

**ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE POUR L'AMENAGEMENT
D'UN BAS-FOND DE 25 HECTARES SUR LE SITE DE BOURBA
REGION DU CENTRE-NORD BURKINA FASO.**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC
GRADE DE MASTER**

**SPECIALITE : Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-
agricoles (GEAAH)**

Présenté et soutenu publiquement le **28 Janvier 2023** par

ZIGANI Astrid Vanessa (20150080)

Encadrement :

Directeur de mémoire : **M. Bassirou BOUBE** ; Enseignant-chercheur au 2iE.

Maitre de stage : **M. Zacharia R. SOULGA** ; Ingénieur Génie Rural, Directeur Général
d'INTER-REALISATIONS

Structure d'accueil du stage : **INTER-REALISATIONS SARL**

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr Amadou KEITA

Membres et correcteurs :

M. Kibissi PARE

Mme Rosella MANTORO

Promotion [2022/2023]

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À mon père et à ma mère pour leur amour, leur soutien inconditionnel ainsi que leur confiance ;

À mes frères et sœurs, à toute ma famille et à tous ceux qui m'ont toujours soutenue.

À mes amis pour leur soutien et leur disponibilité.

Veillez recevoir ma profonde gratitude.

Remerciements

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à tous ceux qui, par leur collaboration, ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire. Je tiens à remercier plus particulièrement :

- L'ensemble des enseignants de 2iE pour la formation reçue ;
- Mon encadreur, M. Bassirou BOUBE, pour sa disponibilité, ses conseils et son soutien
- Madame Cecilia PIAZZA pour le financement de mes études grâce à PENSTATE.

Pour la qualité de leur accueil et pour leur soutien technique et moral, mes remerciements s'adressent également à :

- M. SOULGA Zacharia, Directeur Général de Inter-Réalisations, pour l'opportunité de stage au sein de sa structure, ainsi que l'encadrement et le soutien tout au long du stage.
- A l'équipe d'Inter-Réalisations pour leur soutien et appui professionnel ;

Résumé

Le présent mémoire présente les résultats de l'étude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso. Cette étude entre dans le cadre de l'amélioration des conditions de vie et de revenus des populations rurales conjointement financée par la FIDA et le gouvernement.

Les études de bases de la localité de Bourba ont permis d'obtenir le débit décennal de projet par la méthode du ORSTOM estimé à **42,27 m³/s**. Ces différentes études menées ont conduit à une conception d'un aménagement de type PAFR T7 avec des diguettes suivant les courbes de niveau revêtues et au dimensionnement des ouvrages (diguettes, pertuis de vidange, BCER). Le bas-fond présente une superficie exploitable de **23,75 ha**. Il est prévu sur le site la réalisation de **104** parcelles avec des unités parcellaires comprises entre 0,17 et 0,30 ha. Comme mesure d'accompagnement il est prévu la réalisation d'un périmètre maraîcher sur une superficie de 2 ha.

L'aménagement du bas-fond à Bourba s'élève à **83 578 551 F CFA HT**, à raison de **3 343 142 F CFA** à l'hectare. Ce projet prend en compte les activités des cultures de contre saison (les cultures maraîchères tels que : oignon, tomate, chou, haricot vert) en proposant un forage et des équipements d'irrigation donnant un montant global du projet d'une valeur de **112 538 787 F CFA**. Dans le respect des normes environnementales, portants conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique il est indispensable d'établir dans le cas de notre étude une Notice d'Impact Environnemental et Social de catégorie B. Ainsi la mise en œuvre de son PGES est estimée à **11 000 000 FCFA**. La rentabilité du projet et l'appui remarquable du maraîchage nous ont permis d'avoir une durée de retour sur l'investissement inférieur à 5 ans.

Mots Clés

- 1 – Aménagement ;**
- 2 – Bas-fond ;**
- 3 – Bourba;**
- 4 – PAFR;**
- 5 – Maraîcher.**

Abstract

This memorandum presents the results of the detailed design study for the development of a 25ha lowland on the Bourba site in the Centre-North region of Burkina Faso. This study is part of the improvement of living conditions and income of rural populations jointly financed by IFAD and the government.

The basic studies of the Bourba locality made it possible to obtain the decennial flow of project by the method of ORSTOM estimated at 42,27 m³/s. These various studies led to the design of a PAFR T7 type development with dikes following the lined contour lines and the sizing of the structures (dikes, drainage openings, BCER). The lowland has an exploitable area of 23.75 ha. It is planned to create 104 plots of land on the site with parcel units ranging from 0.17 to 0.30 ha. As an accompanying measure, it is planned to create a market gardening perimeter on a surface of 2 ha.

The development of the lowland at Bourba amounts to 83,578,551 CFA francs exclusive of tax, at a cost of 3,343,142 CFA francs per hectare. This project takes into account off-season crop activities (market garden crops such as onions, tomatoes, cabbage, green beans) by proposing a borehole and irrigation equipment for a total project value of 112,538,787 CFA francs. In compliance with environmental standards, the conditions and procedures for carrying out and validating the strategic environmental assessment must be established in the case of our study a Notice of Environmental and Social Impact of category B. Thus, the implementation of its ESMP is estimated at 11 000 000 FCFA. The profitability of the project and the remarkable support of market gardening have allowed us to have a return on investment of less than 5 years.

Key words

- 1** – Layout;
- 2** - Lowland
- 3** - Bourba
- 4** - PAFR
- 5** - Market gardening.

Liste des abréviations

FIDA : Fonds International de Développement Agricole

PAFR : Plan d'Action pour la Filière riz

PNDES : Plan National de Développement Economique et Social

HT: Hors taxes

UTM: Urchin Tracking Module

GPS : Global Positionning System

SIG : Système d'Information Géographique

BNDT : Base National de Données Topographique

PIB : Produit Intérieur Brut

RN : Route National

CIEH : Comité Interafricain des Etudes Hydrauliques

FAO : Food and Agriculture Organization

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer (alias IRD)

IST : Infection Sexuellement Transmissible

MST : Maladie Sexuellement Transmissible

DF : Diguette Filtrante

DCN : Diguette suivant les Courbes de Niveau

BCER : Bassin de Collecte des Eaux de Ruissellement

DGAHDI : Direction Générale des aménagements hydro-agricole et du Développement de l'Irrigation

2iE : Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

ETM : Evapotranspiration Maximale

ET0 : Evapotranspiration de référence

CPSC : Commission Pédologique et de Cartographie des Sols

BMP : Besoin Maximal de Pointe

Pe : Pluie efficace

Kc : Coefficient Cultural

PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social

LIFEP04 : Lithium Iron Phosphate

PCD : Plan Communal de Développement

PU : Prix Unitaire

SP : Série- Parallèle

HMT : Hauteur Manométrique Totale

DN : Diamètre Nominal

DRI : Durée de Retour sur Investissement

Table des matières

Dédicaces	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
Liste des abréviations	v
Liste des tableaux	xii
Liste des figures	xiii
Introduction	1
I. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude	2
I.1 Présentation de la structure d'accueil	2
I.2 Présentation de la zone d'étude	3
I.2.1 Localisation et accès au site	3
I.2.2 Milieu physique.....	4
II. Présentation du projet	7
II.1 Contexte et Justification	7
II.2 Objectifs de l'étude.....	7
II.2.1 Objectif général	7
II.2.2 Objectifs spécifiques	7
III. Méthodologie de conception	7
III.1 Matériels	8
III.2 Méthodes	8
III.2.1 Etude diagnostic	8
III.2.2 Présentation des études de bases	9
IV. Etude techniques de conception et de dimensionnement des ouvrages	20
IV.1.1 Vérification des critères d'aménagement	20
IV.1.2 Présentation des différents types et techniques d'aménagements de bas-fonds.....	20
IV.1.3 Evaluation des différents types d'aménagements.....	21
V. Résultats des études	22
V.1 Synthèse de l'étude diagnostic	22

V.2	Résultats des études de bases.....	22
V.2.1	Synthèse de l'étude socio-économique	22
V.2.2	Synthèse des études topographiques	24
V.2.3	Synthèse des études pédologiques.....	25
V.2.4	Résultats des études pluviométriques.....	26
V.2.5	Résultats des études hydrologiques.....	27
V.2.6	Résultat des estimations des besoins en eau.....	31
V.3	Résultats des études techniques de conception et de dimensionnement des ouvrages .	32
V.3.1	Proposition d'aménagement.....	32
V.3.2	Vérification des critères de l'aptitude à l'aménagement.....	32
V.3.3	Choix du type d'aménagement de bas-fond.....	33
V.3.4	Evaluation des différents modèles techniques d'aménagements	33
V.3.5	Atouts et contraintes du projet d'aménagement.....	33
V.3.6	Types d'ouvrages projetés pour l'aménagement.....	34
V.3.7	Description des ouvrages et de la mise en œuvre.....	36
V.3.8	Calage et dimensionnement des ouvrages.....	39
V.3.9	Superficie aménageable et superficie nette exploitable	42
V.3.10	Calcul d'avant-métré des ouvrages projetés.....	42
VI.	Etude des coûts.....	44
VI.1	Devis quantitatif et Devis estimatif	44
VI.2	Etude de la rentabilité et de la durée de retour sur l'investissement (DRI).....	44
VI.2.1	Calcul de la rentabilité.....	44
VI.2.2	Calcul de la durée de retour sur l'investissement (DRI)	45
VI.2.3	Organisation des travaux et planning prévisionnel des travaux	45
VI.2.4	Gestion des aménagements.....	48
VI.2.5	Organisation de l'entretien	49
VII.	Etude d'impacts environnementales et sociales	50
VII.1	Rappel du cadre législatif régissant le projet.....	51
VII.2	Rappel des composantes et phases du projet.....	51

VII.3	Identification et évaluation des impacts	52
VII.3.1	Etat initial du site et de son environnement.....	52
VII.3.2	Impacts potentiel du projet sur l'environnement.....	52
VII.4	Plan de gestion environnemental et social.....	53
VII.4.1	Pour le milieu biophysique	53
VII.4.2	Pour le milieu humain.....	54
VII.5	Estimation des coûts des mesures environnementales	55

FICHE TECHNIQUE	
ETUDES D'AVANT-PROJET DETAILLEES POUR L'AMENAGEMENT DU BAS-FOND DE BOURBA	
LOCALISATION	
Village	Bourba
Commune	Boala
Province	Namentenga
Région	Centre – Nord
Coordonnées	30P738323,00mE 1431834,98Mn
BASSIN VERSANT	
Superficie :	38,70Km ²
Périmètre :	30,97 Km
Indice de compacité	1,40
Pente longitudinale	4,18 m/km
Indice global de pente	6,52 m/km
Classe d'infiltrabilité	RI
Débit de la crue décennale	42,27 m ³ / s
Pluviométrie annuelle moyenne	648 mm
Apports solides estimés	10624,5m ³ /an
AMENAGEMENT DU BAS-FOND	
Type de culture	Riz pluvial
Mode d'irrigation	Submersion
Type d'aménagement	Diguettes suivant les Courbes de niveau revêtues (DCN-R)
Nombre de DCN-R	16
Longueur totale DCN-R	5341,24 m
Nombre de pertuis sur DCN	34
Nombre de Cavalier	2
Nombre de pertuis sur Cavalier	4
Superficie aménagée utile	23,75 ha
Nombre de parcelles	104 parcelles (0,17 à 0,30 ha)

Nombre de DF	4
Longueur totale DF :	1332,89m
Nombre de BCER	2
Nombre de forage	1
PERIMETRE MARAICHER	
Superficie	2 ha à raison de 0,2ha par exploitants
Cultures envisagées	Chou, oignon, tomate, haricot vert
Débit du système	2,5 l/s/ha
Organisation de l'arrosage	Tour d'eau : 2 Nombre de poste par jour : 5 Temps de poste : 2h Débit des asperseurs : 60 l/h
Station de pompage	Pompe : 5 m ³ /h, HMT de 75 m, puissance de 2,2 KW Source d'énergie : Système hybride 10 Modules de 600W ; Puissance totale de 6000 W 16 Batteries de tension Nominale 13,2V, capacité 280Ah 3 onduleurs hybrides de 8000W chacun

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Classes des bassins en fonction de la pente.....</i>	<i>12</i>
<i>Tableau 2 : Equation de détermination de Kr10 avec la méthode de PUECH</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 3: Formules de calcul de la dégradation spécifique.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 4 : Présentation de quelques types d'aménagement de bas-fond</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 5 : Démographie de la population de Bourba</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 6 : Référence de la polygonale.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 7 : Caractéristiques topographiques du bas-fond.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 8 : Description des pluies annuelles et maximales journalières.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 9 : Synthèse de l'analyse pluviométrique.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 10 : Caractéristiques du bassin versant de Bourba</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 11 : Paramètres de calcul de la crue décennale</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 12 : Crues décennale selon les méthodes ORSTOM et CIEH.....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 13 : Apports liquides du bassin versant</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 14 : Estimation des apports solides</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 15 : Estimation des besoins en eau du riz.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 16 : Caractéristiques des diguettes filtrantes.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 17 : Caractéristiques des bassins promus par la DGAHDI.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau 18 : Caractéristiques du remblai de terre compactée.....</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 19 : Caractéristiques des enrochements</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 20 : Caractéristiques des DCN pour l'aménagement du site de Bourba.....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 21 : Nombre de pertuis par DCN et cavalier.....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 22 : Caractéristiques des diguettes filtrantes.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 23 : Superficie nette exploitable.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 24 : Métré des ouvrages.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 25 : Calcul de la rentabilité des cultures</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 26 : Planning prévisionnel des travaux</i>	<i>47</i>

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du site de Bourba 4

Figure 2 : Carte des sols 5

Figure 3 : Réseau hydrographique de la commune de Bourba 6

Figure 4 : Carte du bassin versant du site 27

Figure 5 : Courbe hypsométrique 28

Figure 6 : Les différentes variantes des DCN..... 83

Figure 7 : Les sous variantes du type T7 83

Introduction

L'agriculture au Burkina Faso à l'instar des pays de l'Afrique subsaharienne, joue un rôle important dans le développement économique et social du pays. Elle contribue pour 35% à 40% au PIB et constitue la principale activité génératrice de revenus. En effet selon les statistiques, le pays dispose d'un potentiel de terres cultivables d'environ 9 millions d'hectares, soit 33% de sa superficie totale. Près de 2 millions sont constitués de terres de bas-fonds mais la précarité de la pluviométrie conduit à des déficits chroniques de production agricoles dans plusieurs régions. Ces déficits sont ainsi à l'origine des importations de produits agricoles que sont : le riz, le maïs, le sorgho, ...(*agriculture.gouv.fr*)

Dans le but de pallier aux phénomènes dus aux changements climatiques et lutter efficacement contre la pauvreté par l'atteinte d'une sécurité alimentaire, le gouvernement à travers le Plan National de Développement Economique et Social (PNDES) poursuit la mise en œuvre de programmes structurels pour le développement de l'agriculture avec maîtrise totale et partielle des ressources en eau. D'importants efforts ont été déployés pour la réalisation d'aménagements hydro-agricoles afin de promouvoir l'intensification de l'agriculture et ainsi réduire les fluctuations des productions dues aux aléas climatiques et assurer ainsi la sécurité alimentaire des populations. C'est dans cette optique que le Fonds International de Développement Agricole et le Gouvernement du Burkina-Faso ont signé des accords de Don et de prêt en vue du financement du Projet de Gestion participative des ressources naturelles et de développement rural du Nord et Est dénommé Projet « NEER-TAMBA ». L'objectif général du Projet étant d'améliorer les conditions de vie et de revenus des ménages ruraux les plus défavorisées. Il s'agira plus spécifiquement d'appuyer les populations cibles à construire et à renforcer leur autonomie et leur capacité à jouer un rôle moteur croissant dans la construction d'un tissu économique social durable, à travers de la réalisation de 700ha de bas-fond et 70ha de périmètres maraîchers dans la région du Centre-Nord. Dans cette perspective l'aménagement de 25ha sur le site de Bourba dans la commune de Boala nous a été confié.

Ce présent mémoire présente « L'étude d'Avant-Projet Détaillé pour l'aménagement de 25 ha de bas-fond sur le site de Bourba ».

Dans les lignes qui suivront, nous ferons de prime à bord une présentation de la zone, ainsi que du contexte du projet. Ensuite, nous présenterons la méthodologie de conception, des ouvrages appuyées par des recommandations.

I. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude

I.1 Présentation de la structure d'accueil

Société A Responsabilité Limitée (SARL), INTER REALISATIONS est membre de la maison de l'entreprise du Burkina Faso. Elle a été créée le 08 novembre 1999 et inscrite officiellement sous le registre n°1999 A1936 / 2007 B 214. Née de la volonté de M. Zacharia R. SOULGA, ingénieur en génie rural, membre de l'ordre des ingénieurs et enseignant vacataire en aménagements des bas-fonds à l'institut 2iE, cette société est le creuset d'une expertise dans les domaines de compétences que sont : Mobilisation et gestion des ressources en eau, l'Agriculture, l'Assainissement, les Adductions d'eau potable, le Génie Civil et l'Environnement.

L'entreprise dispose d'un personnel cadre et de soutien hautement qualifié. Elle intervient dans l'étude de faisabilité, d'avant-projet détaillé, d'exécution des projets et travaille en groupement avec certains bureaux d'études et entreprises d'exécution.

Elle utilise également du matériel roulant, du matériel de chantier et du matériel informatique adaptés aux normes internationales de sa spécialité. Son siège se trouve dans la cité 1200 logements, secteur n°14.180, rue n°14.35, villa n°1180 à Ouagadougou au Burkina Faso.

L'organigramme de la structure se présente comme suit :

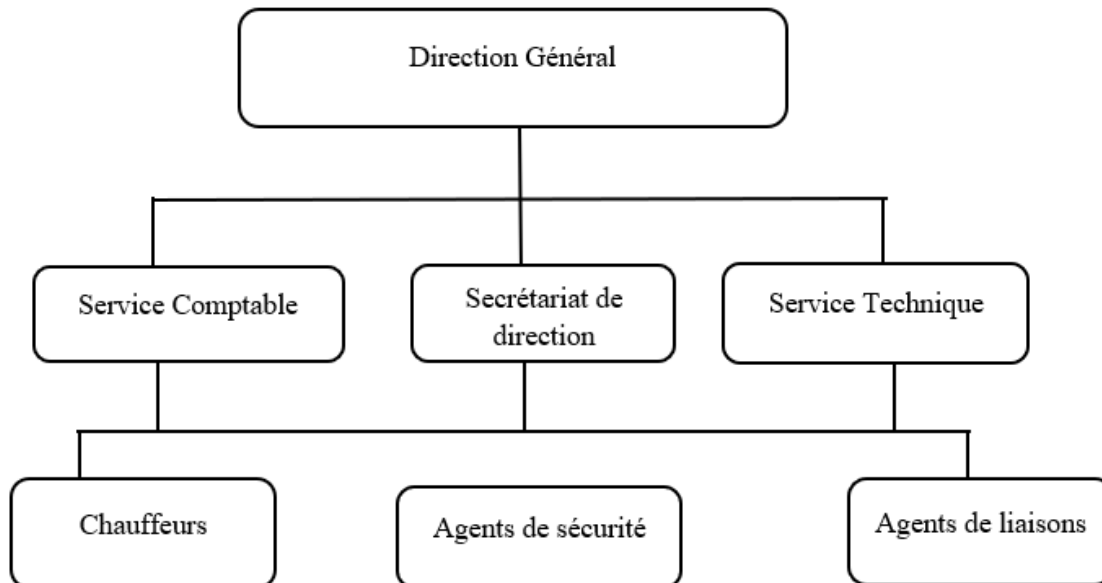


Figure 1 : Organigramme de INTER-REALISATIONS

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Localisation et accès au site

Le village bénéficiaire de l'aménagement se situe dans la commune de Boala, province du Namentenga, région du Centre-Nord. La commune s'étend sur une superficie de 557 km². Il est limité par les communes de :

- Boulsa au Sud-Est (province du Namentenga) ;
- Zéguédéguin à l'Est (province du Namentenga) ;
- Pibaoré à l'Ouest (province du Sanmatenga) ;
- Tougouri au Nord-Est (province du Namentenga) ;
- Pissila au Nord-Ouest (province du Sanmatenga)

Les coordonnées géographiques en UTM d'un point du site relevé au GPS donnent : **30 P 738323.00 m E 1431834.98 m N.**

L'accès au village à partir de Ouagadougou se fait d'abord sur la RN3 reliant Ouagadougou à Kaya distante de 102,3 km. Puis à partir de Kaya l'accès à la commune Boala se fait sur la RN15 sur une distance de 53,2km. La localité de Bourba est ainsi distante de 12km du centre de la commune.

La localisation du site sur la carte se présente comme suit :

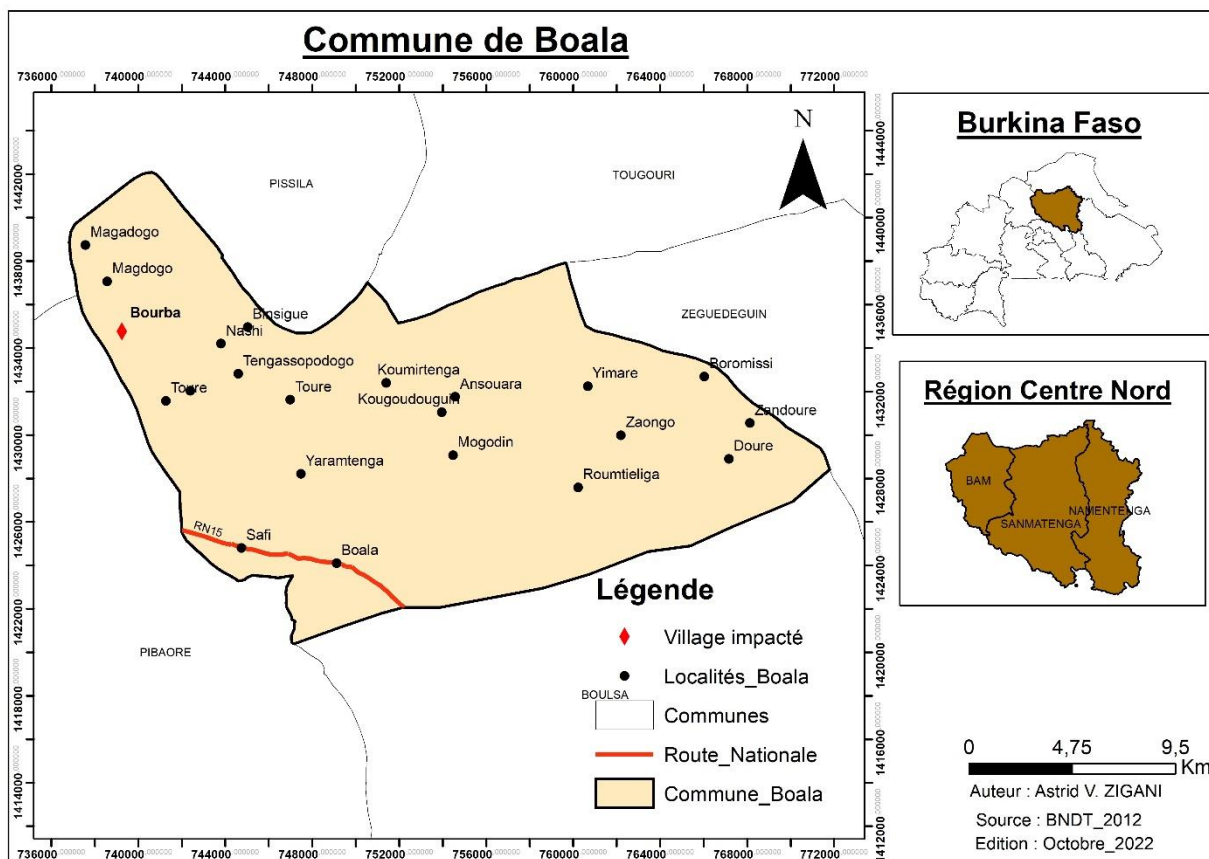


Figure 1 : Localisation du site de Bourba

I.2.2 Milieu physique

I.2.2.1 Climat

La zone d'étude se situe dans la zone climatique soudano-sahélienne, caractérisée par deux saisons distinctes à savoir :

- Une saison sèche relativement longue de 7 à 8 mois, qui va d'Octobre à Mai ;
- Une saison des pluies plus courte qui va de Juin à Septembre, avec un pic au cours du mois de Juillet et Août.

En saison sèche, on distingue deux (02) périodes, une sèche et froide couvrant les mois de Novembre à Mars qui se caractérise par l'action de l'harmattan. Le mois le plus froid est Décembre. Dans la période sèche et chaude les plus hautes températures sont enregistrées en Avril. La période froide va de Décembre à Janvier. Durant cette période la zone est soumise au régime de l'alizé continental ou l'harmattan. Ce vent a un effet desséchant qui s'accroît en Avril avec des températures élevées pouvant atteindre 40°C. De ce fait, les amplitudes thermiques sont faibles en Août et élevées en Décembre.

Les hauteurs de pluies moyennes annuelles sont de plus de 600 mm et montrent de grandes variations d'une année à l'autre, de même pour le nombre de jours de pluies (*Mairie, 2020*).

