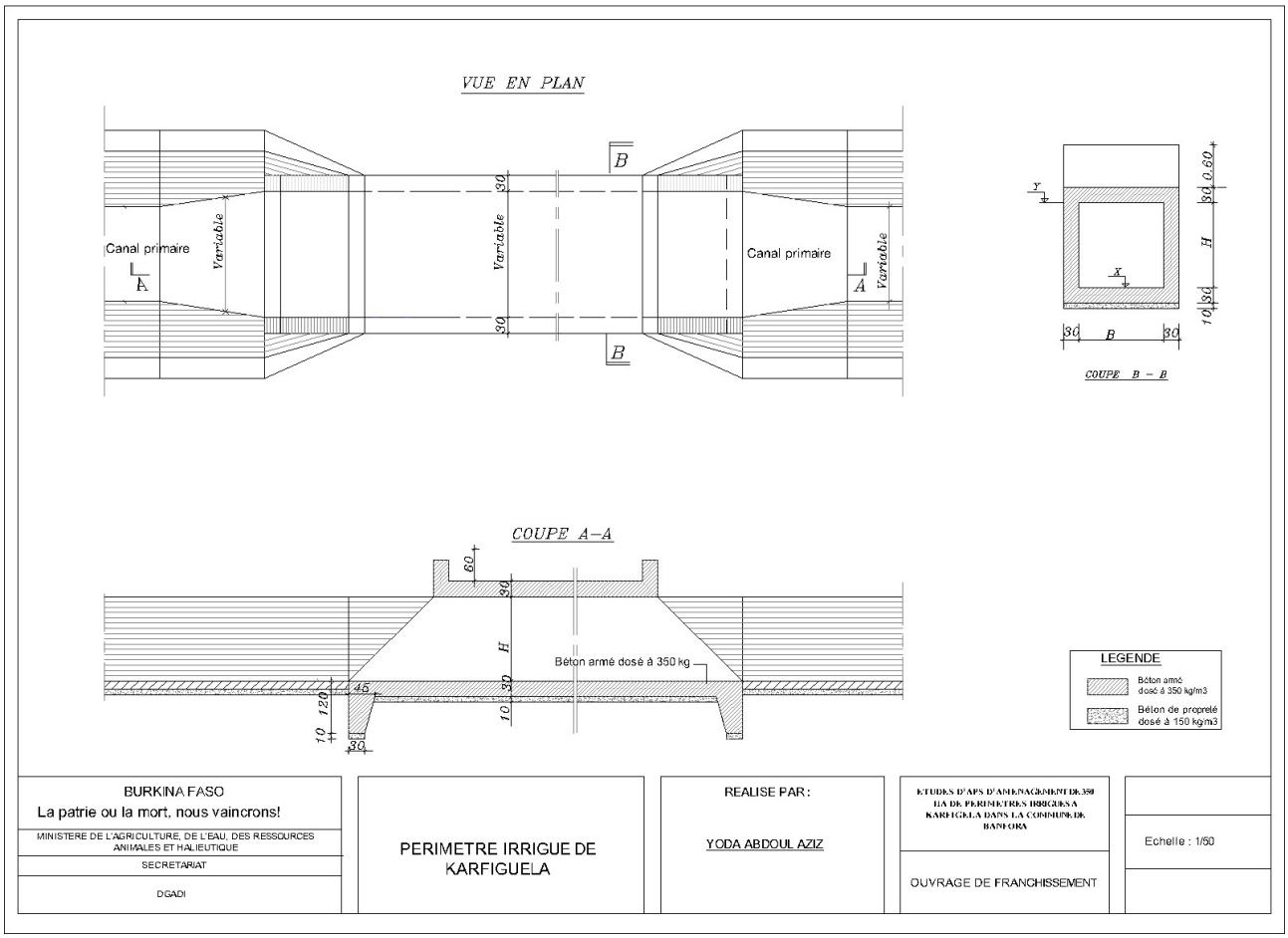


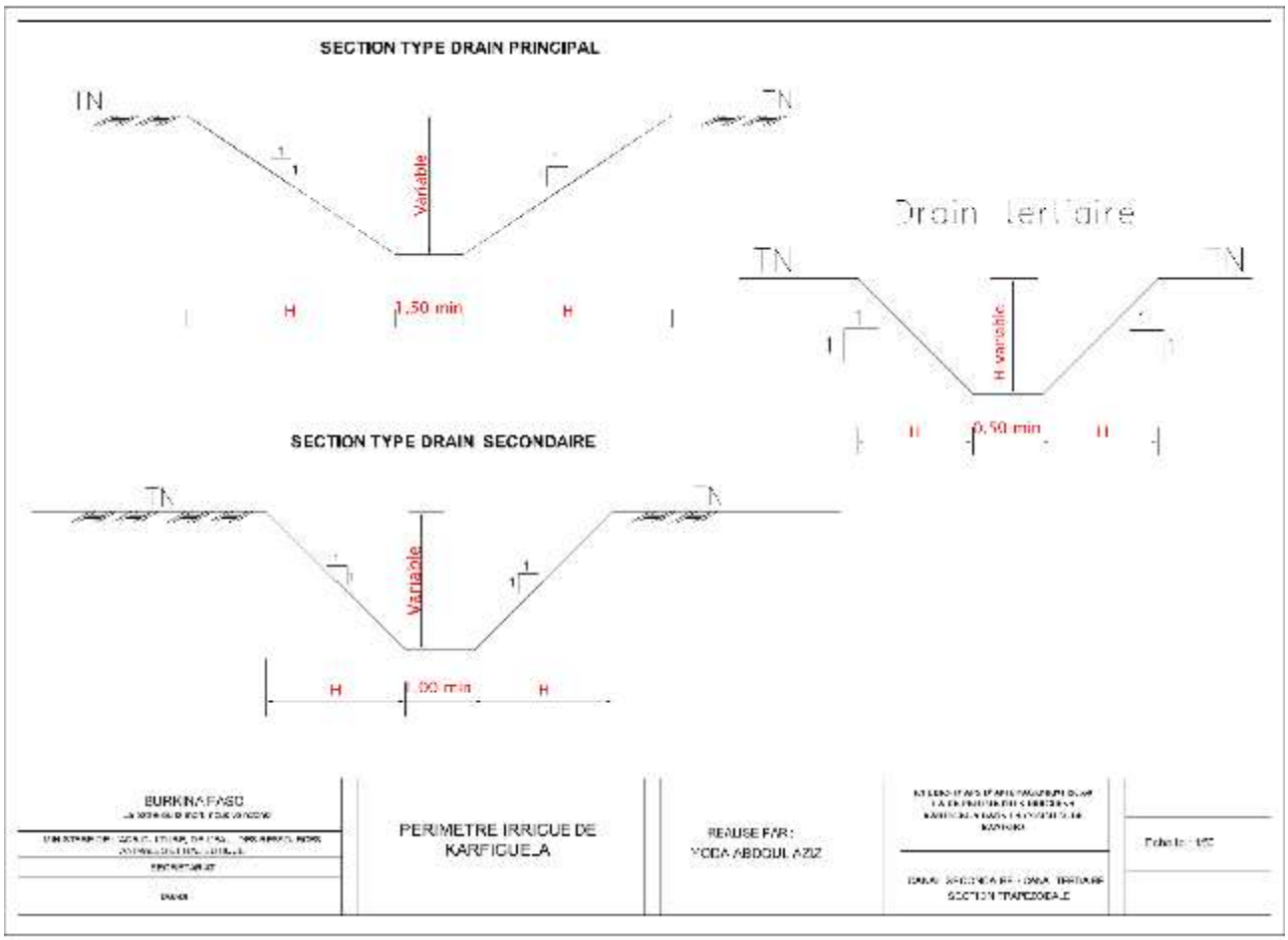
Profil en travers type 3: canal en déblai



BURKINA FASO La patrie ou la mort, nous vaincrons! MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'EAU, DES RESSOURCES ANIMALES ET HALIEUTIQUE SECRETARIAT DGADI	PERIMETRE IRRIGUE DE KARFIGUELA	REALISE PAR : YODA ABDOUL AZIZ	ETUDES D'APS D'AMENAGEMENT DE 350 HA DE PERIMETRES IRRIGUES A KARFIGUELA DANS LA COMMUNE DE BANFORA CANAL SECONDAIRE / CANAL TERTIAIRE SECTION TRAPEZOIDALE PROFIL EN TRAVERS TYPE	Echelle : 1/50


VUE EN PLAN
COUPE AA
PERIMETRE IRRIGUE DE KARFIGUELA
OUVRAGE DE PRISE TYPE SUR CANAL TERTIAIRE


VUE EN PLAN
Canal primaire
Variable
Canal primaire
Variable
COUPE A–A
Béton armé dosé à 350 kg
COUPE B – B
LEGENDE
Béton armé dosé à 350 kg/m3
Béton de propreté dosé à 150 kg/m3
BURKINA FASO
La patrie ou la mort, nous vaincrons!
MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'EAU, DES RESSOURCES ANIMALES ET HALIEUTIQUE
SECRETARIAT
DGADI
PERIMETRE IRRIGUE DE KARFIGUELA
REALISE PAR :
YODA ABDOUL AZIZ
ETUDES D'APS D'AMENAGEMENT DE 350 HA DE PERIMETRES IRRIGUES A KARFIGUELA DANS LA COMMUNE DE BANFORA
OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT
Echelle : 1/50


SECTION TYPE DRAIN PRINCIPAL
TN
Variable
H
1,50 min
H
Drain tertiaire
TN
H variable
0,50 min
SECTION TYPE DRAIN SECONDAIRE
TN
Variable
H
H
BURKINA FASO
PERIMETRE IRRIGUE DE KARFIGUELA
REALISE PAR:
YODA ABDOUL AZIZ

Fiche d'enquête

1- Enquêté

Nom : ----------

Prénom : ----------

Groupement : ----------

Adresse : ----------

Téléphone : ----------

2- Localisation du Projet

Commune : ----------

Village : ----------

Quartier : ----------

3- Organisation de la coopérative

quel est le nombre de membres de votre coopérative ?