I.2.2.2 Végétation

La végétation du site présente les mêmes caractéristiques que celle de la province du Namentenga. Cette végétation est de type arborée, riche avec une grande représentativité d'espèces agro-forestières comme *Diospyros mespiliformis* et *Lannea microcarpa*. (*AC3E Ingénieurs Conseils, 2018*)

I.2.2.3 Sols

Dans la zone d'étude, on rencontre des sols hydromorphes dans les zones basses de la topographie. Ces sols permettent la production céréalière. Dans le bas-fond, les sols sont argileux, les cultures pratiquées sont essentiellement le riz et le sorgho. Ce sont des hydromorphes qui appartiennent au groupe des sols à pseudogley d'ensemble peu humifères à pseudogley et s'associent aux sols bruns eutrophes sur matériau argileux. Ces sols évoluent sous l'influence d'un excès d'eau temporaire ou permanent avec une fertilité chimique moyenne. Ils sont propices aux cultures irriguées de riz et au maraîchage. (*AC3E Ingénieurs Conseils, 2018*)

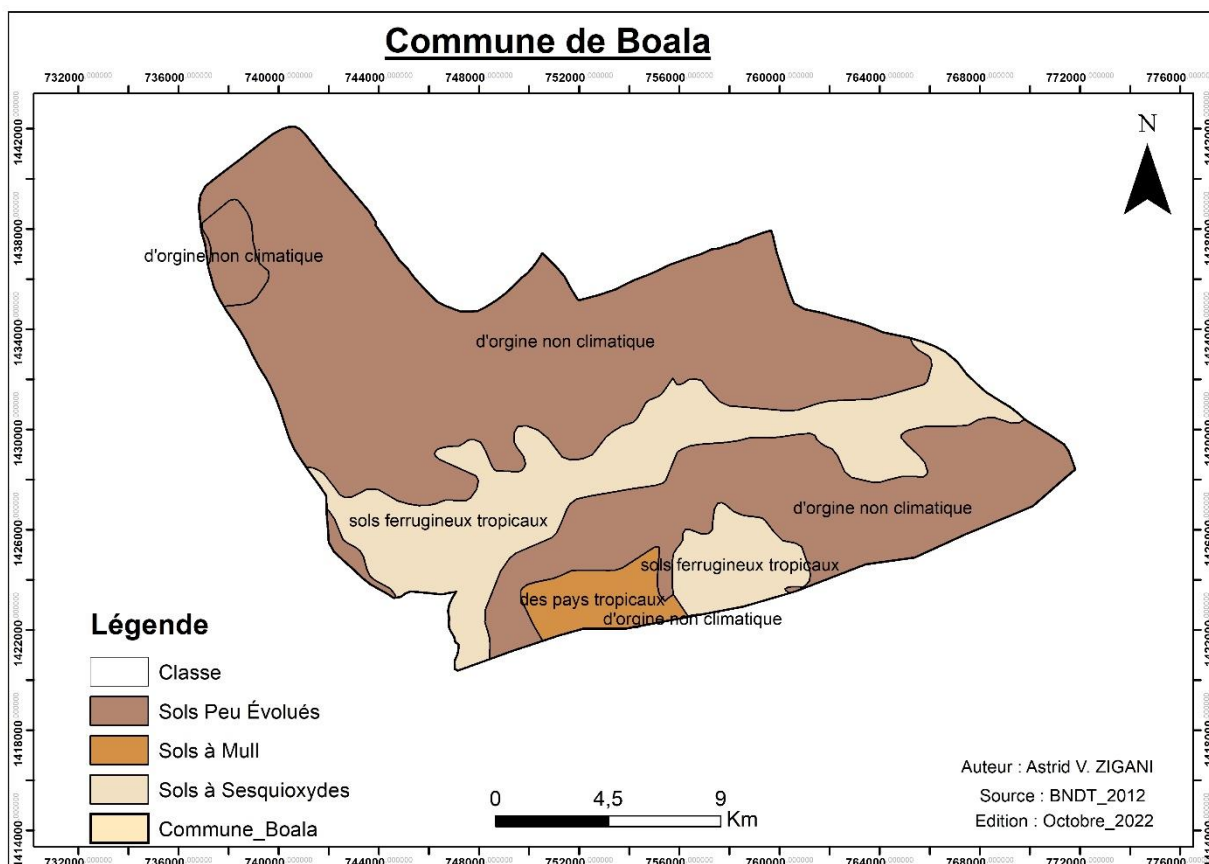


Figure 2 : Carte des sols

I.2.2.4 Faune

Sur le plan des richesses fauniques de la zone d'étude, l'augmentation des superficies emblavées et la forte pression pastorale ont entraîné une dégradation progressive de l'habitat et de la faune. La conséquence directe de cette dégradation est la rareté du gibier sur les terroirs villageois habités, sa fuite vers des zones propices à son développement. La faune se résume dans les parties en exploitation au petit gibier. Les principales espèces animales rencontrées dans le département sont : le francolin communément appelé perdrix ou *Francolinus bicalicaratus*, le lièvre ou *Lepus capensis*, l'écureuil ou *Expiserus erythropus*, le chat sauvage ou *Felis hybica*, les singes etc. (AC3E Ingénieurs Conseils, 2018)

La pêche est pratiquée dans les bas-fonds et les cours d'eau. Cette pêche est de type artisanal. Les principales espèces pêchées sont entre autres : *Oreochomis niloticus* (carpes), *Lates niloticus* (capitaine), *Gymnarchus niloticus* (poisson cheval), *Clarias sp* (silures) etc. (AC3E Ingénieurs Conseils, 2018)

I.2.2.5 Hydrographie

Au niveau communal, la longueur du réseau hydrographique est de 588,2km dont 61,5 km de cours d'eau importants et 526,7 km de cours d'eau secondaires. Sa densité est relativement importante avec 1,28 km de cours d'eau au km². La commune renferme une retenue d'eau

assez importante. Il existe par ailleurs de nombreux marigots le long des cours d'eau principaux et un certain nombre de boulis y sont aménagés. (Mairie, 2020)

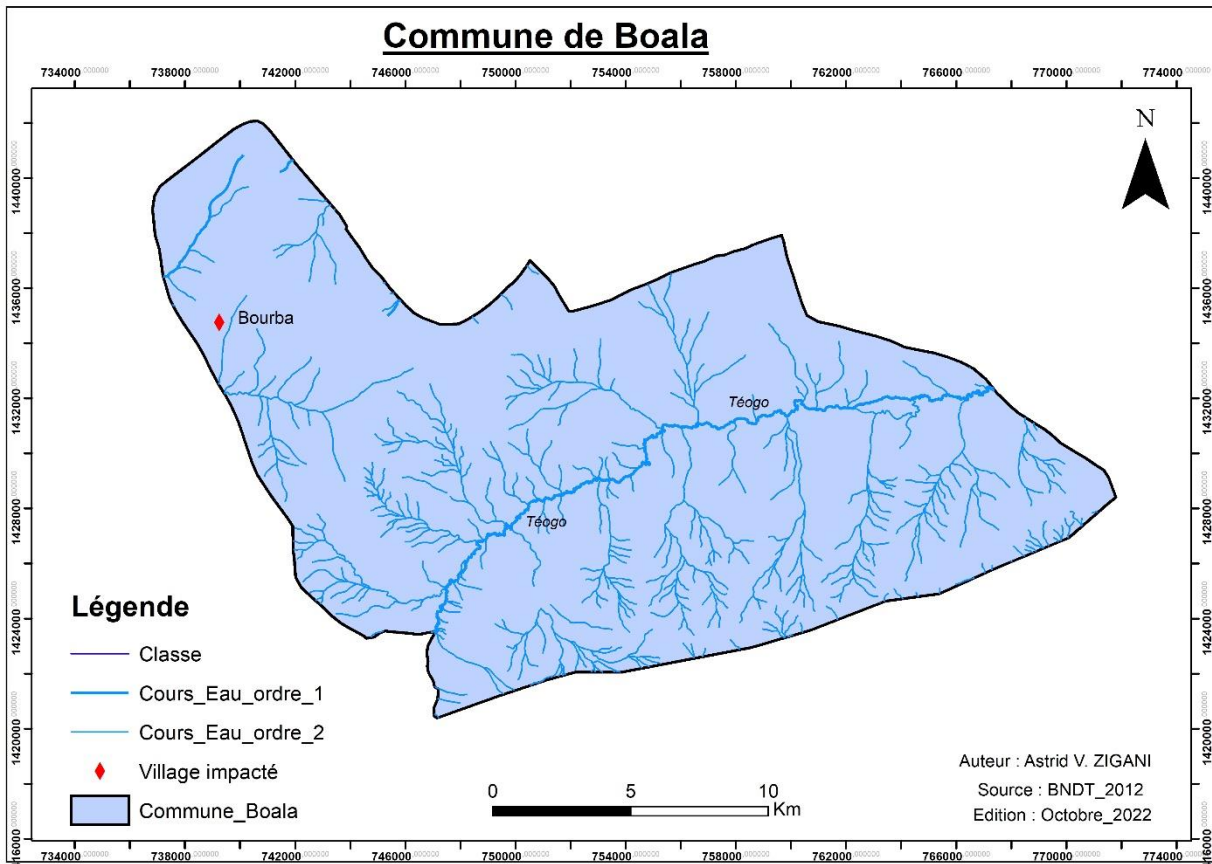


Figure 3 : Réseau hydrographique de la commune de Bourba

II. Présentation du projet

II.1 Contexte et Justification

Au Burkina Faso, le secteur agricole occupe plus de 80% de sa population. Malheureusement ce secteur rencontre d'énormes difficultés, parmi lesquelles la faible productivité des terres et la précarité des conditions climatiques. Dans le but d'améliorer ces conditions au sein des populations rurales, le développement du secteur hydro-agricole apparait comme le meilleur moyen d'augmenter la production agricole en réduisant sa vulnérabilité à la variable climatique. Compte tenu de du potentiel de terre de bas-fond de près de deux (02) millions l'aménagement de bas fond constitue une des solutions envisageables. (*dgnr.gouv.ml*)

C'est dans cet optique que pour lutter efficacement contre la pauvreté par l'atteinte d'une sécurité alimentaire, le Gouvernement du Burkina Faso à travers le Plan National de Développement Economique et Social (PNDES), poursuit la mise en œuvre des programmes structurels pour le développement de l'agriculture avec maîtrise totale ou partielle des ressources en eau.

Le projet « NEER-TAMBA » s'inscrit donc dans cette perspective de maîtrise des ressources en eau et permettra d'améliorer la résilience des exploitations familiales faces aux aléas climatiques, de contribuer à renforcer leur autonomie financière, à la valorisation de leurs productions et aussi à une amélioration de l'autonomie économique.

II.2 Objectifs de l'étude

II.2.1 Objectif général

L'objectif général de cette étude, vise à contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations de la localité à travers l'aménagement de 25 ha de bas-fond sur le site de Bourba au Burkina-Faso.

II.2.2 Objectifs spécifiques

Dans le cadre du projet, il s'agira de façon spécifique d'établir :

- Une synthèse de l'étude socio-économique ;
- Une étude technique détaillée ;
- Une synthèse de l'étude d'impact environnementale ;
- Un mode de gestion et de protection de l'aménagement ;
- Un devis quantitatif et estimatif pour la réalisation des travaux.

III. Méthodologie de conception

La mise en place de cette étude, vise à appuyer les populations cibles à la construction et au renforcement de leur autonomie et leur capacité à jouer un rôle moteur croissant dans la

construction d'un tissu économique durable. Les activités initiées s'articulent autour de l'aménagement du bas-fond pour la production du riz et éventuellement pour la culture de contre-saison.

Dans cette partie nous présenterons en détails le matériel, les étapes de l'étude ainsi que les méthodes de calcul utilisées.

III.1 Matériels

Dans le but de mener à bien le dimensionnement du bas-fond le matériel utilisé se compose des éléments suivants :

- Un GPS pour la localisation et la prise de coordonnées ;
- Un smart phone pour la prise de photos ;
- Le logiciel **Hyfran** pour le traitement statistique des données hydrologiques ;
- Les logiciels de **SIG** tels que (Google Earth, ArcGIS, Global mapper), pour l'élaboration des cartes et la délimitation du bassin versant de la zone d'étude ;
- Les logiciels **AutoCAD-Covadis** pour le traitement des données topographiques, et la réalisation des plans de situation des ouvrages ;
- Le logiciel **Word** pour la rédaction du présent document ;
- Le logiciel **Excel** pour l'automatisation des calculs.

III.2 Méthodes

Dans le cadre de la présente étude, la méthodologie utilisée a consisté tout d'abord à la réalisation d'un diagnostic de l'aménagement. La suite présente, la réalisation des études de bases, pour le dimensionnement des ouvrages accompagné de la proposition du plan de suivi et de gestion de l'aménagement.

III.2.1 Etude diagnostic

La démarche adoptée pour réaliser cette étude comprend les étapes suivantes :

III.2.1.1 Recherche documentaire

Elle a porté sur des documents relatifs à des travaux similaires déjà effectués dans la zone, des documents traitant du même sujet, ainsi que des cours et autres documents de référence sur l'aménagement de bas-fond. Ces documents ont été obtenus à partir d'internet (bibliothèque Google Scholar), des consultations de documents à la bibliothèque numérique de 2iE.

III.2.1.2 Visite de terrain

Au cours de cette étape, il a été question de faire un diagnostic de l'aménagement d'identifier,

d'apprécier l'environnement du site (aspect physique du site) afin de mieux orienter nos choix techniques pour la conception.

III.2.2 Présentation des études de bases

Dans le but de faire une proposition d'aménagement de notre site, un certain nombre d'études a permis de mieux caractériser le site et de proposer des types d'ouvrages qui répondront aux besoins et s'adapteront aux conditions physiques du site.

Ces études ont porté sur :

- L'aspect socio-économique ;
- L'aspect topographique ;
- L'aspect pédologique ;
- L'aspect pluviométrique ;
- L'aspect hydrologique.

III.2.2.1 Etude socio-économique

L'étude socio-économique se résume à un ensemble d'investigation qui permet de ressortir l'état des lieux de l'environnement humain, social, économique et culturel de la communauté devant recevoir l'aménagement. Cette étude a ainsi été menée par le Bureau d'Etudes AC3E et mis à notre disposition sous recommandation de notre structure d'accueil.

III.2.2.2 Etude topographique

La prise en compte d'un certain nombre de caractéristiques physiques de la cuvette est importante dans la conception d'un aménagement. Il est donc important de faire la topographie du site, afin de statuer sur la faisabilité du projet. Les levés topographiques ont été réalisés par le Bureau d'Etudes AC3E, qui a mis à notre disposition, sur recommandation de la structure d'accueil, le fond topographique du bas-fond.

III.2.2.3 Etude pédologique

Les études pédologiques ont pour but de permettre une cartographie des différents types de sols, une détermination de leurs contraintes de mise en valeur et leurs aptitudes à la culture.

Les données pédologiques ont été recueillies par le bureau d'étude AC3E et reportées sur le plan topographique du site. Ces données ont donc été mises à notre disposition sur recommandation de la structure d'accueil.

III.2.2.4 Etude pluviométrique

Dans le cadre de cette étude, les données de pluies ont été obtenues à partir des données recueillies à la station de Kaya qui est la station la plus proche du site. Ces données couvrent la période de 1976 à 2016 et présentent les pluies annuelles et maximales journalières. Elles seront traitées dans

le logiciel HYFRAN Plus afin de déterminer les quantiles pour différentes périodes de retour.

Sur la base des régimes définis par Rodier (FAO, 1996) on a :

- Le régime désertique, au nord de l'isohyète 100 mm ;
- Le régime subdésertique, entre les isohyètes 100 et 300 mm ;
- Le régime sahélien, entre les isohyètes 300 et 750 mm ;
- Le régime tropical sec, entre les isohyètes 750 et 1000 mm.

L'analyse nous permettra d'identifier ainsi le régime hydrologique associée à la zone du projet.

Les méthodes d'analyses statistiques des données de pluies utilisées sont :

❖ Loi normale ou la loi de GAUSS

Cette loi est utilisée sur les séries des données pluviométriques annuelles. Sa fonction de répartition est la suivante :

$$F(x) = \text{Prob}\{X \leq x\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2u^2}} du$$

$u = \frac{x-\bar{x}}{S}$: Variable réduite de GAUSS ;
 \bar{x} : Moyenne de l'échantillon ;
 S = Ecart-type de l'échantillon

Les quantiles sont calculés par la formule suivante :

$$X_p = \bar{x} + u_p \times S$$

u_p : lu en fonction de la valeur de fréquence au non-dépassement.

❖ Loi de GUMBEL

Elle s'utilise dans l'ajustement des données pluviométriques maximales journalières. Sa fonction de répartition se présente comme suit :

$$F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}}$$

$u = a \times (x - x_0) = -\ln(-\ln(F(x)))$: Variable réduite.
 x_0 : Paramètre de position,
 a : Paramètre d'échelle
 $\frac{1}{a} = 0,780 \times \sigma$ et $X_0 = \bar{x} - \frac{0,577}{a}$
 \bar{x} : Moyenne de l'échantillon,
 σ : Ecart-type de l'échantillon.

Les quantiles sont calculés par la formule suivante :

$$X_p = \frac{U_p}{a} + X_0$$

III.2.2.5 Etudes hydrologiques

❖ Caractéristiques du bassin versant

La délimitation du bassin versant du site d'étude s'est faite à partir du logiciel ArcGIS. La caractérisation physique (la superficie, et le périmètre) du bassin versants y a été directement faite.

Les caractéristiques du bassin versant ci-dessous présentées ont été déterminés à partir des formules empiriques décrites dans le bulletin 54 de la FAO relatif à l'estimation des crues et apports (FAO, 1996). On a :

- Coefficient de GRAVELUS (K_G)

Il correspond à un rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie. Il se traduit par :

$$K_G = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{S}}$$

P : Périmètre du bassin versant en km ;

S : Superficie du bassin versant en km².

- Longueur (L) et largeur (l) du rectangle équivalent

Elle correspond à la longueur et à la largeur qu'aurait un rectangle de même dimension que le bassin versant en surface et en périmètre. La longueur et la largeur équivalente se détermine par la relation suivante :

$$L \text{ (km)} = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$$

Et

$$l \text{ (km)} = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$$

L : la longueur du rectangle équivalent [km] ;

l : largeur du rectangle équivalent [km] ;

P : Périmètre du bassin versant en km ;

S : Superficie du bassin versant en km².

- Pente moyenne (I_{moy})

La pente moyenne se détermine à partir de la formule suivante :

$$I_{\text{moy}} \text{ (m/km)} = \frac{\Delta H}{\sqrt{S}}$$

ΔH : Dénivelé entre le point le plus haut et le point le plus bas ;

S : Superficie du bassin versant en km².

En fonction des pentes longitudinales moyennes l'Institut de Recherche pour le Développement

a défini des classes de bassins versants. Elles sont consignées dans le **tableau n°1**.

Tableau 1 : Classes des bassins en fonction de la pente

Classe	Description
R1	Bassins de pentes extrêmement faibles inférieures à 2 m/km (2‰)
R2	Bassins de pentes faibles comprises entre 2 m/km et 5 m/km (2‰ et 5‰). Ce sont des bassins de plaine
R3	Bassins de pentes modérées comprises entre 5 et 10 m/km (5‰ et 1%). Ce sont des terrains intermédiaires entre la plaine et les zones à ondulation de terrain
R4	Bassins de pentes assez fortes : pentes longitudinales comprises entre 1% et 2%, pentes transversales supérieures à 2%. Ce sont des zones d'ondulation de terrain
R5	Bassins de pentes fortes : pentes longitudinales comprises entre 2 et 5%, pentes transversales entre 8 et 20%. Ce sont des régions de collines
R6	Bassins de pentes très fortes : pentes longitudinales supérieures à 5%, pentes transversales supérieures à 20%. Ce sont des régions de montagnes

- Indice global de pente et pente transversale (I_g ; I_t)

Caractérisant le relief du bassin versant, il est défini par la formule suivante :

$I_g(\text{m/km}) = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$	L : Longueur du rectangle équivalent exprimé en km ;
	H _{5%} (m) : Altitude correspondant à 5% de la superficie du bassin versant lu sur la courbe hypsométrique ;
	H _{95%} (m) : Altitude correspondant à 95% de la superficie du bassin versant lu sur la courbe hypsométrique.

- Densité de drainage D_d et dénivelé spécifique D_s

La densité de drainage D_d correspond à la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant.

La dénivelé spécifique D_s quant à elle se détermine par le produit entre l'indice de pente globale I_g (I_{g_{corr}}) et la racine carrée de la superficie du bassin.

Elles se déterminent à partir des formules suivantes :

$D_d(\text{km/km}^2) = \frac{\sum l_i}{S}$	$\sum l_i$: Longueur totale du réseau hydrographique du bassin versant en km ; D _d : densité de drainage en (m/km ²) ;
$D_s(\text{m}) = I_{g\text{corr}} \times \sqrt{S}$	D _s : dénivelé spécifique en (m)

S : Superficie du bassin versant en km² ;

I_{gcorr} : Indice global des pentes corrigé en m/km ;

On distingue trois types de relief (FAO, 1996) à savoir :

Relief faible : **Ds < 50 m** ;

Relief modéré : **50 m < Ds < 100 m** ;

Relief fort : **100 m < Ds**.

Suivant la valeur de Ds, le type de relief sera déterminé.

- **Classe d'infiltrabilité des sols**

L'infiltrabilité représente la capacité d'infiltration du sol et se caractérise par le flux d'eau maximal que le milieu est capable d'absorber. Elle est fonction de la nature des sols et des roches du bassin. Suivant la classification de (H. KARAMBIRI et D. NIANG, 2011) on a :

P1 (TI) : bassins rigoureusement imperméables, entièrement rocheux ou argileux ;

(PI) : bassin naturel particulièrement imperméable ;

P2 (I) : bassins assez imperméables ou bassins homogènes presque imperméables ;

P3 (RI) : bassins assez imperméables ou bassins homogènes assez peu perméables ;

P4 (P) : bassins assez perméables ; sols sableux sans pellicule ou avec un couvert végétal de graminées ;

P5 (TP) : bassins très perméables, sables éoliens, sables sans pellicules et sans végétation.

❖ **Prédétermination de crue de projet**

Dans le processus d'aménagement d'un bas-fond, la connaissance de la dynamique des écoulements drainant du bassin est importante. Ainsi une bonne connaissance des crues dus aux précipitations sur le bassin versant permet de faire un meilleur choix, et un dimensionnement techniquement et économiquement judicieux des ouvrages et limitant les risques de détérioration et/ou de destruction.

La détermination des débits de crue est faite par la méthode déterministe de l'ORSTOM de AUVRAY et RODIER et celle dite de régression linéaire de PUECH et CHABBI ou méthode CIEH décrites dans le manuel de détermination des crues et apport de la FAO (FAO, 1996).

- **Détermination des paramètres de calcul de la crue décennale**

Pluies journalières décennale P₁₀

Les pluies journalières décennale **P₁₀** sont obtenues à partir d'ajustements statistiques effectués sur les observations pluviométriques de la station de Kaya. Elles s'assimilent aux pluies journalières de même fréquence.

Coefficient d'abattement A

Il permet pour une fréquence donnée de passer d'une hauteur de pluie ponctuelle à une hauteur moyenne calculée sur une superficie précise du bassin versant. L'équation simplifiée de Villaume (1974) permet sa détermination et se présente comme ci-dessous :

$A = 1 - \left(\frac{161 - 0,042 \times Pan}{1000} \right) \times \log_{10}(S)$	<p>A : coefficient d'abattement ;</p> <p>T : Période de retour décennale = 10 ans ;</p> <p>S : Surface du bassin versant en km² ;</p> <p>Pan : Pluie moyenne annuelle en mm.</p>
--	---

Temps de base T_{b10}

Il correspond à la durée qui s'écoule entre le début de la montée du niveau d'eau et la fin du ruissellement pur de la crue d'après (J. C. BEGOU, 2010.). Les courbes de la figure 17, (FAO, 1996) proposent des relations de détermination donné par :

$Tb = a S^{0,36} + b$	<p>Les coefficients a et b sont des paramètres fonction de l'indice global de pente, de la perméabilité et de la zone d'appartenance climatique du bassin versant. La détermination de la valeur de Tb, se fait par une interpolation entre les valeurs d'indice de pente encadrant I_{gcor} de notre bassin versant.</p>
-----------------------	---

Coefficient de ruissellement décennal K_{r10}

Il correspond au rapport du volume de ruissellement au volume précipité pour un évènement pluie-débit.

Plusieurs méthodes permettent sa détermination on a :

Méthode ORSTOM de PUECH et CHABI-GONNI

Fonction de la zone climatique, du substrat cette méthode utilise des résultats de régressions obtenues ; ceci sur la base de substrat géologique et de la précipitation annuelle.

Le tableau ci-dessous présente sa méthode de détermination.

Tableau 2 : Equation de détermination de Kr10 avec la méthode de PUECH

Catégories	Equations
Granite+ Gneiss	$Kr_{10} = 2300Pan^{-0.67}$
Grès	$Kr_{10} = 300Pan^{-0.375}$
Sables	$Kr_{10} = 2 \cdot 10^7 Pan^{-2.2}$

Catégories	Equations
Argiles	$Kr_{10} = 300Pan^{-0.30}$
Schistes	$Kr_{10} = 370Pan^{-0.375}$

Source : (FAO,1996)

$$K_{r10} \sum_{i=1}^n aiKi \quad ai \text{ la proportion du sol de catégorie } i \text{ par rapport à la superficie totale du bassin versant et } Ki \text{ son } Kr_{10}.$$

Méthode ORSTOM de AUVRAY et RODIER

Pour cette méthode une interpolation linéaire entre les coefficients de ruissellement Kr_{70} et Kr_{100} en fonction de la zone climatique, de la superficie du bassin versant, de la perméabilité du sol et de l'indice globale de pente permet la détermination du Kr_{10} .

Les coefficients de ruissellement de Kr_{70} et Kr_{100} se détermine à travers la formule suivante :

$K_{r70} \text{ ou } K_{r100} = \frac{a}{S + b} + c$	Les variables a, b et c sont lues sur des abaques et sont fonction de la zone climatique, la taille du bassin versant, la classe d'infiltrabilité et l'indice de pente du bassin versant.
--	---

- Coefficient de pointe décennal α_{10}

Il se détermine à travers le rapport entre le débit maximum ruisselé et le débit moyen ruisselé Q_{mr10} . Le coefficient de pointe décennal α_{10} se détermine par la relation suivante :

$\alpha_{10} = \frac{Q_{r10}}{Q_{mr10}}$	Les variables a, b et c sont lues sur des abaques et sont fonction de la zone climatique, la taille du bassin versant, la classe d'infiltrabilité et l'indice
--	---

- Calcul de la crue décennale

Méthode de ORSTOM de AUVRAY-RODIER

Le débit de crue ruisselé décennal est donné par la relation suivante :

$Q_{r10} = A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{T_{b10}}$	A : Coefficient de G. VILLAUME Kr_{10} : Coefficient de ruissellement décennal ; S : Surface du bassin versant en km^2 ;
--	--

$$Q_{10} = m \times Q_{r10}$$

P_{10} : Pluie maximale journalière décennale en mm ;

T_{b10} : Temps de base décennal en min ;

m : Coefficient de majoration qui est fonction de la zone climatique et de la taille du bassin versant ;

α_{10} : Coefficient de pointe pris égal à 2,60.

Méthode CIEH dite PUECH et CHABI-GONNI

Sur la base des 162 bassins versants dont l'origine vient essentiellement du recueil de Dubreuil de 1962 sur les bassins expérimentaux, PUECH et CHABI-GONNI ont proposé la méthode statistique, connue encore sous le nom de méthode CIEH.

La formulation du débit de pointe décennal Q_{10} est basée sur un schéma de régression multiple et se présente sous la forme :

$$Q_{10} = a \times S^b \times I_{gcorr}^c \times K_{r10}^d \times P_{an}^e \times \dots$$

a, b, c, d et e des coefficients d'ajustement déterminés par régressions multiples ;

S : Surface du bassin versant en km^2 ;

P_{an} : Pluie annuelle moyenne en mm ;

I_{gcorr} : Indice global de pente corrigé en m/km ;

K_{r10} : Coefficient de ruissellement décennal en % ayant servi dans la méthode de ORSTOM.

❖ Estimation des apports

- Apports liquides

Elle a pour but la détermination du volume d'eau susceptible d'arriver à l'exutoire du bassin versant du site pendant une période donnée. Le volume de ces apports se détermine par la formule suivante :

$$V = K_e \times S \times P$$

et

$$K_e = \frac{L_e}{P}$$

V : volume d'eau à l'exutoire ;

K_e : Coefficient d'écoulement ;

S : Superficie du bassin versant ;

P : Pluviométrie de période considérée ;

L_e : lame d'eau ruisselée au cours de la période.

La lame ruisselée est le reste de la pluie déduite du déficit d'écoulement (D). L'estimation de la lame ruisselée a été faite par la méthode de Rodier (FAO, 1996) puis par celle du déficit d'écoulement à travers la formule de Coutagne (H. KARAMBIRI et D. NIANG, 2011).

✓ **Méthode de Rodier**

Cette méthode se fonde sur le concept de bassin type. En fonction de la zone climatique et du bassin type, des courbes de distribution statistique des lames écoulées sont construites pour des hauteurs pluviométriques annuelles de fréquence médiane variant entre 300 et 750 mm en fonction des fréquences au dépassement. Suivant ces caractéristiques, le bassin de Bourba s'identifie à celui du Niger (bassin type de Galmi I et II). Les lames écoulées de fréquence médiane, décennale sèche et décennale humide correspondant respectivement à $P_{med} = 300$ mm et $P_{med} = 750$ mm ont été estimées. Le calcul de la lame écoulee (Le) rapportée à la pluie médiane P_{med} , s'est fait par interpolation logarithmique (Log10) suivant le système d'équations:

$$\text{Log}(Le_{med}) = \text{Log}(Le_{750}) + (\text{Log}(Le_{1000}) - \text{Log}(Le_{750})) \times (P_{med} - 750) / (1000 - 750)$$

$$Le_{med} = 10^{\text{Log}(Le_{med})}$$

✓ **Méthode du déficit d'écoulement avec la formule de Coutagne**

$$Le \text{ (mm)} = P_{an} \text{ (mm)} - D \text{ (mm)} ;$$

Avec

- ⇒ P : Pluviométrie moyenne annuelle ;
- ⇒ Le : Lame d'eau écoulee annuellement ;
- ⇒ D : Déficit d'écoulement annuel qui vaut :

$$D(m) = \begin{cases} P_{an}(m) - \lambda P_{an}^2(m) ; & \text{si } P_{an}(m) \in \left[\frac{1}{8\lambda} ; \frac{1}{2\lambda} \right] \\ P_{an}(m) ; & \text{Si } P_{an}(m) < \frac{1}{8\lambda} \\ 0,2 + 0,035 \times T ; & \text{Si } P_{an}(m) > \frac{1}{2\lambda} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 \times T}$$

⇒ T : Température moyenne annuelle

Pour le calcul des apports annuels en années sèches, les coefficients d'écoulement en année quinquennale et décennale sèches ont été estimés à partir des corrélations ci-dessous utilisées par l'ONBAH [H. KARAMBIRI et D. NIANG, 2011].

- ⇒ Ke : Coefficient d'écoulement en année moyenne ;
- ⇒ $Ke_5 = 0,7 \times Ke$: Coefficient d'écoulement en année quinquennale sèche ;
- ⇒ $Ke_{10} = 0,5 \times Ke$: Coefficient d'écoulement en année décennale sèche.

- **Apports solides**

Les eaux qui ruissellent dans le bassin versant entraînent avec elles des matériaux solides arrachés le long de leurs parcours. Ces particules vont se déposer au fond de la cuvette avec pour conséquence la diminution progressive de sa capacité de stockage. Des formules empiriques permettent d'estimer la dégradation spécifique au nombre desquelles celles de GRESILLON modifiée ou formule de KARAMBIRI, de l'EIER-CIEH (GRESILLON) et de GOTTSCHALK ont été utilisées. Pour la suite des études la valeur moyenne des résultats obtenus par ces différentes méthodes est retenue.

Tableau 3: Formules de calcul de la dégradation spécifique

Auteurs	Formules
Formule de GOTTSCHALK (USA)	$D = 260 \times S^{-0,1}$
Formule de KARAMBIRI	$D = 137 \times \left(\frac{P}{700}\right)^{-2,02} \times S^{-0,05} \times [0,25 + 1,13(h + r)]^{1,15}$
Formule de l'EIER-CIEH ou de GRESILLON	$D = 700 \times \left(\frac{P}{500}\right)^{-2,2} \times S^{-0,1}$
Apports solides	$V = D \times S$
<p>⇒ D : Dégradation spécifique annuelle en m³/an/km² ;</p> <p>⇒ S : Superficie du bassin versant du barrage de Bourba en km² ;</p> <p>⇒ P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm ;</p> <p>⇒ h : Paramètre anthropique (0,6) probabilité d'extension moyenne de villes ou villages sur le bassin ;</p> <p>⇒ r : Paramètre morphologique (0,50) pour les bassins versants a relief moyennement accidenté</p> <p>⇒ V : Volume annuel de dépôts solides (m³/an).</p>	

- Estimation du temps d'envasement

La dégradation du bassin versant est causée par plusieurs facteurs à savoir l'intensité des pluies, la végétation, l'érodabilité des sols, etc. A partir des apports solides estimés, le temps d'envasement (Te) est déterminé par la relation suivante :

Te = S*H / Ve	Te : temps d'envasement en année ;
	S : superficie du bassin versant en km ² ;
	H : Hauteur des ouvrages en m ;
	Ve : Volume d'envasement considéré en m ³ .

III.2.2.6 Evaluation des besoins des cultures

L'évaluation des besoins revient à déterminer les besoins de la culture soumise aux conditions climatiques. Les relations ci-dessous présente sa procédure de détermination.

ETM=Kc*ET0	ETM : l'évapotranspiration maximale journalière en mm/j ; Kc : le coefficient cultural, fonction du type de culture et de son état végétatif ; ET0 : l'évapotranspiration de référence en mm/j.
Si P < 70 mm alors Pe = 0,6*P Si P > 70 mm alors Pe = 0,8*P	P : la pluviométrie moyenne mensuelle en mm ; Pe : la pluie efficace en mm/j.
BMP (mm/j) = ETM – Pe	ETM : l'évapotranspiration maximale en mm/j ; Pe : la pluie efficace en mm/j.

IV. Etude techniques de conception et de dimensionnement des ouvrages

Dans la partie technique, il sera question pour nous de vérifier un certain nombre de critères importants à savoir celle biophysiques et socio-économiques essentiels dans la mise en œuvre de l'aménagement, de faire le choix du type d'aménagement et d'ouvrages pour notre site puis de procéder à leurs dimensionnements.

IV.1.1 Vérification des critères d'aménagement

Il sera question pour nous de procéder à une vérification des critères biophysiques et socio-économique d'aménagement. Le manuel technique d'aménagement de bas-fond rizicole au Burkina-Faso (tableau 3 page 26/ version 2006) a défini des critères d'appréciation de l'aptitude à aménager. Il se présente dans l'*Annexe 6*.

IV.1.2 Présentation des différents types et techniques d'aménagements de bas-fonds

L'aménagement de bas-fond présente des avantages dans plusieurs domaines. Il en existe différentes possibilités dans le domaine de l'agriculture qui sont fonction de la zone climatique, de l'activité agronomique, de la topographie et des ressources financières disponibles. (Kablan Aurélien Patrick ETIEN, 2019)

Le tableau ci-dessous présente quelques types et techniques d'aménagements de bas-fond dans le cadre de l'agriculture au Burkina-Faso.

Tableau 4 : Présentation de quelques types d'aménagement de bas-fond

Types	Caractéristiques	Avantages	Inconvénients
Digue déversante ou bartadarde (PEBASSO) 2002	Micro- barrage, épandage des crues, rétention d'eau	Cultures inondées (riz pluvial et immergé) adapté à toutes formes de topographie, favorable dans les régions sahélienne et tropicales sèches,	Matériaux souvent non disponibles sur le site, la lame d'eau n'est pas maîtrisée, défavorable aux types de culture défavorable dans les régions tropicales humides et équatoriales, réalisation et entretien couteux
PAFR (GTZ,2006)	Ensemble d'ouvrages (diguettes suivant les courbes de niveau, digues filtrantes, cavaliers, pertuis, ...) rétention d'une lame d'eau	Cultures inondées (riz pluvial) rétention d'une lame d'eau, précise, bon effet de laminage et maîtrise des crues, adapté aux bas-fonds de pentes inférieures à 0,6% et praticable dans toutes les régions, réalisation et entretien moins couteux, matériau local et disponibles généralement sur les sites, résistance et durabilité élevées des ouvrages.	Défavorable aux autres cultures, réalisation non possible pour les bas-fonds de topographie accentuée et souvent l'emprise l'emporte des ouvrages est considérable.

IV.1.3 Evaluation des différents types d'aménagements

A l'aspect physiologique s'ajoutent d'autres paramètres permettant de juger la convenance des types d'aménagements au regard des expériences.

Un récapitulatif de l'évaluation des différents modèles techniques d'aménagements de bas-fond est présenté en *Annexe 7*.

V. Résultats des études

V.1 Synthèse de l'étude diagnostic

Le village de Bourba est situé dans la commune de Boala, de laquelle elle est distante de 15km. Il compte trois (03) quartiers qui sont Tomnatinga, Kampore et Zinkzougou. Le bas-fond objet de notre étude se trouve dans le quartier de Tomnatinga situé à 1km du village. Les activités sont effectuées de façon rudimentaire, et aucune forme organisation entre les producteurs n'est mise en place sur le site. Le bas-fond du site de Bourba n'est pas aménagé, et aucun conflit n'a été constaté. Pour sa réalisation il n'existe aucune entrave majeure.

V.2 Résultats des études de bases

V.2.1 Synthèse de l'étude socio-économique

V.2.1.1 Milieu humain

Les résultats des enquêtes auprès des bénéficiaires, la visite du site et les recherches documentaires montrent les résultats suivants :

Tableau 5 : Démographie de la population de Bourba

Village	Nombre de Ménages 2006	Population résidente 2006				Estimation population	
		Hommes	Femmes	Total	Femmes (%)	2020	2024
Bourba	131	521	610	1 131	53,93	1 642	1 827

(Source : RGPH 2006, Projection BGB / Méridien, mai 2020)

La population est essentiellement composée de deux (02) grands groupes ethniques à savoir les mossis, qui sont les plus dominants et les peulhs qui sont des anciens éleveurs nomades, sédentarisés vivant en périphérie du village. Dans l'ensemble, les différentes communautés ethniques vivent dans un esprit de tolérance mutuelle, même si par moment des conflits opposent les éleveurs aux agriculteurs. Les causes de ces conflits sont les dégâts de champs causés par les bétails. Sur le plan religieux, l'animisme est majoritaire et l'on note la présence de petites communautés musulmanes et chrétiennes.

❖ Les usages actuels du bas-fond

Le sorgho et le riz sont les principales spéculations produites du site. La culture du riz est pratiquée sur les versants et celle du sorgho sur les zones hydromorphes. Toutefois, les exploitants

produisent en plus des pastèques et des arachides. Les producteurs sur place ne sont pas organisés. Ainsi, les activités agricoles se pratiquent sur des champs individuels ou familiaux d'environ 0,25ha de superficie moyenne chacune. Les exploitants du site sont au nombre de 60 personnes majoritairement dominée par les femmes. L'exploitation agricole se fait sans respect d'aucun itinéraire technique. On y retrouve une riziculture pluviale traditionnelle caractérisée par la non-utilisation d'outils modernes de culture et l'absence d'utilisation d'engrais minéral et même naturel.

❖ **La question foncière**

Sur le site de Bourba, il ressort que la question foncière relève de deux régimes à savoir le régime traditionnel et le régime moderne. Dans la pratique le régime traditionnel s'impose comme la principale forme de gestion foncière. Ce mode de gestion confère à l'homme un droit d'héritage contrairement à la femme. Toutefois, celle-ci à un droit d'usage sur les terres administrées par son époux et celle qu'elle pourrait solliciter auprès de tiers propriétaires pour juste un usage agricole.

❖ **La justification de l'aménagement du bas-fond**

D'après les informations recueillies, les raisons qui motivent la réalisation de l'aménagement sont la baisse croissante de la production agricole due à une pluviométrie de plus en plus insuffisante ; le manque de connaissance sur la maîtrise de l'eau dans le bas-fond qui entrave la bonne pratique de la riziculture ; un accroissement de l'insécurité alimentaire ; et une vision d'une riziculture économiquement rentable.

❖ **Le niveau d'engagement des producteurs**

Les producteurs sont motivés à l'idée de voir aménager le bas-fond, à ce titre ils se disent ainsi déterminés à apporter leur contribution aussi minime soit-elle à l'aboutissement du projet. Cette population rencontre des conditions de vie difficiles, leurs productions étant en deça de leurs attentes. Les exploitants ont donc conscience de la plus-value que l'aménagement pourra leur apporter.

V.2.1.2 Activités socio-économiques

Les activités socio-économiques de notre zone d'étude seront assimilées à celle de la commune de Boala. Les principales activités dans cette commune sont :

❖ **Agriculture**

L'agriculture constitue la principale activité économique dans la commune. Il s'agit d'une agriculture de subsistance de type extensif fondée sur des pratiques traditionnelles telles que l'assolement, l'association de cultures, etc. En effet, elle emploie de la main-d'œuvre familiale

et des outils rudimentaires. Mais de plus en plus, on observe la pratique de nouvelles techniques culturales vulgarisées.

Les principaux types de cultures agricoles dans la Commune sont les suivants : cultures céréalières, de rentes, maraîchères.

❖ **Elevage**

L'élevage constitue la seconde activité économique. Il est pratiqué par les ménages afin de constituer un capital bétail, tout comme de pouvoir disposer de la traction animale pour les activités agricoles. Les bovins, les ovins, les caprins, les porcins et les volailles sont les espèces qu'on y trouve. Deux types de systèmes d'élevage sont prédominants :

- le type traditionnel extensif transhumant, ce type est moins répandu.
- le type traditionnel extensif sédentaire et intégré à l'agriculture. Il est plus répandu et se distingue du premier par l'emploi de certains comme les animaux de trait dans l'agriculture. (Mairie, 2020)

V.2.2 Synthèse des études topographiques

Le plan de masse du site de Bourba a été réalisé à l'échelle 1/1000ème avec des courbes de niveau d'une équidistance de 0,25 m et faisant ressortir les éléments caractéristiques du terrain et tous les détails de terrain tels que les arbres, pistes, mares, zones boisées, lieux de cultes, lieux sacrés, lignes de crêtes, lignes de thalweg, changement de déclivités, versants, ouvrages existants, ravines, concessions, points d'eau, exploitation,

La superficie totale couverte par les travaux de levée du site est de 35 ha.

Les côtes disponibles sont des cotes relatives, elles n'ont pas été rattachées au nivellement général du Burkina Faso. Le **tableau n°6** indiquent les références de la polygonale.

L'analyse du plan topographique a permis de déterminer les principales caractéristiques topographiques du bas-fond comme le présente le **tableau n°7** ci-dessous.

Tableau 6 : Référence de la polygonale

Borne	X	Y	Z
B.1	738421,91	1431810,35	308,73
B.2	738707,00	1431920,00	309,00
B.3	739070,85	1432168,69	310,10

Tableau 7 : Caractéristiques topographiques du bas-fond

Caractéristiques du bas-fond	Valeurs
-------------------------------------	----------------

Superficie aménageable attendue (ha)	30
Superficie délimitée / levée (ha)	35,08
Longueur (m)	976
Largeur minimum (m)	286
Largeur maximum (m)	439
Largeur moyenne (m)	365
Pente longitudinale moyenne (‰)	1,81
Pente transversale moyenne (‰)	1,27

V.2.3 Synthèse des études pédologiques

L'étude pédologique du site de Bourba d'après les travaux de l'entreprise AC3E a permis de recenser deux (02) types de sols liés à leurs conditions hydriques, à leur évolution pédologique et à la nature des matériaux. Sur la base du stade d'évolution constatée, des caractères observés ou même du régime hydrique, les sols ont été classés suivant le CPSC (Commission de Pédologie et de Cartographie des sols) 1967 dans les classes des sols hydromorphes et des sols ferrugineux.:

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions :

Ces sols sont profonds (114cm). Ils ont une couleur brun jaunâtre foncée (10YR4/4) en surface et brun jaunâtre (10YR5/6) en profondeur. Des taches hydromorphes (10%) de couleur brun grisâtre foncé (10YR4/2) sont notées à partir de 84cm. Le drainage est normal à modéré. La texture est sablo-limoneuse en surface, limono-argilo-sableuse entre 19 et 45 cm. Des concrétions ferro-manganiques (10 à 15%) sont observés à partir de 45cm. La structure est polyédrique subangulaire faiblement développée dans l'ensemble du profil. La consistance est friable à ferme. Les racines sont peu nombreuses dans les horizons de surface et rares en profondeur. Les pores sont nombreux de 0 à 45 cm et peu nombreux au-delà. L'activité biologique est bien développée en surface et faiblement développée en profondeur.

Ils occupent le rebord sud du bas-fond et couvrent une superficie de 20,84ha. Leurs contraintes sont la position topographique défavorable et la texture grossière ; ils sont marginalement aptes à la culture du riz pluvial et aux cultures maraichères.

- Les sols hydromorphes peu humifères à pseudogley :

Ces sols sont profonds (110cm). Ils ont une couleur brun grisâtre (10YR4/2) en surface, brun grisâtre (10YR5/2) en profondeur. Des tâches d'hydromorphie sont notées dans l'ensemble du profil. Elles ont une teinte brun jaunâtre foncée dans les 20 premières et 32 derniers centimètres, brun (10YR4/3) à gris brunâtre claire (10YR6/2) dans les horizons médians. Leur taux croît avec

la profondeur de 5 à 20%. Le drainage est imparfait. La texture est limono-argileuse de 0 à 20 cm et argileuse au-delà. Des concrétions ferro-magnétiques (10 à 20%) sont observées à partir de 45cm. La structure est polyédrique subangulaire faiblement développée dans l'ensemble du profil. La consistance est très dure. Les racines sont nombreuses dans tout le profil. Les pores sont nombreux en surface et peu nombreux en profondeur. L'activité biologique est bien développée en surface et faiblement développée en profondeur.

Ils occupent quant à eux une superficie de 14,54ha et n'ont pas de contraintes majeures en dehors des risques d'inondations. Ils sont aptes à la culture du riz pluvial et aux cultures maraichères.

V.2.4 Résultats des études pluviométriques

Le site de Bourba ne disposant pas de station climatologique, l'étude a été donc réalisée à partir de la station la plus proche qui est celle de Kaya.

Série des pluies moyennes annuelles : 1976 – 2016 (40 valeurs), ajustement à la loi de GAUSS.

Série des pluies maximales journalières : 1976 – 2016 (40 valeurs), ajustement à la loi GUMBEL

Ces données se résume en dans le **tableau n°8**.

Tableau 8 : Description des pluies annuelles et maximales journalières

Echantillon	Pluies annuelles	Pluies maximales journalières
Période d'observation	1976 à 2016	
Taille [an]	40	
Valeur minimale [mm]	441,00	0,00
Valeur maximale [mm]	935,00	162,00
Valeur moyenne [mm]	648	65,4
Ecart-Type [mm]	131	23,63
Valeur médiane [mm]	624,00	63,00
Coefficient de variation (Cv)	0,739	0,402

A la suite de la statistique descriptive, l'analyse statistique des deux séries (pluies annuelles et pluies maximales journalières) à l'aide du logiciel HYFRAN ont permis de déterminer les quantiles pour différentes périodes de retour **tableau n°9**. Les détails sont consignés en **Annexe 1**.

Tableau 9 : Synthèse de l'analyse pluviométrique

Désignation	Période humides		Médiane	Période sèche	
Temps de retour (an)	5	10	2	5	10
Pluies annuelles (mm)	758	815	648	537	480
Pluies journalières (mm)	84,4	99,7	61,1	43,8	36,5

A partir de l'analyse du **tableau n°9**, on note que la pluie moyenne annuelle qui sera utilisée dans

le calcul des crues et apports est de 648 mm. On retient également une faible variabilité pour les cumules annuels par rapport aux pluies maximales journalières marquées respectivement par des coefficients de variation de 73,9% et de 40,02%.

La pluie moyenne annuelle obtenu se situe dans les isohyètes de 300mm à 750mm, la localité est donc dans le régime sahélien.