Quels sont les organes de la coopérative ?

Quelle est la superficie totale exploitée et celle exploitée par chaque exploitant ?

Quelles sont les types de semences que vous produisez par campagne ?

Quel est le prix de la semence ?

Engrais et produit phytosanitaire utilisé, quantité par hectare et prix ?

Quel est le rendement de la culture ?

Quels sont les partenaires qui vous accompagnent et comment ?

Comment écouler votre production ?

Prix de vente des produits?

Quels sont les raisons ayant entrainées l'arrêt de la production en saison sècche ?

Quels types de spéculation aimerez-vous produire si le périmètre est réhabilité et que l'eau reste disponible toute la saison ? Pourquoi et suivant quel calendrier ?

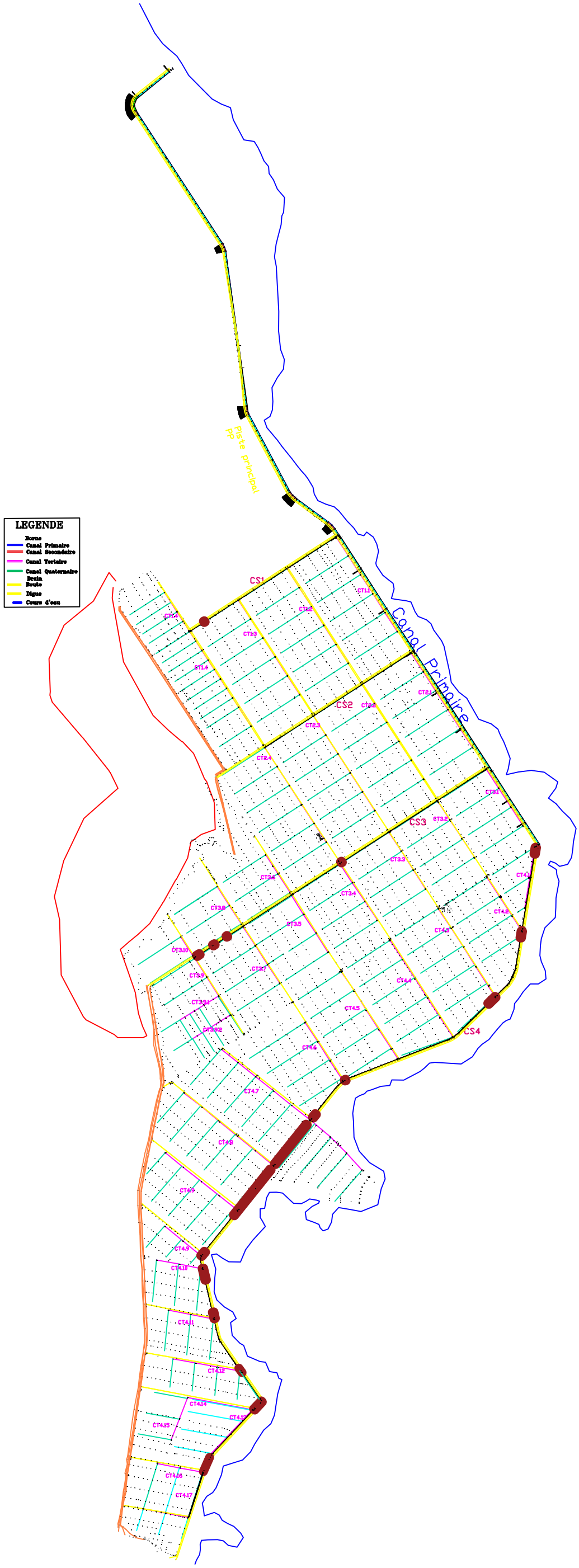
Quels sont les aspects techniques que vous aimerez voir prise en compte dans la réhabilitation (type d'irrigation, ….) ?

Comment est la coopération entre la SN-SOSUCO et la coopérative ?

Les exploitants sont-ils à jour du payement de la redevance et le montant de la redevance ?

Problèmes rencontrés et conflits ?

Recommandations et suggestions


LEGENDE
Borne
Canal Primaire
Canal Secondaire
Canal Tertaire
Canal Quaternaire
Drain
Route
Digue
Cours d'eau
Piste principal PP
Canal Primaire
CS1
CS2
CS3
CS4
CT1.1
CT1.2
CT1.3
CT1.4
CT2.1
CT2.2
CT2.3
CT2.4
CT3.1
CT3.2
CT3.3
CT3.4
CT3.5
CT3.6
CT3.7
CT3.8
CT3.9
CT3.10
CT4.1
CT4.2
CT4.3
CT4.4
CT4.5
CT4.6
CT4.7
CT4.8
CT4.9
CT4.10
CT4.11
CT4.12
CT4.13
CT4.14
CT4.15
CT4.16
CT4.17