V.2.5 Résultats des études hydrologiques

A partir des coordonnées d'une borne du bas-fond nous avons obtenus à travers le logiciel ArcGIS la représentation du bassin versant. Le traitement nous a permis de voir que ce bassin versant est un sous-bassin versant du bassin versant du Niger. Le bassin versant de l'aménagement se présente comme ci-dessous :

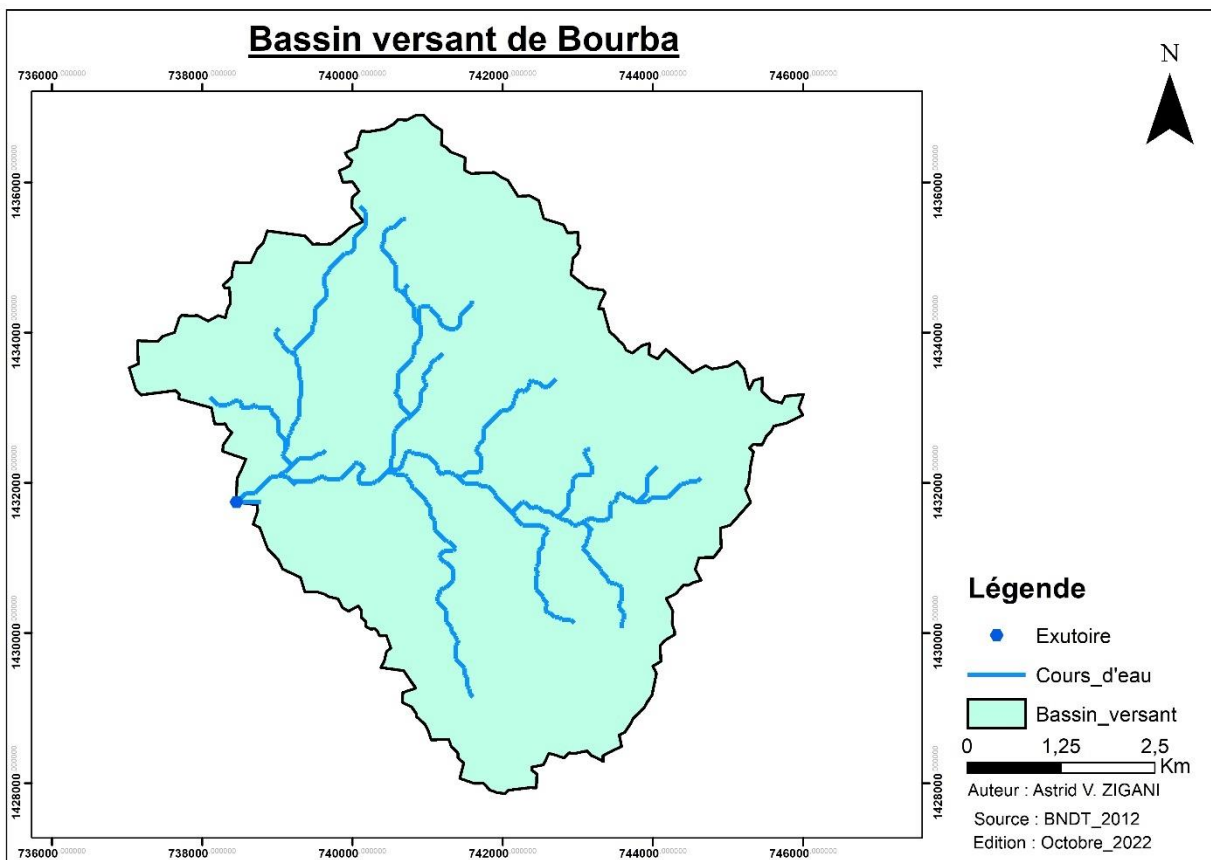


Figure 4 : Carte du bassin versant du site

V.2.5.1 Caractéristiques du bassin versant

Hypsométrie du bassin versant

Le relief du bassin est de type faible. La plus haute altitude enregistrée dans le bassin versant est de 340 m tandis que la plus basse est de 309 m. Les autres altitudes caractéristiques sont déterminées à partir de la courbe hypsométrique qui illustre la répartition de la surface du bassin versant en fonction des altitudes (*Figure 5*).

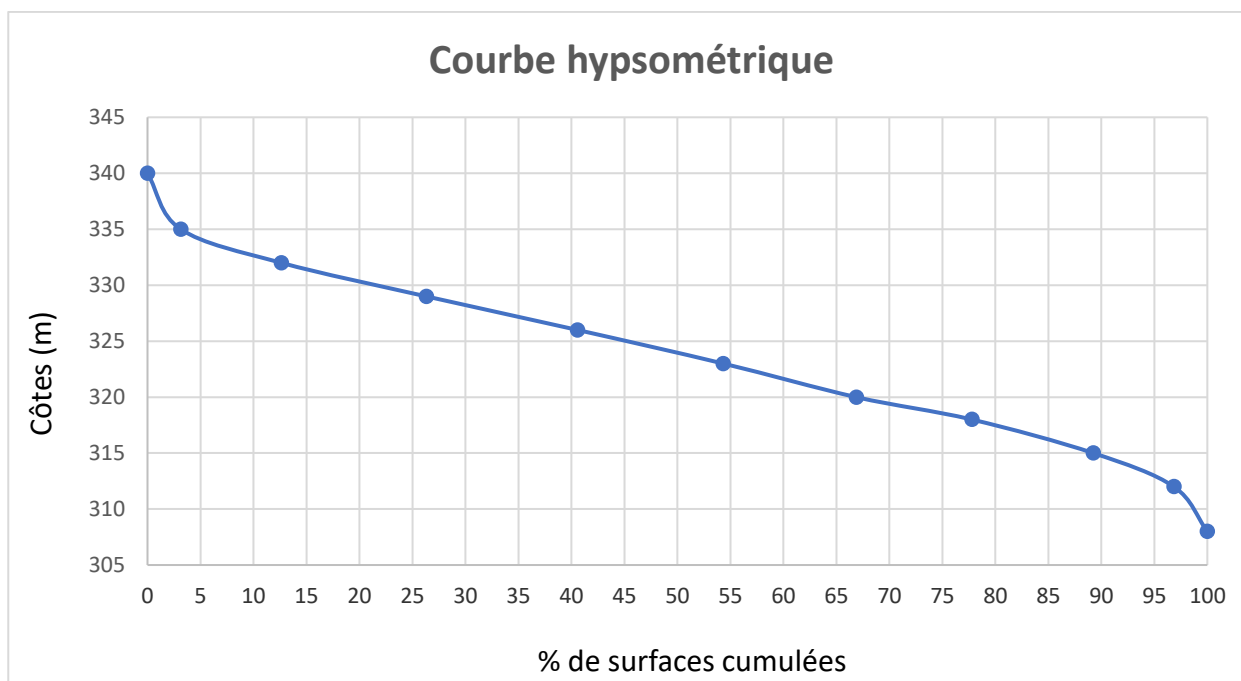


Figure 5 : Courbe hypsométrique

Les caractéristiques du bassin versant de Bourba sont consignées dans le *tableau n°10* :

Tableau 10 : Caractéristiques du bassin versant de Bourba

Caractéristiques du bassin versant	Valeurs calculées	Observations	
Surface S (km ²)	38,70	-	
Périmètre P (km)	30,97	-	
Altitude maximale (m)	340	-	
Altitude minimale (m)	308	-	
Indice de Compacité K _G	1,40	Bassin de forme allongé	
Longueur du rectangle équivalent L (km)	12,35	-	
Largeur du rectangle équivalent l (km)	3,13	-	
Pente moyenne I _{moy} (m/km)	5,14	Bassin versant de pente faible	
Altitude à 95% (m)	313,1	-	
Altitude à 5% (m)	333,5	-	
Indice global des pentes (m/km)	1,65	-	
Indice global des pentes corrigé (m/km)	6,52	-	
Longueur totale des cours d'eau (km)	59,16	-	
Densité de drainage D _d (km/km ²)	1,53	-	
Dénivelé spécifique D _s (m)	40,56	Ds inférieur à 50m relief faible	
Classification du bassin versant	Relief	R2	-
	Infiltrabilité	RI	-
	Type	R2RI	-

V.2.5.2 Détermination de la crue

La crue de projet adoptée pour les petits aménagements dans la zone soudano-sahélienne est la crue décennale. Dans le cadre de notre étude, elle est déterminée suivant deux méthodes à savoir la méthode de ORSTOM et la méthode de CIEH.

Les paramètres de détermination sont consignés dans le *tableau N°11*.

Tableau 11 : Paramètres de calcul de la crue décennale

Surface	38,70Km ²
Pluviométrie moyenne annuelle	648mm Régime sahélien
Pluie journalière décennale (P ₁₀)	99,7 mm
Indice global des pentes corrigé	6,52 m/km
Indice de compacité	1,40
Coefficient de VUILLAUME A	0,79
Coefficient de ruissellement décennal K _{r10}	19,66%
Coefficient de pointe α ₁₀	2,6
Densité de drainage D _d	1,53 km ⁻¹
Temps de base décennal T _{b10}	630,46 min

Les valeurs de crues décennales obtenus par les deux méthodes sont renseignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : Crues décennale selon les méthodes ORSTOM et CIEH

	Méthode ORSTOM	Méthode CIEH
Débit de crue décennal Q ₁₀	42,27 m ³ /s	30,34 m ³ /s

Pour la sécurité des ouvrages, La valeur du débit de crue décennale retenue est la valeur maximale des valeurs obtenues par les deux méthodes qui correspond à celle de ORSTOM soit Q₁₀ (m³/s) = **42,27 m³/s**.

Les détails de sa détermination sont joints en *Annexe 2*.

V.2.5.3 Estimation des apports

❖ Apports liquides

Les résultats de calcul des apports du bassin versant en période sèche par les méthodes de Coutagne et de Rodier sont résumés dans le *tableau n°13*.

Tableau 13 : Apports liquides du bassin versant

Désignation	Annuelle	Quinquennale sèche	Décennale sèche
Pluviométrie (mm)	648	537	480
Superficie du bassin versant (Km ²)	38,70	38,70	38,70
Méthode de Coutagne			
Coefficient d'écoulement Ke (%)	13%	9%	7%
Apports liquide (m3)	335 059,20	194 365,36	108 066,93
Méthode de RODIER			
Coefficient d'écoulement Ke (%)	3,83%	1,93%	1,33%
Apports liquide (m3)	962 746,08	504 725,11	312 839,12

Les apports liquides de la méthode de Rodier ont été retenus pour la suite de l'étude car elle prend en compte plusieurs paramètres. La méthode de Coutagne intègre seulement la température moyenne du lieu et la pluviométrie locale tandis que celle de méthode Rodier, en plus des paramètres climatiques, tient compte les caractéristiques morphologiques du bassin. Les détails du calcul sont en *Annexe 2*.

❖ **Apports solides**

Le volume des apports solides sur le site est présenté dans le tableau n°14.

Tableau 14 : Estimation des apports solides

Paramètres	S (km ²)	P (mm)	H	R	D (m ³ /km ² /an)	Volume des apports solides (m ³ /an)	Volume des apports retenus (m ³ /an)
Formule de KARAMBIRI	38,7	648	0,6	0,5	211,5	8183,35	
Formule de l'EIER-CIEH	38,7	648	-	-	274,5	10624,46	
Formule de GOTTSCHALK	38,7	648	-	-	180,4	6980,92	
Dégradation spécifique annuelle moyenne					227,5	8802,7	

La valeur des dépôts solides explique la présence élevée du sable sur le site. Dans le but de déterminer le temps d'envasement du site, nous avons utilisé la valeur des dépôts solides qui correspond à la moyenne = **8802,7 m³/an**

V.2.5.4 Temps d'envasement

Le temps d'envasement est fonction de la superficie du bas-fond, de la hauteur des DCN et du volume des dépôts solides. Pour le cas du site de Bourba il est estimé à **24 ans**. Ce temps

d'envasement obtenu est supérieur à 10 ans (temps pris pour le calcul du débit de dimensionnement) donc nous pouvons dire que le risque sur les dépôts solides (le sable) est minime.

V.2.6 Résultat des estimations des besoins en eau

V.2.6.1 Caractéristiques de la variété du riz et estimation des besoins en eau du riz choisi pour l'aménagement

❖ Caractéristiques de la variété du riz

La variété de riz la plus cultivée au Burkina Faso dans les stations rizicoles est le riz pluvial. Il résiste mieux aux aléas de pluviosité à savoir les poches de sécheresses et les temps de submersions.

Ainsi cette riziculture est de submersion et a les caractéristiques suivantes :

- lame d'eau comprise entre 0 cm à 40 cm (PAFR) ;
- D'une hauteur de 90 cm à 110 cm ;
- Cultivable dans les parties basses ou dans les topo-séquences des bas-fonds ;
- Le cycle végétatif varie entre 130 à 150 jours ;
- Le coefficient cultural (Kc) est de 1,05 à 1,20 (CROP WAT) ;
- La profondeur d'enracinement varie de 0,1m à 0,6m (CROP WAT) ;
- La tolérance à la sécheresse et (ou) la submersion ;
- L'évapotranspiration maximale du riz dans cette région est ETM (mm/jr) = 6,8 ;
- Le potentiel de production est de 8t/ha ;
- Le prix bord champ est de 140f CFA/kg (prix bord champs).

❖ Estimation des besoins en eau du riz

Le tableau ci-dessous présente les besoins en eau du riz pluvial à partir de la station de Kaya.

Tableau 15 : Estimation des besoins en eau du riz

Phase	Végétation	Croissance et reproduction			Maturation
		Mois	Juillet	Aout	
Nombre de jour	30	31	31	30	31
Pluie (mm)	96,07	166,96	211,9	106,5	21,21
Pe (mm)	76,85	133,56	169,52	85,2	12,72
ET0 (mm/j)	5,1	4,4	4,1	4,6	5,5
ET0(mm)	153	136,4	127,1	138	170,5
Kc	1,2	1,05	1,1	1,2	1,05
ETM (mm)	183,6	143,22	139,81	165,6	179,02
BMP (mm)	106,74	9,65	-29,71	80,40	166,29
BMP (mm/j)	3,56	0,31	-0,96	2,68	5,36

L'étude étant basée sur la culture du riz pluvial, alors la saison considérée est celle des pluies qui va de Juin à Octobre. La période de pointe est le mois d'Octobre mais il peut être négligeable car pendant ce mois le riz est déjà à terme. Le besoin maximal de pointe est estimé à 5,36 mm/j. Le besoin en eau pour la saison pluvieuse est estimé à 166,29 mm, soit 1662,9 m³/ha or le type d'aménagement retenu dépend de la pluviosité, de la capacité de rétention du sol, de la pénétrabilité de ce sol par les racines.

V.3 Résultats des étude techniques de conception et de dimensionnement des ouvrages

V.3.1 Proposition d'aménagement

V.3.1.1 Typologie du bas-fond

Le site est situé dans la zone sahélienne entre les isohyètes 300 et 750 mm Il ne subit ni d'écoulement permanent ni même souvent d'inondation permanente en saison de pluies. L'essentiel des apports est lié aux eaux de surface. Le lit du bas-fond est bien marqué à l'amont disparaît progressivement à l'aval. Les sols des versants sont de type ferrugineux tropicaux peu lessivés. Quant à la partie centrale on y retrouve des sols hydromorphes qui retiennent l'eau dans les argiles gonflante. Le bas-fond de Bourba fait partie du bassin hydrographique du Nakambé. Il a une pente faible comprises entre 2 m/km et 5 m/km (2‰ et 5‰) qui correspond à un bassin de plaine.

V.3.2 Vérification des critères de l'aptitude à l'aménagement

La réalisation de l'aménagement nécessite non seulement des conditions biophysiques

appropriées mais également des conditions sociales. La vérification des aptitudes à l'aménagement du site de Bourba se présente dans l'*Annexe 3 (1)*.

Suite à cette vérification, nous constatons que le bas-fond du site de Bourba répond parfaitement aux critères d'appréciations. Les critères biophysiques d'aménagement nous montrent que les conditions du site sont toutes favorables à un aménagement par épandage des crues.

V.3.3 Choix du type d'aménagement de bas-fond

Sur la base des caractéristiques morphologiques du bas-fond, et de crues enregistrées, le choix du type d'aménagement pour le cas du site de Bourba s'est porté sur le type PAFR.

Il a pour but de palier aux problèmes liés à la durabilité, et au coût des ouvrages tout en assurant une bonne productivité. Sa démarche est fondée sur la responsabilisation des producteurs et des organisateurs. Il s'agit d'une démarche collective, où les communautés sont associées à la réalisation des travaux et à la gestion des ouvrages (Jamin,1998).

Le type PAFR a mis au point la méthode d'aménagement par les diguettes en courbes de niveau. Ces diguettes sont soit revêtues ou non en géotextile et moellons.

V.3.4 Evaluation des différents modèles techniques d'aménagements

A travers le choix du type PAFR comme type d'aménagement envisagé, qui consiste en la réalisation des diguettes à courbes de niveaux (revêtues ou non revêtues) et au vu des paramètres présentés par les différents modèles techniques d'aménagement de bas-fonds établis par les travaux de l'atelier national sur les aménagements des bas-fonds à faible coût de Novembre 2002 consigné en *Annexe3 (2)*, nous envisageons le modèle technique d'aménagement par diguettes suivant les courbes de niveaux revêtues (DCN /R) qui donne plus d'avantage à savoir un maintien de la lame d'eau et également une résistance aux érosions, lors du passage de crue.

V.3.5 Atouts et contraintes du projet d'aménagement

De l'analyse des résultats issus des études de bases, il ressort que la zone retenue pour l'aménagement présente des atouts. Ces atouts sont :

- Une topographie relativement plate (faibles pentes longitudinales et transversales) donc une zone favorable d'épandage des crues ;
- Des sols aptes à la riziculture et au maraichage ;
- Une disponibilité en moellons dans les environs (moins de 5km) ;
- Une disponibilité en eau dans le barrage de Pibaoré à environ 5km du site ;
- Une disponibilité en agrégats pour le béton dans le village ;
- Une végétation relativement peu dense ;

- Des populations favorables au projet d'aménagement et disposées à y participer.

V.3.6 Types d'ouvrages projetés pour l'aménagement

Les types d'ouvrages projetés pour l'aménagement du site de Bourba sont :

❖ Diguettes suivant des courbes de niveau protégées ou revêtues (DCN/R)

Pour l'aménagement du bas-fond de Bourba, le type d'ouvrage par diguette suivant les courbes de niveau revêtues (type PAFR) a été retenu compte tenu des caractéristiques qui répondent favorablement aux critères type d'aménagement. Ainsi, il permet un maintien de la lame d'eau dans les rizières. Le Programme d'Action pour la Filière Riz PAFR (*Manuel technique d'aménagement des bas-fonds Rizicoles, 2006*) a expérimenté plusieurs types de variantes d'aménagement par DCN en *Annexe 3* (3). Notre choix s'est porté sur le type T7 qui a pour objectif la réduction des besoins en moellons d'environ 25%. Le type T7 regroupe 4 sous-types celui retenu type correspond au T7 30-35 qui offre une protection totale des diguettes. Il présente de nombreux avantages parmi lesquels :

- Une meilleure rétention d'eau pour le riz avec un bon effet de laminage et épandage des crues (les excès d'eau sont rejetés) ;
- Une plus grande durabilité des ouvrages car ceux-ci sont protégés par des moellons (matériaux latéritiques) ;
- Une facilité de l'entretien de ces ouvrages qui ne nécessite pas un coût très élevé ;
- Un accès plus facile matériaux utilisés (sable, moellons, terre) qui sont des matériaux locaux le plus souvent présents dans les différents bas-fonds du Burkina Faso ;
- Ce type d'aménagement ne nécessite pas un planage horizontal ;
- Une réduction des infiltrations d'eau (percolation) sur les diguettes car les diguettes sont recouvertes par du géotextile et des moellons ;
- Il minimise les dépôts de sable et l'érosion du sol et reconstitue la fertilité du sol à travers les diguettes filtrantes.

❖ Diguettes filtrantes

Le bas-fond du site de Bourba présente des ravinements. A la sortie des ravines on fait le constat des arrivées de sables. Dans le but ainsi de lutter contre ce phénomène, qui pourrait compromettre la bonne exploitation de l'aménagement, nous préconisons la réalisation des diguettes filtrantes. Elles ont à peu près le même fonctionnement que les cordons pierreux anti-érosif et interceptent les écoulements à pente hydraulique forte. Ces diguettes sont prévues aux abords immédiats de l'aménagement sur les deux rives. Les caractéristiques de sa réalisation sont les suivantes :

Tableau 16 : Caractéristiques des diguettes filtrantes

Profondeur d'ancrage	0,10m
Largeur de base	2,10 m
Largeur en crête	0,30 m
Hauteur au-dessus de TN	0,35m
Talus amont	1H/1V
Talus aval	3H/1V

La diguette filtrante est constituée uniquement de blocs moellons d'environ 20 cm.

❖ **Bassin de collecte des eaux de ruissellement (BCER)**

Le BCER se définit comme étant un ouvrage de captage et de stockage des eaux de ruissellement destinées à la pratique de l'irrigation de complément en cas d'avènement de poches de sécheresse en agriculture pluviale. Afin de jouer pleinement son rôle de source additionnelle d'eau agricole, il faut qu'il puisse être non seulement capable de collecter autant d'eau que le permet son volume, mais aussi stocker cette eau de ruissellement suffisamment longtemps.

Compte tenu donc, des variations climatiques extrêmes pouvant provoquer des poches de sécheresses nous envisageons la réalisation des BCER. Ces bassins pourront ainsi fonctionner à l'aide d'une motopompe ou grâce à la motricité humaine des exploitants qui pourront procéder à une irrigation de complément en vue de sauver les cultures.

La DGAHDI a promu des bassins qui sont de forme trapézoïdale avec les caractéristiques représentées dans le **tableau n°17**.

Tableau 17 : Caractéristiques des bassins promus par la DGAHDI

Longueur	13m
Largeur de base	8m
Talus	1H/1V
Profondeur	2m
Capacité de stockage	302m ³

V.3.7 Description des ouvrages et de la mise en œuvre

V.3.7.1 Diguette en Courbe de Niveau et ouvrages annexes

❖ Les Diguettes en Courbe de Niveau (DCN)

Les diguettes proposées dans la présente étude sont des seuils de type DCN (diguette à courbe de niveau protégées). Sa mise en œuvre consiste ainsi en la réalisation de diguettes en terre compactée suivant au maximum les courbes de niveau dans le bas-fond avec une dénivelée entre diguettes successives de 30cm.

Une diguette suivant courbe de niveau se compose de :

- Un remblai de terre compacté dont le but est de retenir l'eau de ruissellement et d'assurer une certaine étanchéité. Il se réalisera avec un matériau argileux peu gonflant. Leurs dimensions sont les suivantes :

Tableau 18 : Caractéristiques du remblai de terre compactée

Pente amont	1H/1V
Pente aval	2H/V
Largeur en crête	20 cm

- Une membrane géotextile couvrant le corps du remblai. Elle a un rôle de filtre qui lui permet d'assurer une fonction de protection de l'ensemble de l'ouvrage contre l'érosion interne en empêchant le départ des éléments ;
- Un enrochement en moellons dont la fonction est de protéger le remblai, d'assurer la dissipation de l'énergie déversante des crues et de protéger la membrane géotextile contre les rayons de soleil. Les enrochements seront réalisés avec les caractéristiques suivantes :

Tableau 19 : Caractéristiques des enrochements

Pente en amont	1H/1V
Pente aval	2H/1V

- Une butée aval dont le rôle est d'éviter le déchaussement des enrochements.

❖ Cavaliers de protection

Sur le site de Bourba, on note la présence de ravines nous proposons donc la mise en place des cavaliers. Le profil en travers type du cavalier est le même que la DCN avec une hauteur de 45cm

au lieu de 35cm . Ils se placent sur lit des ravinements et empêchent la rétention des eaux des casiers dans les ravines mais également la submersion fréquente des casiers rizicoles à proximité des ravines. Ils sont placés sur le lit des ravinements.

❖ **Les pertuis de vidanges**

Muni d'un système de batardeau simple ils permettent de retenir ou de vider la lame d'eau en amont de la diguette. Selon le PAFR les pertuis sont disposés en quinconce en évitant les zones préférentielles d'écoulement. Les pertuis sont construits en béton ordinaire dosé à 250 k /m³. Les caractéristiques pour sa réalisation se composent :

- ⇒ Une largeur d'ouverture de 0,60m avec une protection aval en moellons
- ⇒ Un (01) bassin de dissipation de 1,62m
- ⇒ Deux (02) butée aval d'épaisseur 20cm sur 1m de longueur ;
- ⇒ Deux (02) mur bajoyer d'épaisseur 20cm comportant chacun un écran anti renard de 20cm d'épaisseur et 20 cm de long et une hauteur correspondante à la hauteur de la diguette enrochée soit 5 cm ;
- ⇒ une (01) vannette métallique de 35 cm de hauteur en tôle de 5 mm sur un cadre en cornière de 3×3 .

Pour la réalisation d'un pertuis un volume d'environ 0,95m³ de béton est à mobiliser.

❖ **Gabions**

Dans le but de d'empêcher ces dépôts de sable et de dissiper l'énergie de l'eau venant des ravines, nous envisagerons la mise en place de gabions. Elles sont réalisées grâce à des moellons et des mailles en fil acier présentant les dimensions suivantes :

- ⇒ Longueur : 2m
- ⇒ Largeur : 1m
- ⇒ Hauteur : 0,5m

❖ **Mise en œuvre de la protection des DCN**

La pose du propylène tissé

Fourni en rouleaux de 100m de long sur 25m de large, le polypropylène est un matériau très sensible à la lumière. Ainsi sous son effet il se dégrade très facilement, justifiant son traitement aux rayons UV avant usage.

Il est donc impératif que le polypropylène soit recouvert de moellons imposant ainsi un contrôle rigoureux et des entretiens annuels.

La pose des moellons

La diguette recouverte de géotextile est entièrement revêtue par les moellons. Dans le but d'assurer une meilleure stabilité des ouvrages, les gros blocs seront disposés en aval pour former une butée. Par la suite, les moellons sont disposés de l'aval vers la crête et du pied amont vers la crête. Dans le but ainsi de limiter au maximum les vides, les moellons seront judicieusement choisis. En cas de présence de vides les concassés de moellons les combleront.

V.3.7.2 Description et mise en œuvre des travaux de terrassement

❖ Sous-solage, du planage sommaire et du labour

Un sous-solage aux rippers, suivi d'un planage puis un labour au disque est indispensable. (*OUEDRAOGO Soudouba Barnabé, 2016*). Le sous-solage non croisé mais profond sera réalisé en vue d'ameublir le sol. On privilégiera le planage sommaire en lieu et place. Il sera effectué tout après le sous solage et permettra de rendre plat le bas-fond entre deux diguettes. Les côtes de planage seront définies de manière à réduire le mouvement de terre. L'opération de planage qui dégrossie pendant cette phase fera, l'objet d'un réajustement à la parcelle par les producteurs.

❖ Casiéage

Le casiéage se fait à l'aide d'un niveau automatique ou d'un niveau à eau. Il s'agira tout d'abord, d'implanter les courbes de niveau de manière à ce que la dénivelée entre deux courbes de niveau consécutives soit de 10 cm. Par la suite, viendra l'étape de délimitation des casiers en tirant des lignes perpendiculaires aux courbes de niveau. On pourra ainsi contrôler les positions des diguettes et leur horizontalité en crête. Ces travaux de casiéage seront réalisés de manière individuelle par les exploitants.

❖ BCER

Pour réaliser des BCER il faudrait tout d'abord procéder au creusage d'une fosse de dimensions 13 x 8 x 2 m avec des talus de 1H/1V. Ensuite l'on procède à une phase l'imperméabilisation du bassin à l'aide de film polyane et de briquettes en argile. Ces fosses doivent ainsi être stabiliser avec des briquettes d'argile et de l'acier. Enfin la zone devra être sécurisé grâce à une clôture grillagée.

Pour l'exhaure de l'eau, il faudra envisager la dotation des exploitants en motopompes.

V.3.8 Calage et dimensionnement des ouvrages

❖ Diguettes suivant les courbes de niveaux revêtues

La démarche adoptée pour le calage des diguettes suivant les courbes de niveaux revêtues est la suivante :

Pour le cas de notre site d'étude, qui est un aménagement avec maîtrise partielle d'eau la spéculation adoptée est le riz de bas-fond avec une tolérance limite de 40 cm pour la lame d'eau. Allant dans ce sens, les hauteurs de DCN rizicoles seront maintenues dans l'ordre de grandeur de 35cm donnant ainsi une hauteur des ouvrages de 0,55 m pour les DCN revêtues. La lame d'eau déversante calculée sur la base de la crue de projet devra être dans la mesure du possible inférieur à 30cm afin de permettre une stabilité du seuil submersible. Des mesures de protections complémentaires seront envisagés dans le cas contraire, et consisteront à une révision du tracé en vue de rallonger la DCN et ramené de ce fait la hauteur de la lame d'eau à moins de 30 cm. Dans le but ainsi d'assurer une mise en œuvre facile et une réduction du volume de terrassement, le tracé de la diguette devra être rectiligne tout en suivant dans la mesure du possible la configuration des courbes de niveau. La distance entre deux diguettes consécutives est fonction essentiellement de la pente longitudinale du bas-fond et de la dénivelée entre les diguettes. Ces diguettes seront disposées en cascade avec des dénivelés de 30 cm.

Tableau 20 : Caractéristiques des DCN pour l'aménagement du site de Bourba

N° DCN	Côtes TN (m)	Côtes de calage (m)	Lame d'eau (m)	Vitesse d'écoulement (m/s)
DCN 1	310,6	310,95	0,17	13,07
DCN 2	310,3	310,65	0,18	13,83
DCN 3-1	310	310,35	0,2	15,37
DCN 3-2	310	310,35	0,28	21,52
DCN 3-3	310	310,35	0,12	9,22
DCN 4-1	309,7	310,35	0,2	15,37
DCN 4-2	309,7	310,05	0,24	18,45
DCN 4-3	309,7	310,05	0,21	16,14
DCN 4-4	309,7	310,05	0,13	9,99
DCN 5-1	309,4	309,75	0,2	15,37
DCN 5-2	309,4	309,75	0,19	14,60
DCN 5-3	309,4	309,75	0,12	9,22
DCN 6-1	309,1	309,45	0,24	18,45
DCN 6-2	309,1	309,45	0,15	11,53
DCN 7	308,8	309,15	0,12	9,22
DCN 8	308,5	308,85	0,24	18,45

La lame d'eau déversante calculée sur la base de la crue de projet $Q=42,27\text{m}^3/\text{s}$ au niveau de chaque diguette est inférieure à 30cm. Elles sont assez bonnes et sont dans la fourchette du PAFR. Alors sur le site de Bourba la stabilité du seuil submersible est assurée et cela garantit une sécurité des ouvrages.

Les détails de sa détermination sont en **Annexe 3**

❖ Les pertuis de vidange

Les pertuis de vidange sont des ouvrages de régulation et se disposent en quinconce tout en évitant les zones d'écoulement préférentiel d'après le PAFR. Leur règle de détermination est présentée en **Annexe 3**.

Tableau 21 : Nombre de pertuis par DCN et cavalier

N° DCN	Superficie dominée (ha)	Superficie dominée cumulée (ha)	Nombre de pertuis selon PAFR	Nombre de pertuis retenu
DCN 1	1,01	1,01	2	2
DCN 2	0,93	1,94	2	2
DCN 3-1	0,64	2,58	2	2
DCN 3-2	0,3	0,3	2	1
DCN 3-3	3,33	3,33	2	3
DCN 4-1	0,69	3,27	2	2
DCN 4-2	0,34	0,64	2	1
DCN 4-3	1,24	4,57	2	2
DCN 4-4	1,37	1,37	2	3
DCN 5-1	0,82	4,09	2	2
DCN 5-2	0,62	1,26	2	2
DCN 5-3	4,80	10,74	3	3
DCN 6-1	0,46	0,46	2	1
DCN 6-2	1,77	12,51	3	2
DCN 7	2,90	21,22	4	4
DCN 8	2,65	23,87	4	2
Cavalier 1	0,66	1,01	2	2
Cavalier 2		1,94	2	2
Nombre total			40	38

Dans l'optique de garder un fonctionnement optimal de l'aménagement, les pertuis devront permettre de réguler le volume d'eau stockée dans les DCN. Ainsi un total de **38 pertuis** seront retenu pour l'aménagement du site de Bourba.

❖ Temps de vidanges des casiers rizicoles

L'estimation du temps de vidanges des casiers rizicoles est fonction de la longueur, du nombre de pertuis de la DCN, et de sa surface dominée.

Les résultats montrent que la largeur de déversement du pertuis et le nombre de pertuis par DCN est acceptable pour un temps maximal de vidange d'environ de **12heures**.

❖ Les diguettes filtrantes

Les diguettes filtrantes sont prévues aux abords immédiats de l'aménagement, sur les deux rives en vue de modérer le débit entrant dans le périmètre et ralentir l'ensablement. Leur calage prend en compte pour chaque tronçon du bas-fond, la pente transversale, la présence de sable et de l'espacement entre deux (02) DCN successives. Afin de permettre l'accès à l'aménagement elles seront discontinues.

Pour le cas du bas-fond de Bourba, quatre (04) diguettes filtrantes sont proposées de part et d'autre de l'aménagement avec les caractéristiques suivantes :

Tableau 22 : Caractéristiques des diguettes filtrantes

N° DF	Longueur (m)
DF1	278,82
DF2	308,47
DF3	483,15
DF4	262,45
Total	1332,89

❖ Bassins de collecte d'eaux de ruissellement

Dans l'objectif d'introduire les systèmes d'irrigation par complément à partir des bassins de collecte l'alternative de la réalisation pour un début de deux (02) BCER sur le bas-fond de Bourba est proposée. En principe, un BCER de 302m³ est prévu pour irriguer en appoint, environ 0,25ha d'une culture quelconque ; et si l'expérience de l'exploitation de ces bassins est réussie ; elle pourrait être dupliquée par les exploitants en taille plus réduite.

V.3.9 Superficie aménageable et superficie nette exploitable

La superficie brute aménageable est celle dominée par les ouvrages de l'aménagement tandis que la superficie nette exploitable est celle parcellée.

L'aménagement du bas-fond se présente comme suit :

Tableau 23 : Superficie nette exploitable

Superficie brute aménageable (ha)	Superficie nette exploitable (ha)	Nombre de parcelles	Taille des parcelles
25	23,75	104	0,17-0,30

En somme, pour une superficie aménageable de 25 ha une superficie exploitable de 23,75ha est dégagée pour un nombre total de 104 parcelles.

V.3.10 Calcul d'avant-métré des ouvrages projetés

Le choix du type de variante par DCN s'étant porté sur le type T7 revêtues, les calculs d'avant-métré ont été réalisés sur les profils en long et en travers ainsi que sur les plans des ouvrages de cette variante (*Annexe 4*). Ces avant-métrés établis permettent une quantification des travaux, des services et fournitures nécessaires à la réalisation des ouvrages. Le *tableau n°24* présente un récapitulatif du métré des ouvrages.

Tableau 24 : Métré des ouvrages

	Surface Décapage (m²)	Remblai (m³)	Déblai (m³)	Géotextile (m³)	Moellons (m³)
DCN	8278,92	2131,15	867,95	13353,10	2670,62
Cavaliers	939,78	341,96	98,53	1818,93	363,79
Diguettes filtrantes	-	-	333,2225	-	1032,98975
Gabions	-	-	18,5	-	7,75

Les détails du métré sont présentés en *Annexe 4*.

VI. Analyses complémentaires

Dans le but de permettre aux populations d'améliorer leurs revenus monétaires, de faire face aux besoins de consommation et aux dépenses nous préconisons la mise en place d'un aménagement de périmètre maraîcher. L'aménagement de ce périmètre contribuera à son tour à un équilibre des revenus à travers les différentes productions et à la rentabilisation du projet à court terme.

Pour la localité de Bourba, une superficie aménageable de 2 ha sera réservée au maraîchage. L'aménagement sera composé d'une unité de pompage solaire photovoltaïque et d'un réseau d'irrigation. Ces différentes unités fonctionneront à partir de panneaux solaires et des batteries. En partant de l'hypothèse selon laquelle l'unité de pompage se composera de deux (02) forages de 75m de profondeur (profondeur estimée) avec un débit minimum de 5m³/h chacune. (*TCHAPDA SEUNGUE Charlotte Ursula, 2022*)

Ce forage sera donc muni d'une électropompe, qui sera animé à son tour par un ensemble de batteries solaires de type LIFEPo4. La durée moyenne des batteries est estimée à 20 ans.

Tout le système sera doté d'un château d'eau en polytank d'une capacité de 2m³ disposée sur un support métallique d'altitude 5m.l

Au regard de la topographie du site, la disponibilité en ressources énergétiques, la disponibilité de la ressource en eau (quantité et qualité), la nature des cultures, la nature du sol (perméabilité), les facteurs socio-économiques et culturels (*Amadou KEITA, 2020*) notre choix sera porté sur la microaspersion qui présente de nombreux avantages .

L'association de la microaspersion au pompage photovoltaïque a ainsi comme avantage une utilisation plus rationnelle de la ressource en eau à travers une organisation de l'arrosage et une réduction du temps de travail d'irrigation et présente un coup de réalisation moyen. De part les habitudes culturelles de la population de notre localité, de la valeur ajoutée des plantes, leurs adéquations avec les types de sols de la zone, de la maîtrise des cultures, de la possibilité de

conservation et essentiellement la demande aux niveaux locale et nationale nous envisageons sur notre périmètre des cultures telles que la tomate, le chou, l'haricot vert et l'oignon et la tomate. Pour notre étude, 08 exploitants sont prévus pour une superficie totale exploitable de 2 ha à raison de 0,25 ha par exploitant.

Le dimensionnement du périmètre maraîcher est présenté en *Annexe 5*.

VII. Etude des coûts

VII.1 Devis quantitatif et Devis estimatif

L'élaboration d'un ouvrage ne peut se faire sans l'analyse des qualités, quantités et des coûts des différents travaux à réaliser au préalable. En fonction du choix final de l'aménagement nous pouvons à présent faire une situation des ouvrages et des travaux à réaliser (nature, localisation, quantité et unité). Cette situation présentera un devis quantitatif et chaque prix sera accompagné d'une définition permettant de fixer les prix unitaires et d'évaluer le coût des travaux. Les devis quantitatifs et estimatifs pour l'aménagement du bas-fond de Bourba avec proposition d'aménagement de périmètre maraîcher se présentent dans l'*Annexe 6*.

L'aménagement de bas-fond proposé s'élève à un montant de **83 578 551 FCFA HT**. Ce montant pourrait subir une légère baisse du fait de la disponibilité des agrégats (moellons, sable...) sur le site pouvant réduire les coûts de transport.

La proposition de la mise en place un système d'irrigation par microaspersion sous pompage solaire photovoltaïques pour d'éventuelles cultures maraîchères entrainerait une hausse du coût de l'aménagement a un montant de **112 538 787 FCFA**. Le coût de l'aménagement à l'hectare est de **4 501 551 F CFA**. Au Burkina Faso, ce coût entre dans le cadre des estimations des coûts des différents types d'aménagements hydro-agricoles particulièrement pour les aménagements de bas-fonds à caractères rizicoles.

VII.2 Etude de la rentabilité et de la durée de retour sur l'investissement (DRI)

VII.2.1 Calcul de la rentabilité

Le coût total du projet y compris les activités du maraîchage est estimé à 112 538 787 FCFA CFA. L'étude de la rentabilité des cultures se présente de façon suivante :

Tableau 25 : Calcul de la rentabilité des cultures

Désignation		Surface (ha)	Production (kg)	Prix bord champ (f/kg)	Prix de revient(f)
	Riz Paddy	23,75	142 500	75	10 687 500
Maraichères	Tomate	0,60	15 000	150	2 250 000
	Oignon	0,60	27 000	200	5 400 000
	Chou	0,60	30 000	75	2 250 000
	Haricot vert	0,60	20 000	250	5 000 000
TOTAL					25 587 500

Les prix de revient ici représentent aussi le bilan du compte d'exploitation car ce prix de revient est le résultat du prix de vente moins le prix des dépenses.

Si l'on suppose que toute la récolte doit être vendue et retranchée des intrants (*Kablan Aurélien Patrick ETIEN, 2019*), on obtient une rentabilité estimée à 25 587 500 FCFA/An. On note cependant que la rentabilité des cultures maraîchères n'est pas négligeable pourtant ces cultures occupent une superficie assez faible par rapport à la superficie occupée par la riziculture.

VII.2.2 Calcul de la durée de retour sur l'investissement (DRI)

Le montant global de la mise en place du projet est de 112 538 787 FCFA. Au vu de la rentabilité annuelle de l'aménagement, la durée de retour sur l'investissement est de 5 ans. Cette durée est inférieure à 10 ans (temps retenu pour le dimensionnement des ouvrages). Nous pouvons conclure que ce projet est envisageable mais on note que la rentabilité de ce projet se fera avec l'appui des activités du maraîchage (contre-culture).

VII.2.3 Organisation des travaux et planning prévisionnel des travaux

Dans le cadre de l'aménagement du bas-fond du site de Bourba, les travaux prévus par l'entreprise désigné par le Maître d'Ouvrage (Programme de développement de la petite irrigation villageoise/ Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydrauliques) sont :

- Les travaux préparatoires qui se composent d'une installation et repli ; une implantation des diguettes ; de débroussaillage et abattage d'arbre.
- Le terrassement qui comprend le décapage de l'emprise des diguettes et des ouvrages régulateurs ; la construction des remblais de terre compactée à 90% OPN ; le déblai pour la butée aval ; le recouvrement du remblai de terre compactée avec du géotextile ; la pose du perré sec sur le corps du remblai recouvert de géotextile ; le sous solage-planage sommaire avec une précision de 5cm et le labour ;
- La construction des puits en béton ordinaire y compris la fourniture et la pose des vannettes métalliques de 5mm d'épaisseur et de dimensions 60cm X 35cm.

Du fait de volonté des populations à contribuer aux travaux d'aménagement, des tâches leurs seront confiées. Ceux sont entre autres le débroussaillage de la zone d'aménagement ; le

débroussaillage des pistes d'accès aux sites de collecte de moellons ; la pose de géotextile et de moellons pour la protection des diguettes ; et la réalisation des casiers rizicoles.

Compte tenu de la superficie à aménager, de la longueur des diguettes et des ouvrages annexes, une durée d'exécution de 2,5 mois sera retenue pour la réalisation des travaux d'aménagement du bas-fond sur le site de Bourba.

Le planning d'exécution en *tableau n°26* présente l'organisation et la durée des tâches.

Tableau 26 : Planning prévisionnel des travaux

N°	Désignation	Mois 1				Mois 2				Mois 3		Durée (jours)
		Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	
1	Travaux préparatoires											
1.1	Installation et amené matériel	■										7
1.2	Débroussaillage		■									5
1.3	Implantation des diguettes		■	■								5
1.4	Etablissement du dossier d'exécution			■	■							7
2	Terrassements											
2.1	Abattage d'arbres				■	■						5
2.2	Débroussaillage et décapage de l'emprise des diguettes				■	■						5
2.3	Remblais compactés aux engins/ diguettes					■	■	■	■			21
2.4	Déblais diguettes						■	■	■	■		15
2.5	Sous solage simple - planage sommaire							■	■	■		7
2.6	Labour								■	■		7
3	Fourniture et pose du revêtement									■	■	
3.1	Achat et transport du géotextile											30
3.2	Transport du perré sec			■	■	■	■	■				45
3.3	Pose du perré sec et du géotextile			■	■	■	■	■	■	■	■	15
3.4	Pose de gabions								■	■	■	4
4	Bétons-métalliques								■			
4.1	Pertuis de vidange en béton +vannettes métalliques									■	■	10
5	Parcelles									■	■	
5.1	Implantation des parcelles										■	3
6	Elaboration des plans de recollement									■	■	7
7	Nettoyage et repli du chantier										■	3

VII.2.4 Gestion des aménagements

❖ Gestion de l'aménagement rizicole

Le principal but des aménagements du PAFR est de garantir une campagne rizicole sans déficit hydrique majeur et d'inondation de longue durée. La performance et la durabilité de cet aménagement dépendent de la bonne gestion notamment de son entretien. Cette gestion consiste à la gestion de l'eau proprement dite, à l'entretien des ouvrages et à l'organisation de l'entretien.

Gestion de l'eau

La gestion de l'eau dans l'aménagement est simple et assurée par des groupements de producteurs. Il est primordial d'obtenir au préalable des variétés avec une durée définie du cycle de culture. Cette gestion passe par le respect du calendrier agricole et la manipulation des vannes, cette dernière variant selon le type d'aménagement.

Dans notre cas de notre aménagement, en début de saison des pluies le fonctionnement se fait en régime pluvial (maîtrise partielle), des pertuis ouvertes (il s'agit de la vidange) :

D'Août à fin Octobre, l'aménagement fonctionne en quasi maîtrise totale. Les vannes sont ouvertes pendant le tallage, puis elles sont fermées. Cet aménagement permet de combler le déficit hydrique lors des poches de sécheresses de fin juin à fin septembre et en fin de la saison de production jusqu'au moins fin octobre.

Les crues passent au-dessus des diguettes, elles sont étalées sur toute la largeur du bas-fond et sont ainsi ralenties. Les écoulements de bases sont répartis sur toute la superficie de l'aménagement.

Entretien des ouvrages

✚ DCN

La maintenance de ce type ouvrage se compose de :

- Un entretien préventif en saison sèche : Avril-Mai

Ce type d'entretien se fait de annuellement par les producteurs.

Le début des travaux champêtres commence par le nettoyage des superficies cultivables. Un rappel sur l'importance du nettoyage de tout l'aménagement doit être faite au groupement. L'entretien préventif consiste principalement à un nettoyage, au faucardage le long des diguettes et au repositionnement des moellons déplacés.

- Un entretien curatif après l'hivernage : Octobre – Janvier

Il vise la réparation des dommages dus à la crue, à l'accès des animaux et à l'intervention de

l'homme. Pendant cette période la main d'œuvre est très sollicitée il faudra ainsi donc insérer un règlement intérieur du groupement, que les producteurs doivent affecter un ou deux jours à ces travaux.

En cas de brèche les actions à entreprendre sont :

- L'enlèvement de moellons ;
- L'enlèvement du polypropylène ;
- Le décapage sommaire ;
- Humidification de l'assise ;
- L'apport de terre argileuse en petites couches de 10 cm au bon taux d'humidité ;
- La mise au gabarit à la daba ;
- La protection du nouveau corps en polypropylène et en moellons

Il exige plus d'expertise. Par conséquent la mise en place des brigades d'entretien est nécessaire pour de tels interventions.

En plus de l'entretien, une sensibilisation des exploitants sur les effets néfastes des feux de brousse sur le géotextile doit être faite car celle-ci contribue à la destruction du géotextile qui diminue la protection des diguettes.

Pertuis

L'entretien des pertuis comprend :

- Entretien préventif : Octobre-Mai

Il consiste à un remplacement des moellons déplacés et un remblaiement des renards et des affouillements avec de la terre argileuse.

- Entretien curatif Janvier-Mai

Pour cette période, l'entretien consistera à la réparation de l'ouvrage par des maçons.

VII.2.5 Organisation de l'entretien

L'un des volets primordiaux de la gestion des aménagements est son entretien. Ainsi une bonne gestion repose essentiellement sur des organisations des producteurs dynamiques et conscientes de leurs responsabilités. Dans le but de bâtir une organisation dynamique de producteurs, la formation des acteurs en matière d'organisation et de gestion d'une telle structure s'impose. Pour ainsi assurer un bon entretien de bas-fond les volets suivants sont à prendre en compte :

- La mise en place d'un calendrier cultural respecté par tous les producteurs : Ce calendrier doit être établi avant chaque campagne, par l'encadrement et le bureau du groupement

des producteurs en fonction de leur connaissance du milieu. Il indique une période pour les différentes opérations culturales (préparation du sol, semis, repiquage, sarclage, épandage d'engrais, récolte) ;

- La mise en place d'un calendrier annuel d'entretien : Il indiquera la période d'entretien (préventif ou curatif) des différents ouvrages de l'aménagement (diguettes, pertuis, etc.) ;
- La mise en place d'un fond d'entretien : Le changement de la toile de polypropylène constitue l'une des dépenses importantes. Il est donc important pour les producteurs de constituer un fonds par des prélèvements volontaires (redevances calculées sur la superficie) au moment de la commercialisation ;
- La reconstitution régulière du fonds de roulement pour les intrants par la récupération des crédits intrants.
- La vente groupée de la production pour permettre à l'organisation des producteurs de bénéficier de ristournes, de prélever les redevances entretien et les crédits intrants.

❖ **Gestion du périmètre maraîcher**

Gestion rationnelle de la ressource en eau

La mise en place d'un comité de gestion du périmètre est indispensable pour une bonne organisation des exploitants et surtout une bonne gestion de la ressource en eau.

Un tour d'eau qui sera adopté par tous les exploitants devra être scrupuleusement respecté. L'eau du forage devra dans la mesure du possible réservée aux activités du périmètre maraîcher. L'usage de cette eau pour un but domestique ou tout autre doit être évité afin de conduire les cultures à maturité.

Entretien du périmètre

Les exploitants devraient être sensibiliser sur l'entretien du périmètre ainsi que sur l'entretien des ouvrages (grillage, portail, ...).

VIII. Etude d'impacts environnementales et sociales

Le but d'une étude d'impact sur l'environnement est de faire une proposition au décideur de la solution du moindre impact sur l'environnement pour réalisation d'un projet. Elle contribue à cet effet à établir la faisabilité des projets au même titre que les études techniques, économiques et financières. Au Burkina Faso, conformément aux dispositions de la loi n°006-2013/AN du 02 avril 2013 portant code de l'environnement du Burkina Faso, l'Étude et la Notice d'Impact sur l'Environnement s'inscrit à l'intérieur d'un processus décisionnel.

VIII.1 Rappel du cadre législatif régissant le projet

Née de la volonté du Gouvernement, de faire de la préservation de l'environnement un axe central de sa politique de développement plusieurs textes d'application ont été adoptés. Il s'agit du décret n°2015- 1187/PRESTRANS / PM / MERH / MATD / MME / MS / MARHASA /MRA / MICA / MHU / MIDT /MCT du 22 octobre 2015 portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social ; L'article 5 dudit décret classe les projets en trois (03) catégories :

- Catégorie A : Activités soumises à une étude d'impact environnemental et social ;
- Catégorie B : Activités soumises à une notice d'impact environnemental et social ;
- Catégorie C : Activités faisant objet de prescriptions environnementales et sociales.

Le projet portant sur l'aménagement de bas-fond du site de Bourba s'inscrit dans la catégorie B, qui concerne les activités faisant l'objet d'une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES). Pour être ainsi classé dans cette catégorie, il faudrait que les impacts négatifs qu'ils sont susceptibles d'avoir sur l'environnement soit très localisés et pour lesquels on pourrait concevoir aisément des mesures d'atténuations ou de mitigations.

L'étude de Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES) du projet d'aménagement aura pour objectif d'identifier les principaux impacts liés à l'aménagement, de proposer des mesures environnementales d'atténuations des impacts négatifs et de bonifications des impacts positifs de plus les coûts de leur mise en œuvre.

VIII.2 Rappel des composantes et phases du projet

Dans le cas de notre étude, il est question de proposer un périmètre principalement à vocation rizicole au bénéfice des populations du village de Bourba. Pour cette étude nous préconisons, qu'une superficie soit allouée à production des cultures maraîchères. L'aménagement du périmètre rizicole consistera en la constitution d'une lame d'eau pendant la saison des pluies pour permettre la culture pluviale du riz et la culture maraîchère en saison sèche. Pour cela on aura la réalisation de Diguettes suivant les Courbes de Niveau (DCN) munies de pertuis de vidange protégées par du géotextile et des moellons. La surface entre les diguettes sera ensuite planée (sommaire en rive et horizontale dans la partie centrale).

L'ensemble des travaux se compose :

- L'installation, équipement en matériel de mesure de compacité in situ et repli ;
- L'abattage d'arbres ;
- Le débroussaillage et décapage de l'emprise des diguettes sur 10cm ;

- l'exécution des diguettes en remblais compactés à 90% de l'OPN et talutage aux dimensions requises ;
- Le déblai manuel pour exécution de la butée ;
- Le comblement des zones d'emprunt avec les produits de talutage et de déblai ;
- L'exécution des pertuis de vidange équipés de vannettes ;
- Le ripage et planage sommaire au bull de la zone d'épandage des diguettes ;
- Le parcellement de l'aménagement ;
- Les mesures de protection antiérosives : apport de terre pour comblement des zones de dépressions ou de ravinement.

VIII.3 Identification et évaluation des impacts

VIII.3.1 Etat initial du site et de son environnement

La saison des pluies dure quatre (04) mois dans la commune. Elle va de mi-juin à fin septembre avec des variations spatiales et temporelles. Son climat est de type soudano-sahélien. La végétation au niveau du site du site est boisée et l'on constate la présence d'habitat à proximité de la zone à aménager. L'abattage d'arbres dans le cadre du projet, s'accompagne de dispositions dans le plan de gestion environnementale et sociale. Le site de Bourba se trouve traversée par des cours d'eau secondaire et l'on note la présence de deux (02) boulis et de quelques puits le long de ces cours d'eau. La commune rurale de Boala dispose de trois (03) CSPS fonctionnel, mais le village de Bourba ne dispose pas de centre de santé.

VIII.3.2 Impacts potentiel du projet sur l'environnement

VIII.3.2.1 Impacts sur le milieu biophysique

A l'issue l'aménagement, une augmentation de l'évaporation au-dessus de l'espace aménagé sera observé dû à l'exploitation du site et les effets de l'aménagement sur les composantes environnementales en présence. Ainsi pour le projet, il aura une incidence sur le microclimat de la zone d'influence directe. Aucun changement important n'apparaîtra sur le paysage et le relief aussi bien au niveau de la zone d'influence directe que diffuse. Pendant la phase de travaux et aussi d'exploitation, les risques de pollution de la retenue sont à prévoir.

Allant dans ce sens, les risques accidentelles de pollution des retenues et du bas-fond sont principalement dû à l'utilisation et à la maintenance des engins, la consommation et la manipulation d'hydrocarbures durant les travaux, qui ont un impact sur l'environnement de la zone d'étude. A cela s'ajoute l'utilisation incontrôlée des produits phytosanitaires en phase d'exploitation qui est à l'origine des pollutions de la nappe phréatique et des eaux du cours d'eau.

Les travaux d'aménagement consisteront à une destruction ne serait-ce que partielle de la végétation en présence. Ainsi l'impact sur la végétation est mineur, négatif et temporaire.

VIII.3.2.2 Impacts sur le milieu humain

L'étude de l'aménagement du bas-fond de site de Bourba se reflètera par une réaffectation des terres au bénéfice de sa communauté. De précédentes activités d'intermédiations, ont permis la détermination des conditions sécuritaires d'attributions des parcelles avec les producteurs. Il s'agit notamment de la hiérarchisation des priorités par les bénéficiaires eux-mêmes. Sont prioritaires dans l'attribution des parcelles les propriétaires de terres, les exploitants demandeurs de parcelles travaillant actuellement sur le site.

La mise en place du projet permettrait aux populations, une amélioration des activités agro-stylo-pastorales. On assistera à une augmentation de la disponibilité d'eau de surface qui permettra une diversification des cultures.

L'augmentation des rendements et par conséquent des productions sont les conséquences directes ; par conséquent on assistera à une augmentation des revenus des bénéficiaires de l'aménagement, avec des possibilités de financement d'autres secteurs d'activités comme le petit commerce et l'embauche. Au cours de la phase de travaux on assistera à des échanges commerciaux et à l'utilisation de la main d'œuvre locale qui aura comme impact une amélioration des revenus des travailleurs.

Le site de Bourba dispose d'un lieu sacré qui n'empêche pas l'aménagement. Il n'existe pas de couloir à bétail ni d'infrastructure socio-économique à détruire.

VIII.4 Plan de gestion environnemental et social

Le but du Plan Gestion Environnementale et Sociale (PGES) est de proposer des réponses aux problèmes identifiés grâce à des investigations d'impact environnemental et social dans le seul souci d'assurer une meilleure insertion du projet dans l'environnement récepteur.

VIII.4.1 Pour le milieu biophysique

Dans le cadre de la présente étude, les principales mesures de protection de l'environnement identifiées dans la Notice d'Impacts Environnemental et Social (NIES) sont :

- La compensation de la végétation détruite ;
- La réalisation d'action de bonification tel que la plantation d'arbre de protection du cours d'eau et le maintien des caractéristiques physiques des sols à travers l'utilisation de matières organiques.

Un certain nombre de dispositions doivent être prises en compte pour minimiser les effets négatifs des activités liées à l'aménagement pendant l'exécution des travaux. Elles se retrouvent dans le cahier de charge de l'entreprise retenue pour le projet. Ce sont entre autres :

- La limitation de la vitesse des véhicules pour éviter une exagération de l'émission des poussières et des gaz par les engins ;
- La remise en état des lieux en ce qui concerne les zones d'emprunt et la base-vie, y compris les sites de dépôt du tout-venant et la mise en place de système de collecte et d'évacuation des déchets solides et liquides polluants du chantier ;
- Le recrutement du personnel non qualifié et même du personnel qualifié pouvant être trouvé sur place au sein de la communauté (quand cela est possible).

Une mise en œuvre rigoureuse de ces clauses sur le chantier sera assurée lors des activités de suivi contrôle.

VIII.4.2 Pour le milieu humain

Dans la présente étude les mesures d'atténuations et de bonifications des impacts du projet sur l'environnement et visent principalement :

- Au renforcement des effets positifs du projet sur les milieux biophysiques et socio-économiques ;
- Au recrutement du personnel non qualifié et même du personnel qualifié pouvant être trouvé sur place au sein de la communauté (quand cela est possible) ;
- À l'insertion dans les documents de gestion du bas fond aménagé (règlement Intérieur) des dispositions sur la gestion des pâturages autour du site ;
- À la sensibilisation des travailleurs du chantier sur la Gestion des Ressources Naturelles (GRN) et les maladies hydriques.

Pendant la phase d'exploitation, le Comité de Gestion du bas-fond sera redynamisé pour permettre une surveillance et une protection du bas fond une fois aménagé.

Au rang des mesures d'accompagnements figure en bonne place le renforcement des capacités des producteurs en matière de protection de l'infrastructure et de production.

Les mesures environnementales proposées pendant les phases de réalisation et d'exploitation de l'aménagement sont présentés en *Annexe 8*.

VIII.5 Estimation des coûts des mesures environnementales

Le coût global des mesures environnementales s'élève à **11 000 000 FCFA HT**.

Au terme de la Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES) du projet d'aménagement du bas fond de Bourba, il est possible d'affirmer que la faisabilité environnementale est bonne si les mesures préconisées sont prises en compte pour en atténuer les effets négatifs.

Le détail des estimations est présenté en *Annexe 8*.

Conclusion

L'aménagement du bas-fond sur le site Bourba est de type PAFR et s'inscrit dans les projets d'aménagements prévu par dans l'Etat du Burkina Faso. Le but de cet aménagement est de proposer des types d'aménagements en maîtrise partielle de l'eau techniquement adapté et facilement appropriable par les bénéficiaires.

En fonction de la typologie du bas-fond et les types de matériaux présents sur le site de Bourba, nous avons pu mettre en place un dossier technique pour l'aménagement d'un bas-fond de 23,75 ha pour la riziculture, ce dossier d'aménagement prend en compte les activités de contre saison et présente les différents ouvrages pour sa mise en place. L'aménagement du site à travers l'étude socio-économique cadre aux réalités de la vie quotidienne des habitants qui sont conscients de la plus-value que l'aménagement pourrait leur apportés. Les effets (positifs et négatifs) ont été appréciés grâce à l'étude d'impact environnemental et social et des mesures de compensations et de bonifications apportés dans le but d'atténuer les effets négatifs.

L'aménagement du bas fond sur le site de Bourba est un facteur pour accroître les rendements agricoles et les revenus des bénéficiaires afin de renforcer la sécurité alimentaire. Le coût pour la réalisation de l'aménagement de ce bas-fond s'élève à un montant de **87 534 300 f CFA HT**. En prenant en compte des activités du maraichage nous le montant de **116 494 536 f CFA HT** avec une étude d'impact environnemental évaluée à un montant de **11 000 000 FCFA**. Pour une rentabilité du projet les activités de contre saison (maraîchage) doivent être considéré. L'aménagement étant en réalisé avec maîtrise partielle de l'eau, il donc important de voir d'autres perspectives pour permettre aux paysans de faire les cultures de contre saison sur de grandes superficies aménageables avec une ressource en eau permanente.

Recommandations

La mission de contrôle et d'expertise chargées de l'exécution sont les principaux responsables de la réussite du projet. Afin de garantir la durabilité des ouvrages, nous préconisons :

- La mise en place d'un comité de gestion du bas-fond dès lors que le bas-fond sera aménagé qui aura en charge les activités sur le bas-fond ;
- La mise en place d'un plan de renforcement des capacités du comité de gestion.

Le projet veillera sur la qualité du travail qui sera fait afin que l'aménagement puisse profiter durablement aux populations ainsi il serait judicieux de proposer :

- Un accompagnement des producteurs à l'acquisition du matériel de travail
- La mise en place d'un fonds de roulement aux profits des producteurs
- La main d'œuvre locale soit favorisée dans le cadre du travail

Pour la confection des diguettes du site il est recommandé par les entreprises d'exécution et bureaux d'études de faire un mélange d'apport de terre en matériaux propices au compactage et permettant aux ouvrages de jouer pleinement leur rôle.

Dans la mise en place du périmètre maraicher le coût de l'énergie dû à l'absence d'électricité dans la localité pourrait occasionner une entrave à la production si l'exploitation de périmètre doit être faite à la motopompe. Ainsi donc nous recommandons l'installation des panneaux photovoltaïques branchés sur des pompes immergées permettant de remplir les réservoirs reliés à des conduites d'irrigation en microaspersion.

Bibliographie

- AC3E Ingénieurs Conseils, 2018. Etudes d'avant-projet détaillé (APD) de bas-fonds et 70 ha de périmètres maraichers dans la région du centre nord (lot 3) au profit du projet Neer Tamba.*
- Amadou KEITA, 2020. Microaspersion par pompage photovoltaïque.*
- Amadou KEITA, 2018. Irrigation par aspersion.*
- BROUWER ET HEIBLOEM, 1987. Les besoins en eaux d'irrigation : gestion des eaux en irrigation.*
- CIEH-ORSTOM-CEMAGREF-FAO, 1996. Crues et apports : Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne tropicales sèche.*
- FAO, J. Doorenbos, W.O. Pruitt, 1977. Directives pour prévoir les besoins en eau des cultures. Tableau 3,13P.*
- Kablan Aurélien Patrick ETIEN, 2019. Etude technique d'aménagement d'un périmètre irrigué a Guibaré dans la région du centre - nord (Burkina-Faso).*
- Mairie, 2020. Rapport Final PCD Boala.*
- Manuel technique d'aménagement des bas-fonds Rizicoles, 2006. Manuel technique d'aménagement des bas-fonds Rizicoles.*
- OUEDRAOGO Soudouba Barnabé, 2016. Etude d'extension d'aménagement des basfonds rizicoles de type PAFFR : cas de Koumbri et de Ingare – province du Yatenga, Burkina-Faso.*
- PHOCAIDES, 2008. Manuel des techniques d'irrigation sous pression. 2e éd. Rome : FAO.*
- TCHAPDA SEUNGUE Charlotte Ursula, 2022. Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un (01) bas-fond, de six (06) périmètres maraichers, de trois (03) champs fourragers et d'infrastructures d'agropastoralisme dans la région du centre-est du Burkina-Faso.*

Site Internet

www.agriculture.gouv.fr

www.dngr.gouv.fr

Tables des annexes

<i>Annexe 1 : Etude Pluviométrique.....</i>	<i>60</i>
<i>Annexe 2 : Etude hydrologique</i>	<i>64</i>
<i>Annexe 3 : Conception et dimensionnement des ouvrages</i>	<i>79</i>
<i>Annexe 4 : Métrés des ouvrages.....</i>	<i>86</i>
<i>Annexe 5 : Dimensionnement du périmètre maraîcher.....</i>	<i>89</i>
<i>Annexe 6 : Devis et détermination de la DRI.....</i>	<i>112</i>
<i>Annexe 8 : Mesures environnementa</i>	<i>114</i>
<i>Annexe 9 : Plans.....</i>	<i>119</i>

Annexe 1 : Etude Pluviométrique

• **Résultats de l'ajustement des pluies annuelles**

L'ajustement des pluies annuelles s'est fait suivant la loi normale (ou loi de GAUSS) avec un intervalle de confiance de 95%. Il se résume dans le tableau ci-après :

Taille de l'échantillon	40
Valeur maximale	935 mm
Valeur minimale	441 mm
Moyenne	648 mm
Ecart type	131
Pourcentage intervalle de confiance	95%

Temps de retour	Fréquence Expérimentale	Pluie annuelle	Ecart-type	Intervalle de confiance	
				Borne Inférieure	Borne Supérieure
10000.0	0.9999	1130	58.1	1020	1250
2000.0	0.9995	1080	52.3	976	1180
1000.0	0.9990	1050	49.6	955	1150
200.0	0.9950	985	42.9	901	1070
100.0	0.9900	952	39.7	874	1030
50.0	0.9800	916	36.4	845	988
20.0	0.9500	863	31.6	801	925
10.0	0.9000	815	27.7	761	870
5.0	0.8000	758	23.9	711	804
3.0	0.6667	704	21.4	662	746
2.0	0.5000	648	20.4	607	688

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

1.4286	0.3000	579	21.8	536	622
1.2500	0.2000	537	23.9	491	584
1.1111	0.1000	480	27.7	425	534
1.0526	0.0500	432	31.6	370	494
1.0204	0.0200	379	36.4	307	450
1.0101	0.0100	343	39.7	265	421
1.0050	0.0050	310	42.9	226	394
1.0010	0.0010	243	49.6	146	340
1.0005	0.0005	217	52.3	114	319
1.0001	0.0001	161	58.1	46.7	275

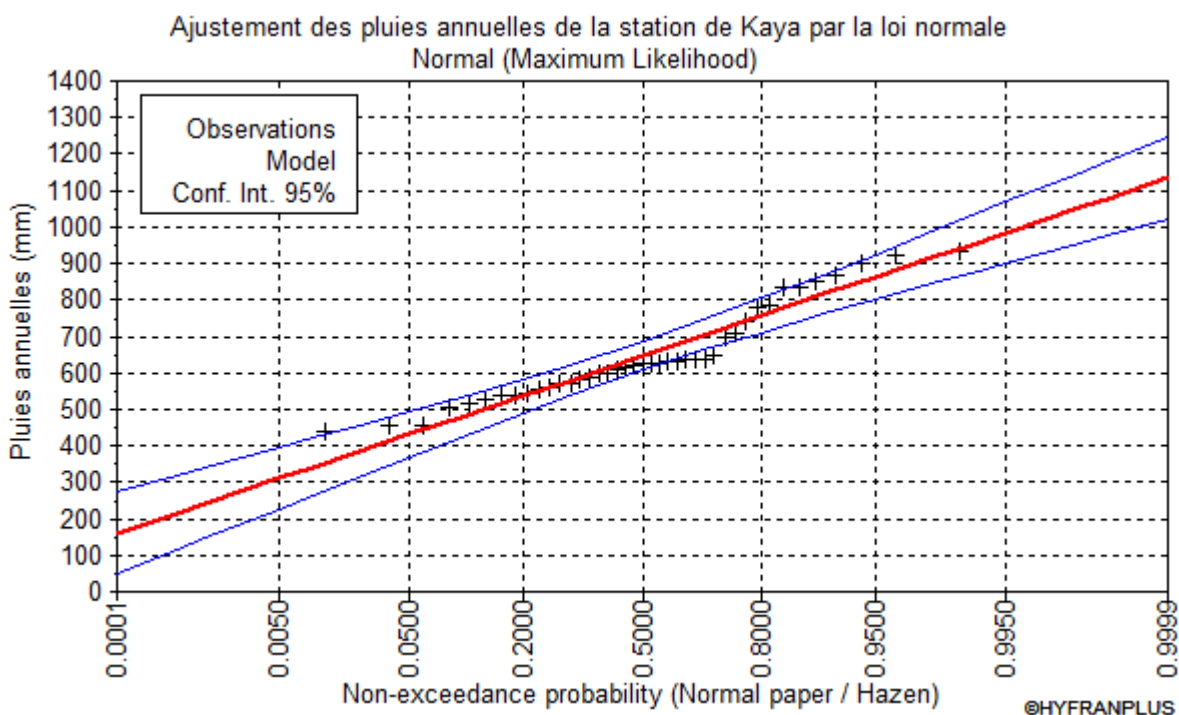


Illustration 1 : Courbe d'ajustement des pluies annuelles de la station de Kaya

- **Résultats de l'ajustement des pluies journalières**

Les pluies journalières ont été traités suivant la loi normale (ou loi de GAUSS) avec un intervalle de confiance de 95%. Il se résume dans le tableau ci-après :

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Taille de l'échantillon	40
Valeur maximale	162 mm
Valeur minimale	0.00 mm
Moyenne	65.4 mm
Ecart type	26.3
Pourcentage intervalle de confiance	95%

Temps de retour	Fréquence Expérimentale	Pluie journalière	Ecart-type	Intervalle de confiance	
				Borne inférieure	Borne supérieure
10000.0	0.9999	242	31.4	181	304
2000.0	0.9995	209	26.0	158	261
1000.0	0.9990	195	23.7	149	242
200.0	0.9950	162	18.4	126	198
100.0	0.9900	148	16.1	116	180
50.0	0.9800	134	13.8	106	161
20.0	0.9500	115	10.8	93.3	136
10.0	0.9000	99.7	8.57	82.9	117
5.0	0.8000	84.4	6.35	71.9	96.8
3.0	0.6667	72.1	4.79	62.7	81.5
2.0	0.5000	61.1	3.77	53.7	68.5
1.4286	0.3000	49.8	3.46	43.0	56.6
1.2500	0.2000	43.8	3.69	36.6	51.1
1.1111	0.1000	36.5	4.26	28.1	44.9
1.0526	0.0500	31.1	4.84	21.6	40.6

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

1.0204	0.0200	25.6	5.50	14.8	36.4
1.0101	0.0100	22.3	5.94	10.6	33.9
1.0050	0.0050	19.4	6.33	7.01	31.8
1.0010	0.0010	14.0	7.09	0.0723	27.9
1.0005	0.0005	12.0	7.38	-2.44	26.5
1.0001	0.0001	8.08	7.95	-7.51	23.7

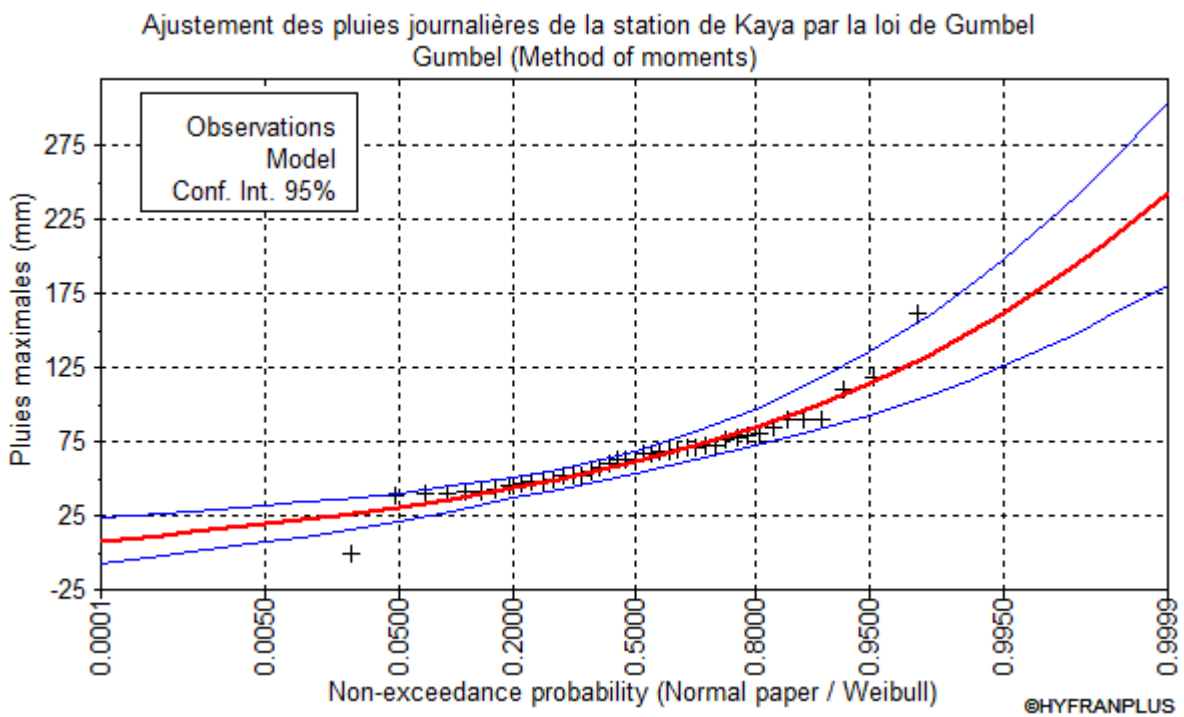


Illustration : Courbe d'ajustement des pluies journalières maximales de la station de **Kaya**

Annexe 2 : Etude hydrologique

- **Caractéristiques du bassin versant de Bourba**

Le bassin versant donne :

- ✓ S= 38,70 km²
- ✓ P=30,97 km

Calcul de l'indice de compacité K_G

Le coefficient de forme ou coefficient de GRAVELUS, il est calculé par la formule suivante :

$$K_G = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{S}} = 0,282 \times \frac{30,97}{\sqrt{38,70}} = 1,40$$

La valeur de K_G est supérieure à 1,3 et on déduit que le bassin versant à une forme allongée.

Calcul de la longueur et largeur du rectangle équivalent

Elle est la longueur qu'aurait un rectangle de même surface S et de périmètre P. Elle est calculée par la formule suivante :

$$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4} = \frac{30,97 + \sqrt{30,97^2 - 16 \times 38,70}}{4} = 12,35 \text{ km}$$

Calcul de la largeur du rectangle équivalent

Elle est calculée par la formule suivante :

$$l = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16S}}{4} = \frac{30,97 - \sqrt{30,97^2 - 16 \times 38,70}}{4} = 3,13 \text{ km}$$

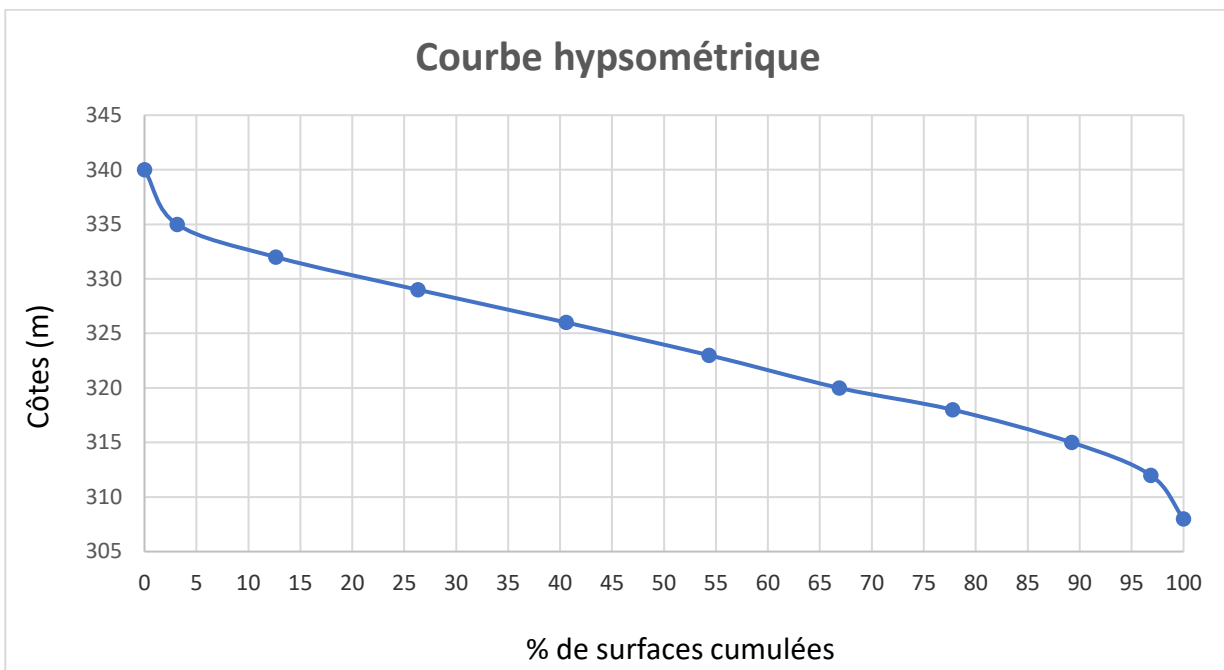
Courbe hypsométrique, Indice global de pentes

Après la délimitation du bassin versant et génération des courbes de niveau, nous avons procédé au calcul des surfaces entre des tranches d'altitude avec le logiciel ArcGIS. Ainsi, on obtient les résultats suivants :

Altitudes (m)	Surfaces cumulées (km²)	%surfaces cumulées décroissants (%)
308	58377,19812	100,00
312	60146,82621	96,84
315	58531,58827	89,24
318	58812,75726	77,77
320	57796,18895	66,87

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

323	43640,87992	54,32
326	14974,3749	40,58
329	58377,19812	26,30
332	60146,82621	12,62
335	58531,58827	3,14
340	58812,75726	0,00



A partir de la courbe hypsométrique, les altitudes caractéristiques ci-dessous sont déterminées.

Altitudes caractéristiques	Valeur (m)
Altitude à 5% de la surface du bassin H _{5%}	333,5
Altitude à 95% de la surface du bassin H _{95%}	313,1
Altitude médiane H _{50%}	324
Altitude maximale H _{max}	340
Altitude minimale H _{min}	308

Pente moyenne I_{moy}

C'est le rapport du dénivelé entre les altitudes maximale et minimale du bassin versant et la racine carrée de la superficie du même bassin versant. Il est calculé de la manière suivante :

$$I_{\text{moy}} = \frac{\Delta H}{\sqrt{S}} = \frac{340 - 308}{\sqrt{38,70}} = 5,14 \text{ m/km}$$

Pente longitudinale

La superficie du bassin versant influe de manière notable sur les débits de crues en augmentant ou en diminuant la vitesse de ruissellement suivant que la pente est forte ou faible. La détermination exacte de la pente est assez délicate en raison des variations à travers tout le bassin versant. La pente longitudinale du bassin versant est calculée par la formule simplifiée de GRESILLON :

$$I = \frac{0,026}{\sqrt{S}} \rightarrow I = \frac{0,026}{\sqrt{38,70}} = 4,18 \text{ m/km}$$

La pente du bassin versant est égale à 4,18‰, donc supérieure à 2 m/km (2‰) ; ce qui permet de classer le bassin la classe R2.

L'indice global des pentes a été calculé par la formule suivante :

$$I_g = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} = \frac{333,5 - 313,1}{12,35} = 1,63 \text{ m/km}$$

Le bassin versant de Bourba présente un réseau hydrographique en forme allongé pour lesquels la longueur du rectangle équivalent est très différente de la longueur $L = 12,35 \text{ km}$ du thalweg le plus long $L_{cp} = 7,56 \text{ km}$. Dans ce cas, l'indice de pente global représente très mal la pente du bassin versant. Ainsi, nous avons préféré utiliser la largeur du rectangle équivalent qui donne :

$$I_g = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} = \frac{333,5 - 313,1}{3,13} = 6,52 \text{ m/km}$$

Densité de drainage Dd

La densité de drainage est le rapport entre la longueur totale des cours d'eau dans le bassin versant et de sa superficie.

$$D_d = \frac{\sum l_i}{S} = \frac{59,16}{38,70} = 1,53 \text{ km/km}^2$$

$\sum l_i(\text{km})$: somme totale des longueurs des cours d'eau de tous ordres des longueurs

$$\sum l_i(\text{km}) = 59,16$$

Dénivelé spécifique Ds

C'est le produit de l'indice global des pentes I_g par la racine carrée de la superficie du bassin versant S .

$$D_s = I_{g\text{corr}} \times \sqrt{S} = 6,52 \times \sqrt{38,70} = 40,56 \text{ m}$$

Relief faible	$D_s < 50 \text{ m}$
Relief modéré	$50\text{m} < D_s < 100 \text{ m}$
Relief fort	$D_s > 100 \text{ m}$

$D_s < 50 \text{ m}$ d'où le bassin versant à un relief est faible.

❖ Détermination de la crue du projet

Calcul de la crue décennale selon la méthode ORSTOM de AUVRAY-RODIER

Nous sommes en zone sahélienne en présence d'un petit bassin imperméable (KARAMBIRI, 2008).

On a :

$$Q_{r10} = \left(A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{T_{b10}} \right)$$

$$Q_{10} = 1,03 * Q_{r10}$$

Détermination du coefficient de G. VUILLAUME A et du coefficient α_{10}

$$A = 1 - 0,001 \times (9 \times \log_{10}(T) - 0.042 \times P_{an} + 152) \times \log_{10}(S)$$

Avec :

$$T = 10 \text{ ans} ; P_{an} = 648 \text{ mm} ; S = 38,70 \text{ Km}^2$$

$$A = 1 - 0,001 \times (9 \times \log_{10}(10) - 0.042 \times 648 + 152) \times \log_{10}(38,70)$$

$$A = 0,79$$

Quant à la valeur du coefficient de pointe α_{10} on l'a pris égale à **2.6**

Détermination de la valeur du temps de base T_{b10}

Pour déterminer la valeur de T_{b10} , nous allons procéder par interpolation logarithmiques linéaire sur les valeurs de l'indice de pente (3 et 7) encadrant l'indice de pente du bassin versant.

✓ Pour $I_g = 3 \text{ m/km}$, on a: $T_{b10} = 250 \times (38,70)^{0,35} + 300 = 1198,75 \text{ min}$

✓ Pour $I_g = 7 \text{ m/km}$, on a: $T_{b10} = 126 \times (38,70)^{0,35} + 100 = 552,97 \text{ min}$

✓ Pour $I_g = 4,73 \text{ m/km}$, on a **$T_{b10} = 630,46 \text{ min}$** par interpolation linéaire

Détermination de K_{r10} (le coefficient de ruissellement décennal)

Notre bassin se situe entre les isohyètes 300mm et 750mm. Nous sommes donc en zone sahélienne. Par ailleurs, la géologie du bassin est constituée de migmatiques et de granites Indifférenciés avec un sol peu évolué hydromorphe. Donc la classe d'infiltrabilité est RI., Kr10 est déterminé à partir de Kr10(70) et Kr10(100) par interpolation à l'aide des tableaux du bulletin FAO n°54 ;

$$Kr10 = \frac{a}{(S + b)} + c$$

Les coefficients a ; b ; c sont des paramètres de ruissellement en fin de saison des pluies pour une zone sahélienne.

Détermination de Kr₇₀

Pour Ig = 3 m/km, on a : $K_{r70} = \frac{164}{38,70+17} + 10,5 = 13,44\%$

Pour Ig = 7 m/km, on a : $K_{r70} = \frac{329}{38,70+18,5} + 16,5 = 22,25\%$

De ce qui précède, on a par interpolation linéaire :

Ig = 6,52 m/km ; Kr₇₀ = 21,19%

Détermination de Kr₁₀₀

Pour Ig = 3 m/km, on a : $K_{r100} = \frac{250}{38,70+20} + 12 = 16,26\%$

Pour Ig = 7 m/km, on a : $K_{r100} = \frac{300}{38,70+20} + 15 = 20,11\%$

De ce qui précède, on a par interpolation linéaire :

Ig = 6,52 m/km ; Kr₁₀₀ = 19,65 %

Des valeurs de Kr₁₀₀ et de Kr₇₀ on détermine la valeur de Kr₁₀ (pour P10 = 99,7 mm) par interpolation linéaire. Ainsi on trouve : **Kr₁₀ = 19,66 %** et les données sont renseignées dans le tableau ci-dessous :

	Ig (m/km)	A	B	C	Kr (%)	Kr ₁₀ (%)
Kr ₇₀	3	164	17	10,5	13,44	19,66
	7	329	18,5	16,5	22,25	
	6,52				21,19	

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Kr ₁₀₀	3	250	20	12	16,26
	7	300	20	15	20,11
	6,52				19,65

Calcul de Q₁₀

$$Q_{r10} = 0,79 \times 99,7 \times 0,1966 \times 10 \times 2,6 \times \frac{38,70}{630,46 \times 60} = 16,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = 1,03 * 25,67 = 42,27 \text{m}^3/\text{s}$$

Calcul de la crue décennale par la Méthode CIEH

C'est une méthode statistique avec plusieurs variantes fonction de l'appartenance du bassin à un découpage climatique, une position géographique, un découpage pour un pays ou un groupe de pays. Les données nécessaires à l'application de cette méthode sont les suivants :

La formule donnant le débit décennal est donnée par la formule suivant :

$$Q_{10} = a \times S^b \times I_{g\text{corr}}^c \times K_{r10}^d \times P_{an}^e \times \dots$$

Avec a, b, c, d et e des coefficients d'ajustement déterminés par régressions multiples.

On utilisera pour notre cas trois (02) équations de régressions les plus susceptibles d'approcher la crue décennale en fonction des paramètres les plus représentatifs que sont S, I_g, Kr₁₀. Elles présentent un nombre d'échantillons et un coefficient de corrélation (r²) élevés et se situent dans la zone pluviométrique et géographique de BURKINA FASO.

n° Equations	Echantillon	Corrélation(r ²)
39	61	0,818
40	60	0,824

Equation N°39 : Découpage par pays ou groupe de pays en fonction de S, et Kr₁₀.

$$Q_{10} = 0,410 \times S^{0,425} \times K_{r10}^{0,923}$$

Equation N°40 : Découpage par pays ou groupe de pays en fonction de S, I_g, Kr₁₀.

$$Q_{10} = 0,254 \times S^{0,462} \times I_g^{0,101} \times K_{r10}^{0,976}$$

Le calcul donne :

Paramètres	Valeurs	Valeurs de Q10 en m3/s par équation		Q10 en m3/s retenu
		N°39	N°40	
S (km ²)	38,70	30,31	30,42	30,34
Ig corrigé (m/km)	6,72			
Kr10 (%)	19,66			

Des débits calculés, on note un écart entre les débits des équations n°39, 40 nous retiendrons pour la méthode CIEH, la moyenne des résultats des équations N°39, N°40 soit $Q_{10} = 42,52 \text{ m}^3/\text{s}$.

Choix du débit

Le choix de la valeur maximale donnée par les deux méthodes empiriques cadre avec le contexte de changements climatiques caractérisé par des averses de plus en plus fortes qui génèrent des crues importantes et brusques. Ainsi la valeur de la crue décennale (Q10) adoptée sera la valeur maximale donnée par les méthodes ORSTOM et CEIH et est présentée dans le tableau ci-dessous :

Q10 (m3/s)	Méthode ORSTOM	Méthode CIEH	Crue adoptée
	42,27	30,34m ³ /s	42,27m³/s

❖ Estimation des apports

Evaluation des apports liquides

Méthode de Rodier

Les apports liquides se présente comme la quantité d'eau susceptible d'arriver à l'exutoire du bassin versant pendant une période considérée. L'estimation de ce volume a été faite par la méthode de RODIER. Cette méthode se fonde sur le concept de 'bassin type'.

L'ensemble des bassins expérimentaux pour lesquels des informations étaient disponibles a été classé en fonction du régime hydrologique, de la superficie du bassin, des caractéristiques et de la physiographie du terrain.

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

La méthode a consisté à identifier, dans le catalogue des bassins types, celui ayant les caractéristiques les plus voisines du bassin étudié pour estimer l'écoulement annuel de ce dernier. L'objectif de la méthode proposée par RODIER (1975, 1976) est de fournir, pour des bassins-versants appartenant au Sahel africain ou à la zone tropicale sèche et ne disposant d'aucune observation hydrométrique, les éléments qui permettent d'évaluer les écoulements annuels.

L'estimation du volume sur le bassin versant se fait à partir de l'équation suivante :

$$V = K_e * S * P$$

Où :

- V (m) : Volume des apports de l'année considérée ;
- S (m³) : Superficie du bassin versant ;
- P (m) : Pluviométrie considérée ;
- K_e (%) : Coefficient d'écoulement.

Le bassin versant type choisit dans notre cas est celui de Galmi I et II et les apports ainsi déterminés sont présentés comme suite :

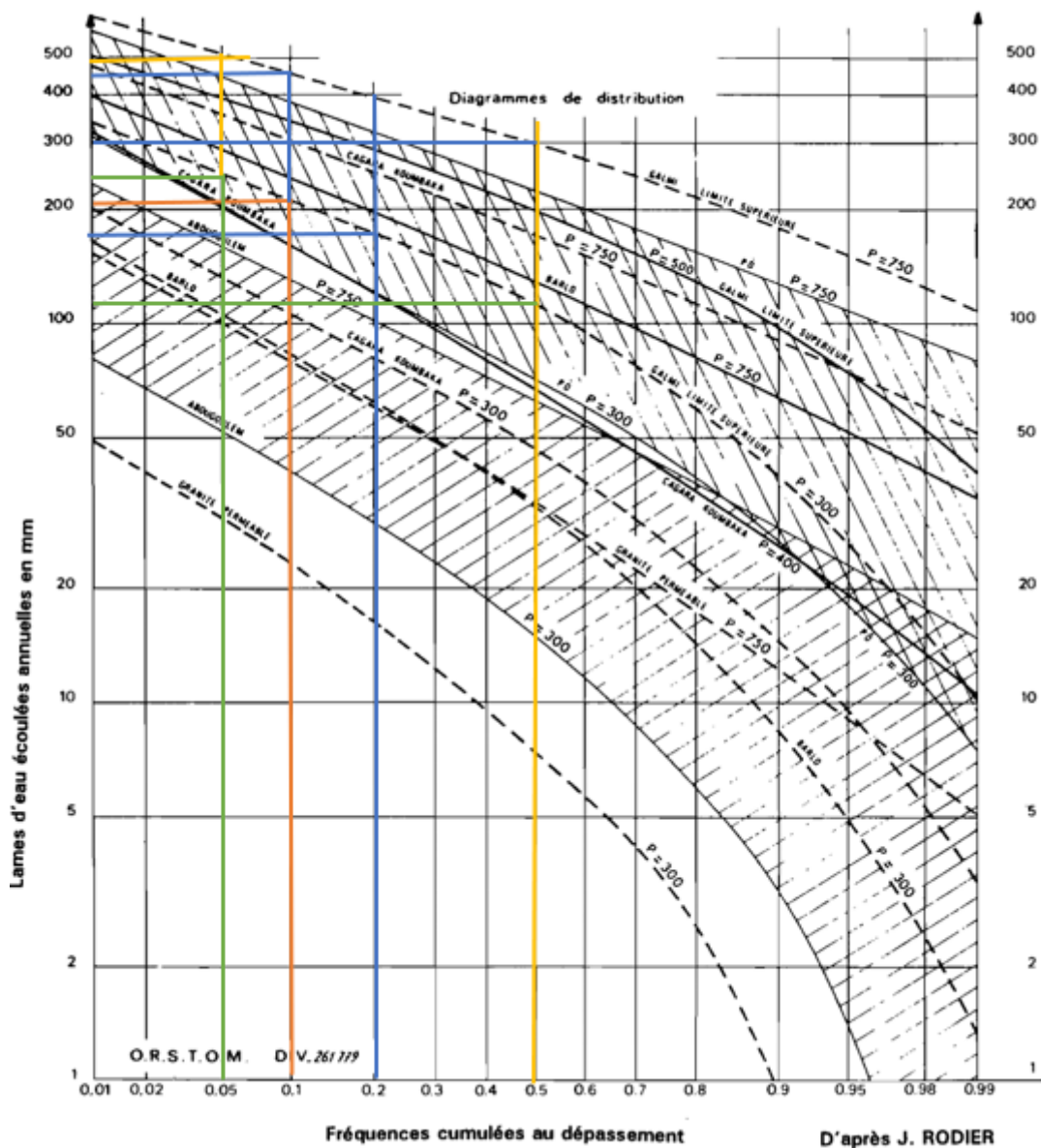


Illustration 3 : détermination des lames d'eau du bassin type

Calcul des coefficients d'écoulement du bassin de Bourba

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Durée de retour	Fréquences	Lmed300	Lmed750	Lmed648	Ke calculé (%)
Vingtennale sèche	0,95	30	165	6,1	1,10
Décennale sèche	0,9	42	180	8,1	1,33
Quinquennale sèche	0,8	60	210	13,0	1,93
Moyenne	0,5	115	300	24,8	3,11
Quinquennale humide	0,2	180	400	42,8	4,63

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Décennale humide	0,1	205	450	63,9	6,46
Vingtennale humide	0,05	250	500	77,4	7,41

Suite à la détermination des coefficients d'écoulement nous avons déterminé le volume des apports du bassin versant en période sèche calculé par la méthode de Rodier et récapitulé dans le tableau ci-dessus :

Synthèse des apports par la méthode de Rodier

Désignation	Annuelle	Quinquennale sèche	Décennale sèche
Pluviométrie (mm)	648	537	480
Superficie du bassin versant (Km ²)	38,70	38,70	38,70
Coefficient d'écoulement Ke (%)	11,93	6,97	5,19
Apports liquide (m3)	299175,768	144849,84	96409,44

Méthode de Coutagne

Nous avons procédé aux calculs des coefficients par la méthode de Coutagne

$Le (mm) = Pan(mm) - D(mm)$ $\lambda = \frac{1}{0,8+0,14 \times T}$ $D(m) = Pan(m) - \lambda Pan^2(m) ; \text{ si } Pan (m) \in \left[\frac{1}{8\lambda} ; \frac{1}{2\lambda} \right] ;$ <p>Si $Pan < \frac{1}{8\lambda}$ alors $D = Pan$;</p> <p>Si $Pan > \frac{1}{2\lambda}$ alors $D = 0,2 + 0,035 \times T$.</p>	<p>T : Température moyenne annuelle ;</p> <p>P : Pluviométrie moyenne annuelle ;</p> <p>D : Déficit d'écoulement annuel ;</p> <p>Le : Lame d'eau écoulée annuellement.</p>
---	--

On définit aussi Ke, coefficient d'écoulement annuelle

$$Ke = \frac{(Pan - D)}{Pan}$$

Ce résultat est un résultat moyen, mais on doit s'assurer que la retenue se remplit aussi en année quinquennale sèche, voire décennale sèche. Il existe quelques études de corrélation qui permettent de déterminer les Ke₅ et Ke₁₀ correspondants.

Au Burkina Faso, l'ONBAH utilise les formules suivantes pour déduire le coefficient d'écoulement en année quinquennale sèche et décennale sèche du coefficient donné par la formule de Coutagne :

Ke : Coefficient d'écoulement en année moyenne ;

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

$K_{e5} = 0,7 \times K_e$: Coefficient d'écoulement en année quinquennale sèche ;

$K_{e10} = 0,5 \times K_e$: Coefficient d'écoulement en année décennale sèche.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Récapitulatif des résultats de calculs des coefficients par la méthode de Coutagne

Période de retour	Quantiles des pluies (mm)	Temp moy (° C)	Λ	$1/8\lambda$	$1/2\lambda$	Pan (m)	D (m)	Le (m)	Kei
Année médiane	648	29	0,21	0,61	2,43	0,65	0,56	0,09	0,13
5 ans	537	29	0,21	0,61	2,43	0,65	0,56	0,09	0,09
10 ans	480	29	0,21	0,61	2,43	0,65	0,56	0,09	0,07

Suite à la détermination des coefficients d'écoulement nous avons déterminé le volume des apports du bassin versant en période sèche calculé par la méthode de Coutagne et récapitulé dans le tableau ci-dessus :

Synthèse des apports par la méthode de Coutagne

Désignation	Annuelle	Quinquennale sèche	Décennale sèche
Pluviométrie (mm)	648	537	480
Superficie du bassin versant (Km ²)	38,70	38,70	38,70
Coefficient d'écoulement Ke (%)	0,13	0,09	0,07
Apports liquide (m3)	335059,20	194365,36	108066,93

On note que les volumes des apports obtenus avec la méthode de Coutagne sont inférieurs à ceux de la méthode de Rodier plus proches de la réalité.

Nous optons pour les valeurs obtenues par la méthode de Rodier pour la suite de l'étude.

Evaluation des pertes dues aux dépôts solides

Les Formules de GRESILLON (de l'EIER-CIEH) et de GOTTSCHALK ont été utilisées. Pour la suite des études la valeur moyenne des résultats obtenus par les deux (02) méthodes est retenue. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	S (km2)	P (mm)	h	r	D (m3/km2/an)	V(m ³ /an)
------------	---------	--------	---	---	---------------	-----------------------

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Formule de KARAMBIRI	38,7	648	0,6	0,5	211,5	
Formule de l'EIER-CIEH	38,7	648			274,5	
Formule de GOTTSCHALK	38,7				180,4	
Dégradation spécifique annuelle moyenne					227,5	

Des résultats de l'évaluation des dépôts solides, on note que les résultats obtenus avec les formules de l'EIER-CIEH et de GOTTSCHALK sont relativement proches. Des deux résultats nous retiendrons l'envasement maximale qui vaut 8802,7 m³/an.

Evaluation du temps d'envasement

Pour la détermination du temps d'envasement nous avons utilisé la valeur des dépôts solides moyen 8802,7m³/an.

$$Te = \frac{S * H}{\text{Envasement}}$$

Avec : S : superficie du bassin versant (km²)

H : hauteur des ouvrages (H=0,55m pour les diguettes)

Ve : volume d'envasement considéré en m³

$$Te = \frac{38,70 * 10^6 * 0.55}{8802,7/100} = 24\text{ans}$$

Données de pluies de la station de Kaya

Années	Pluies annuelles (mm)	Pluies maximales en 24heures
1976	935,6	162,5
1977	614,5	63,1
1978	539,8	45,9
1979	458,2	40,1
1980	627,9	67,5
1981	629,8	68,6
1982	607,2	60,6
1983	573,5	52
1984	454	38,8
1985	586,4	52,3
1986	572,7	49,8
1987	785,5	81,2

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

1988	599,4	55,8
1989	620,4	63,2
1990	837,2	90
1991	556,1	48,4
1992	624,3	63,6
1993	925,5	119,5
1994	695,4	73,5
1995	558,2	48,7
1996	526,9	41
1997	709,6	76,4
1998	900,8	110
1999	639,4	71,3
2000	504,3	40,7
2001	649,9	72,6
2002	583,4	52
2003	517,7	41
2004	543,6	47,6
2005	850,9	90,3
2006	441,1	0
2007	537	43
2008	637,6	71,3
2009	601,5	57,3
2010	636	70,4
2011	628,2	67,6
2012	870,8	90,8
2013	781,9	79,5
2014	743,5	78,9
2015	629,6	68,5
2016	833,5	84,5

ETP PENMAN de la station de OUAGADOUGOU

STATION DE OUAGADOUGOU (AEROPORT)													
ETP PENMAN (mm) de 1976 à 2016													
Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	TOTAL
1976	191,6	193,8	213,7	183,9	154,7	112,5	110,6	104,7	128,8	150,2	174,1	176,2	1894,8
1977	185,9	191,8	220,5	183,0	163,8	124,0	113,9	109,6	132,8	174,9	175,2	169,7	1945,1
1978	180,4	162,9	189,3	161,9	146,6	111,0	101,9	112,2	129,1	168,6	189,1	181,4	1834,4
1979	218,8	211,1	232,7	209,7	161,0	118,3	107,7	113,4	125,6	169,7	176,1	198,3	2042,4
1980	195,3	199,6	225,9	191,2	189,2	124,0	118,8	109,8	142,3	186,5	181,8	199,3	2063,7
1981	187,2	*	195,1	185,9	*	172,3	147,7	145,0	151,4	*	197,9	191,1	1573,6
1982	195,5	*	184,3	203,2	191,2	168,5	*	135,3	150,1	168,3	175,5	183,4	1755,3
1983	187,9	*	189,5	197,1	204,6	162,4	157,8	*	*	167,0	155,5	153,9	1575,7
1984	193,0	191,4	218,2	207,8	170,7	126,9	126,9	131,0	135,7	175,6	184,6	188,9	2050,7
1985	171,7	*	191,5	186,1	204,7	181,3	144,6	146,0	140,0	*	164,6	172,2	1702,7
1986	169,1	*	183,0	206,6	185,9	171,5	143,8	138,2	132,9	*	154,9	173,8	1659,7
1987	172,5	*	187,8	204,7	206,5	168,2	155,5	140,1	147,4	156,7	155,7	160,4	1855,5
1988	156,7	*	178,2	174,5	192,8	*	139,1	132,7	136,1	168,1	154,8	168,0	1601,0
1989	171,7	*	174,4	*	*	*	153,0	129,3	141,8	156,8	169,6	163,6	1260,2
1990	165,6	*	212,2	183,3	198,9	163,1	152,0	*	145,3	173,2	164,2	165,7	1723,5
1991	*	*	*	174,0	130,0	113,0	107,0	102,0	138,0	162,0	*	*	926,0
1992	188,0	197,0	198,0	172,0	161,0	122,0	103,0	96,0	122,0	169,0	161,0	157,0	1846,0
1993	169,0	167,0	181,0	160,0	161,0	114,0	105,0	110,0	131,0	169,0	160,0	183,0	1810,0
1994	184,0	180,0	185,0	172,0	165,0	116,0	108,0	98,0	126,0	153,0	167,0	196,0	1850,0
1995	187,0	177,0	215,0	183,0	164,0	131,0	106,0	106,0	135,0	172,0	178,0	190,0	1944,0
1996	191,0	192,0	202,0	168,0	166,0	130,0	122,0	117,0	129,0	177,0	182,0	176,0	1952,0
1997	186,1	196,9	203,1	178,4	195,5	168,3	163,4	144,5	149,6	175,3	161,4	173,8	2096,3

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

1998	178,7	181,7	214,1	194,4	192,1	167,2	151,9	134,9	138,2	173,0	172,0	177,1	2075,3
1999	192,2	168,8	213,6	201,7	207,9	190,0	145,2	125,1	127,7	166,3	170,9	180,4	2089,8
2000	183,3	189,8	202,5	172,2	175,5	173,0	139,2	137,2	161,5	168,8	172,6	173,0	2048,6
2001	181,9	186,1	205,7	206,7	202,2	173,4	153,7	141,5	143,1	174,0	174,0	186,4	2128,7
2002	193,7	179,2	196,7	188,6	200,8	182,8	162,8	143,4	150,2	167,7	172,2	185,9	2124,0
2003	178,6	172,6	205,2	206,6	205,7	154,5	155,0	142,4	139,5	178,7	172,0	184,4	2095,2
2004	185,7	*	205,2	186,5	195,2	178,7	146,5	145,1	146,9	184,0	173,6	180,3	1927,7
2005	184,6	*	195,8	198,6	199,3	169,9	147,9	134,9	147,3	173,7	158,3	168,1	1878,4
2006	169,9	169,0	209,7	195,5	202,3	221,0	163,2	140,2	144,4	166,1	179,8	183,8	2144,9
2007	199,8	188,1	217,9	182,1	192,4	187,7	160,1	135,4	145,2	183,2	184,1	190,4	2166,4
2008	191,2	204,6	215,9	206,0	198,5	172,7	148,8	140,9	139,7	174,5	177,8	189,5	2160,1
2009	175,8	181,2	207,1	194,7	207,8	172,6	159,5	145,5	147,8	181,6	181,7	187,6	2142,9
2010	192,4	189,6	206,2	191,9	194,3	162,8	150,6	142,4	144,4	164,0	168,3	167,7	2074,6
2011	180,2	162,6	209,7	214,6	203,8	174,6	156,9	139,9	150,5	174,0	171,7	188,4	2126,9
2012	196,2	196,1	224,9	201,3	200,8	175,6	146,4	147,9	142,2	179,3	181,0	195,1	2186,8
2013	194,4	185,0	214,3	199,8	218,3	193,9	158,3	136,9	151,6	180,2	180,2	192,8	2205,7
2014	194,9	195,8	194,6	215,7	201,1	180,0	160,1	145,1	144,7	179,7	172,2	191,7	2175,6
2015	204,4	187,5	229,5	228,1	247,1	193,8	165,2	132,0	136,9	167,6	164,5	194,1	2250,7
2016	205,3	196,2	232,6	232,2	232,5	176,9	155,9	135,3	139,5	169,3	160,0	184,9	2220,6
MOY	186,64	187,56	207,30	192,39	186,07	153,87	135,12	126,41	138,34	171,66	172,44	180,68	1940,2
Moy jour	6,0	6,5	6,7	6,4	6,0	5,1	4,4	4,1	4,6	5,5	5,7	5,8	

Annexe 3 : Conception et dimensionnement des ouvrages

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

1. Critères de vérification des aptitudes à l'aménagement du site de Bourba

	Critères	Aménageable	Non aménageable
Biophysiques	Durée de la crue	3 jours	> 3 jours
	Taille du bassin versant	200 BV 20 000km ²	> 20 000km ²
Socio-économiques	Type de sol	argileux ou moyen	sableux
	Encaissement du bas-fond	faiblement marqué	marqué
	Pente longitudinale	6‰	> 6 ‰
	Largeur	Large 50m	Etroit < 50m
	Végétation ligneuse	pas de forêt	Forêt dense ou peu claire
	Faune**	absente	Présente (dégâts signalés)
Socio-économiques	Population	500	< 500
	Distance du village	6 km	> 6 km
	Importance du bas-fond dans le système de production	forte ou moyenne	Nulle
	Conflits fonciers	absents	Présents
	Lieux sacrés	absents ou non contraignants	Contraignants

Source : Manuel technique d'aménagement des bas-fonds rizicoles au Burkina Faso

Critères	Conditions d'aménagement	Caractéristiques du site	Observations	
Biophysiques	Durée de la crue	≤ 3 jours	3 jours	Favorable
	Taille du bassin versant	200 < S < 20 000 km ²	38,70 km ²	Favorable
	Largeur du bas-fond	≥ 50 m	50 m	Favorable
	Pente longitudinale du bas-fond	≤ 6‰	4,18‰	Favorable
	Types de sols	Argileux ou argileux limoneux	Argileux	Favorable
	Encaissement du bas-fond	Faiblement marqué	Pas encaissé	Favorable
	Végétation ligneuse	Pas de forêt	Faible	Favorable

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

	Faune	Absente	Absente	Favorable
Socio-économiques	Population	≥ 500	≥ 500	Favorable
	Distance du village	$\leq 6\text{km}$	1km	Favorable
	Importance du bas-fond dans le système de production	Forte ou moyenne	Forte	Favorable
	Conflits fonciers	Absents	Absents	Favorable
	Lieux sacrés	Absents ou non contraignant	Non contraignant	Favorable

2. Evaluation des différents modèles techniques d'aménagements

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Type	Pertinence	Appropriation	Coût	Durabilité
DD/CC	Bonne (+) pour les bas-fonds ayant un écoulement de base important	Très difficile (-), demande une organisation collective de gestion d'eau en respectant le calendrier agricole	Elevé (-) : coût travaux élevé, coûts récurrents élevés	Moyennement bonne (+) : durable à condition d'assurer l'entretien et une bonne gestion
DD/PM	Bonne (+) pour les bas-fonds sans écoulement de base important	Difficile, demande une harmonisation entre gestion d'eau collective et calendrier agricole, réparation DD difficile (-)	Elevé (-) : coût travaux élevé, coûts récurrents élevés	Moyennement bonne (+) : durable à condition d'assurer l'entretien et une bonne gestion
DD/BC	Bonne (+) pour les bas-fonds sans écoulement de base important	Difficile (-), demande une harmonisation entre gestion d'eau collective et calendrier agricole	Elevé(-) : coût travaux élevé, coûts récurrents moyens	Peu durable (-) : suite au non respect des règles de l'art et gestion difficile
DD/DCN	Faible (-), notamment pour les DCN se trouvant en aval DD	Difficile (-), demande une harmonisation entre gestion d'eau collective et calendrier agricole	Elevé(-) : Coût travaux moyennement élevé Coûts récurrents très élevés	Peu durable (-) : suite au non respect des règles de l'art, gestion et entretien difficiles
PEBASO	Très bonne (+++)	Bonne (+), gestion facile mais les réparations pourraient être difficiles (maçonnerie et géotextile)	Elevé (-) : Coût travaux élevé, coût entretien moyen	Durable (++)
DCN/N	Moyenne (-), vu la fragilité des ouvrages	Moyenne (-), gestion facile mais nécessite des réparations fréquentes, difficiles à assurer	Bas (+) : Coût travaux bas, coût entretien modéré	Peu durable (-), ne résiste pas au passage de crue et manipulations des usagers
DCN/R	Très bonne	Très bonne (++) gestion facile, entretien facile	Modeste (++) faible coût de travaux et d'entretien	Durabilité bonne ou moyenne (+), dépend de la qualité du géotextile encore à tester.

Source : Manuel technique d'aménagement de bas-fonds rizicoles au Burkina Faso

Légende du tableau :

DD/CC : digue déversante avec collecteur central ;

DD/PM : digue déversante protégée par maçonnerie de perrés ;

DD/BC : digue déversante en béton cyclopéen ;

DD/DCN : digue déversante avec diguette suivant les courbes de niveau ;

DCN/N : diguette suivant les courbes de niveau non protégées ;

DCN/R : diguette suivant les courbes de niveau protégées.

3. Les types de DCN revêtues

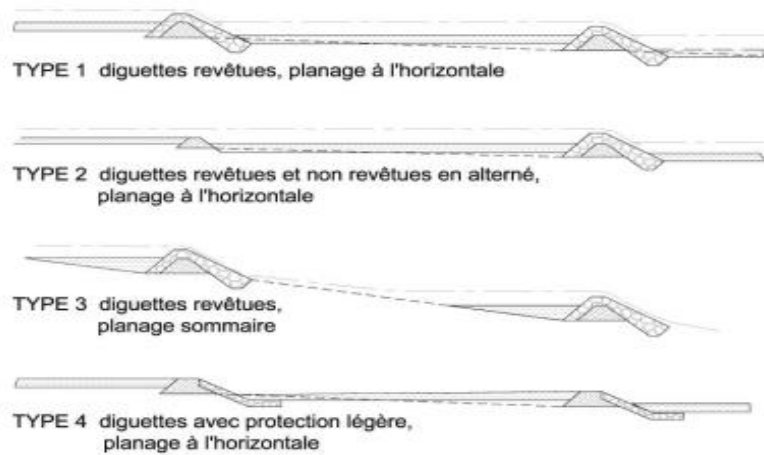


Figure 6 : Les différentes variantes des DCN

Source : Manuel technique d'aménagement des bas-fonds rizicoles au Burkina Faso

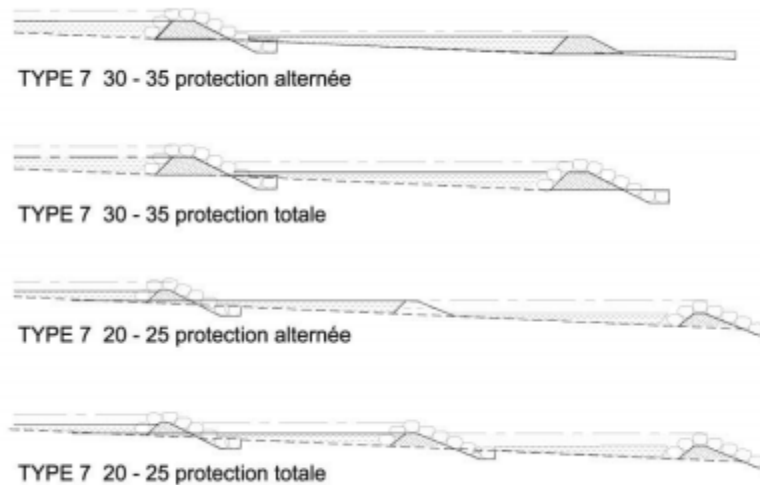


Figure 7 : Les sous variantes du type T7

Source : Manuel technique d'aménagement des bas-fonds rizicoles au Burkina Faso

4. Dimensionnement

Calcul de la charge (H) d'eau au-dessus des DCN :

$$H = \left(\frac{Q}{mL\sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

m : coefficient de débit sur le seuil (pour ce type de DCN revêtu par des enrochements on a m = 0,40 ;

Q (m³/s) : le débit du projet obtenu Q = **42,27 m³/s**

L(m) : la longueur de la DCN

g (m/s²) : intensité de la pesanteur ou accélération de la pesanteur (g = 10 m/s²).

Détermination du nombre de pertuis par DCN

Le nombre de pertuis est déterminé selon la règle est la suivante :

- Lorsque la superficie cumulée en amont d'une DCN est inférieure ou égale à 10ha, on place 2 pertuis sur cette DCN ;
- Si cette superficie cumulée est comprise entre 10 et 20 ha, la DCN comportera 3 pertuis;
- Lorsque la superficie cumulée est comprise entre 20 et 30 ha, la DCN comportera 4 pertuis ;
- Et ainsi de suite, pour chaque 10 ha supplémentaire, la DCN comporte 1 pertuis supplémentaire

Se traduisant par :

- Nombre de pertuis de vidange = Nombre total de diguette ×2 si la superficie à vider 10ha;
- Nombre de pertuis de vidange = Nombre total de diguette× 3 si la superficie à vider est comprise entre 10 et 20 ha ;
- Nombre de pertuis de vidange = Nombre total de diguette si la superficie à vider comprise entre 20 et 30 ha ; etc.

Détermination du débit évacué et du temps de vidange

Calcul des débits évacués par pertuis (q)

$$q = m * L * (\sqrt{2 * g}) * H^{3/2}$$

m : coefficient de débit sur le déversoir (m = 0.4) et g : intensité de la pesanteur ou accélération de la pesanteur (g = 10 m/s²) ;

L(m) : largeur de déversement sur le pertuis (L = 0,6m) ;

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

H(m) : la charge sur le déversoir (H = 0,55m) ;

$$q = 0,4 * 0,6 * (\sqrt{2 * 10}) * 0,55^{3/2} = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul du temps de vidange en heure (Tv) :

Le volume par bassin (Vi) :

$$V_i = \frac{S_i * 10000}{h * 2}$$

Avec :

Si(ha) : superficie dominée par la DCN ;

h(m) : profondeur du bassin.

$$T_e = \frac{V_c}{q * N * 3600}$$

Vc(m³) : volume cumulé ;

N : le nombre de pertuis et q (m³/s) : le débit évacué par pertuis (q = 0,48m³/s)

N° DCN	Nombre de Pertuis	Volume du bassin (m ³)	Volume du bassin cumulée (m ³)	Débit évacué par pertuis (m ³ /s)	Temps de vidange (en heures)
DCN 1	2	1768	1768	0,48	0,51
DCN 2	2	1628	3396	0,48	0,98
DCN 3-1	2	1120	4516	0,48	1,31
DCN 3-2	1	525	525	0,48	0,30
DCN 3-3	3	5828	5828	0,48	1,12
DCN 4-1	2	1208	5723	0,48	1,66
DCN 4-2	1	595	1120	0,48	0,65
DCN 4-3	2	2170	7998	0,48	2,31
DCN 4-4	3	2398	2398	0,48	0,46
DCN 5-1	2	1435	7158	0,48	2,07
DCN 5-2	2	1085	2205	0,48	0,64
DCN 5-3	3	8400	18795	0,48	3,63
DCN 6-1	1	805	805	0,48	0,47
DCN 6-2	2	3098	21893	0,48	6,33
DCN 7	4	5075	37135	0,48	5,37
DCN 8	2	4638	41773	0,48	12,09

Annexe 4 : Métrés des ouvrages

Calcul de la surface à décaper $S_d(m^2)$

$$S_d = S_{ml} * L$$

Avec :

$S_{ml}(m^2/m)$: surface à décaper par mètre linéaire ;

$L(m)$: longueur de la DCN ou du cavalier.

Calcul du remblai compacté $R_d(m^3)$

$$R_d = R_{ml} * L$$

Avec :

$R_{ml}(m^3/m)$: volume de remblai à compacter par mètre linéaire ;

$L(m)$: longueur de la DCN ou du cavalier.

Calcul du déblai $D_b(m^3)$

$$D_b = D_{ml} * L$$

Avec :

$D_{ml}(m^3/m)$: Volume de Déblai par mètre linéaire ;

$L(m)$: longueur de la DCN ou du cavalier.

Calcul de la surface du géotextile de recouvrement de la diguette $G_t(m^2)$

$$G_t = G_{ml} * L$$

Avec :

$G_{ml}(m^2/m)$: surface par mètre linéaire du géotextile ;

$L(m)$: longueur de la DCN ou du cavalier.

Calcul du volume de moellons $V_m(m^3)$

$$V_m = V_{ml} * L$$

Avec :

$V_{ml}(m^3/m)$: Volume des moellons par mètre linéaire ;

$L(m)$: longueur de la DCN, DF ou du cavalier.

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Les quantités par mètres linéaires sont déterminées à partir des dessins des ouvrages sur le logiciel Auto CAD, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Désignation	Surface Décapage (m²)	Remblai (m³)	Déblai (m³)	Géotextile (m³)	Moellons
DCN	1,83	0,3937	0,125	2,5	0,5
Cavalier	2,03	0,5362	0,1525	0,6156	2,8
DF			0,25		0,775

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Diguette suivant les Courbes de Niveau	Longueur (m)	Surface de Décapage	Remblai	Déblai	Géotextile	Moellons
DCN 1	323,09	591,2547	127,200533	49,271225	807,725	177,473337
DCN 2	308,61	564,7563	121,499757	47,063025	771,525	169,519473
DCN 3-1	271,14	496,1862	106,747818	41,34885	677,85	148,937202
DCN 3 -2	163,49	299,1867	64,366013	24,932225	408,725	89,805057
DCN 3-3	566,49	1036,6767	223,027113	86,389725	1416,225	311,172957
DCN 4-1	261,22	478,0326	102,842314	39,83605	653,05	143,488146
DCN 4-2	202,85	371,2155	79,862045	30,934625	507,125	111,425505
DCN 4-3	253,01	463,0083	99,610037	38,584025	632,525	138,978393
DCN 4-4	501,96	918,5868	197,621652	76,5489	1254,9	275,726628
DCN 5-1	258,31	472,7073	101,696647	39,392275	645,775	141,889683
DCN 5-2	287,07	525,3381	113,019459	43,778175	717,675	157,687551
DCN 5-3	588,37	1076,7171	231,641269	89,726425	1470,925	323,191641
DCN 6-1	200,12	366,2196	78,787244	30,5183	500,3	109,925916
DCN 6-2	397,94	728,2302	156,668978	60,68585	994,85	218,588442
DCN 7	560,18	1025,1294	220,542866	85,42745	1400,45	307,706874
DCN 8	197,39	361,2237	77,712443	30,101975	493,475	108,426327
Total		9774,47	2102,85	814,54	13353,10	2933,94
Diguette Filtrantes	Longueur (m)	Surface de Décapage	Remblai	Déblai	Géotextile	Moellons
DF1	278,82			69,705		216,0855
DF2	308,47			77,1175		239,06425
DF3	483,15			120,7875		374,44125
DF4	262,45			65,6125		203,39875
Total				333,22		1032,99
Cavaliers	Longueur (m);	Surface de Décapage	Remblai	Déblai	Géotextile	Moellons
Cavalier 1	264,77	537,4831	141,969674	40,377425	162,992412	741,356
Cavalier 2	341,54	693,3262	183,133748	52,08485	210,252024	956,312
Total		1230,81	325,10	92,46	373,24	1697,67
Gabions	Longueur (m)					
Gabion 1	10					
Total						

Annexe 5 : Dimensionnement du périmètre maraîcher

❖ **Dimensionnement du périmètre maraîcher**

D'une superficie de 2ha le périmètre maraîcher sera approvisionné à partir deux (02) forages et deux (02) pompes de 75m de profondeur avec un débit moyen de 5 m³/h dans lequel deux (02) électropompes immergées prélèvent l'eau en utilisant de l'électricité de 220V (fourni par le pompage solaire photovoltaïque). Dans notre zone d'étude le temps d'ensoleillement moyen est de 8h en saison sèche et sera considéré pour l'étude. Pour leur rendement pouvant atteindre 80%, ainsi que de leur durabilité de 20 ans nous envisagerons des panneaux solaires de type monocristallin. Ces panneaux devront générer l'énergie nécessaire au pompage dans un cycle de 24 heures. Un convertisseur hybride sera prévu et il se chargera du coup de recevoir de l'énergie originellement fournie par les panneaux qui actionnera directement le pompage.

Pour notre site, il est prévu un réseau d'irrigation sous micro aspersion, un local pour la protection des matériels du dispositif mais également un support métallique de 5m sur lequel devra reposer un réservoir (polytank) de 2 m³. Ce réservoir servira aux usages domestiques. Tout l'ensemble sera sécurisé par une clôture grillagée.

✚ **Choix de la spéculation**

Le choix des cultures est fonction de la pédologie, des conditions climatiques de la zone et des habitudes culturelles de la population mais aussi des spéculations qui présentent un intérêt majeur pour elle.

✚ **Données de base pour le dimensionnement**

Dans notre zone d'étude, le temps maximal d'irrigation journalière qui sera adopté est de 10h. Les écartements entre les rampes sont de **5 m**, cela les rendent pratiques et faciles à exécuter. Le type de système à mettre en place sera un système hybride avec une association de panneaux solaires et de batteries, un débit de 5 m³/h, une hauteur manométrique totale (HMT) de 75 m et une superficie de 2 ha. Le pompage et l'irrigation se feront de manière simultanée.

✚ **Découpage parcellaire**

Dans le cadre de notre projet, pour une superficie de périmètre maraicher estimée à 2 ha nous avons prévus 8 exploitants à raison de 0,25ha par exploitant.

Organisation de l'arrosage

Dans le but d'organiser l'arrosage de manière simple et uniforme et de faciliter la distribution de l'eau à la parcelle, le périmètre va être divisé 8 blocs égaux et indépendants de manière à ce que chaque exploitant puisse disposer d'une vanne d'arrosage.

Evaluation des besoins en eau des cultures

La nature des cultures et les conditions climatiques (pluviométrie, température, humidité) sont deux facteurs essentiels dont dépendent l'estimation des besoins en eau des cultures.

Afin de pouvoir estimer les besoins en eau, nous avons utilisé les pluies mensuelles de la station de Kaya et l'évapotranspiration potentielle de PENMANN mesurées à la station synoptique de Ouagadougou.

Les valeurs mensuelles des pluies efficaces sont déterminées par l'équation suivante tirée du manuel de la FAO sur les techniques d'irrigation sous pression (*PHOCAIDES, 2008*):

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Si $P < 70$ mm alors $Pe = 0,6 \cdot P_{moy} / \text{mois}$• Si $P > 70$ mm alors $Pe = 0,8 \cdot P_{moy} / \text{mois}$ |
|---|

A partir de ce manuel nous avons tiré les valeurs coefficients culturaux aux différents stades de développement de la spéculiation choisie pour notre dimensionnement ainsi que leur profondeur racinaire. Les durées des stades ont été prises dans le document N°24 de la FAO (*BROUWER ET HEIBLOEM, 1987*). L'objectif de la détermination des besoins en eau est de permettre une irrigation totale par des arrosages réguliers des parcelles jusqu'à la maturation des cultures selon un calendrier d'arrosage. La prise en compte des pertes en eau dans le réseau d'irrigation par les fuites et les pertes par percolation dans les sillons d'arrosage est important dans l'évaluation des besoins bruts.

Par la suite, nous effectuerons les calculs pour le dimensionnement de l'aménagement en deux étapes à savoir le design préliminaire qui résume le calcul des paramètres de l'irrigation et le design final avec les calculs du réseau d'alimentation en eau.

▪ **Design préliminaire**

Le design préliminaire nous permettra de déterminer la dose brute (Db) qui est la lame d'eau à introduire dans le sol pour que la plante y puise pendant la durée du tour d'eau T la quantité dont elle a besoin pour sa bonne croissance. Pour déterminer ce paramètre, nous déterminerons l'évapotranspiration maximale (ETM), le besoin maximal de pointe (BMP_{pointe}), la réserve facilement utilisable (RFU), la fréquence d'irrigation (F) et le tour d'eau (T).

Evapotranspiration maximale (ETM)

$$ETM(m/j) = ETP * k_c$$

Avec :

ETP (mm) : évapotranspiration de référence

Kc : coefficient Cultural

$$BMP_{\text{pointe}}(mm/j) = ETM - Pe$$

Avec :

ETM (mm/J) : évapotranspiration maximale

Pe (mm/j) : pluie efficace

Réserve facilement utilisable ou dose d'entretien (RFU)

$$RFU(mm) = p * Z_r * (\theta_{FC} - \theta_{wP})$$

Avec :

p : facteur de tarissement dépendant du type de culture et du climat

Z_r (m) : profondeur racinaire

θ_{FC} (%) : humidité volumétrique à la capacité au champ

θ_{wP} (%): humidité volumétrique au point de flétrissement

A défaut des mesures d'infiltration la RU (Reserve Utile) utilisée est celle de Withers et Vipond (1974) avec $RU = 120 \text{ mm/m}$.

Fréquence d'irrigation (F)

$$F(j) = \frac{RFU}{BMP_{\text{pointe}}}$$

Avec :

RFU (mm) : réserve facilement utilisable

BMP_{pointe} (mm/j) : besoin maximum de pointe

Tour d'eau (T)

$$T(j) \leq F$$

Avec :

F (j) : fréquence d'irrigation

Dose Brute (D_b)

$$D_b(mm) = \frac{BMP_{Pointe} * T}{E_a}$$

Avec :

BMP_{Pointe}(mm/j) : besoin maximum de pointe

T (j) : tour d'eau

E_a : efficacité d'application (70%)

$$Q_{tot}(l/s) = Q_e * A$$

Avec :

BMP_{pointe} : besoin maximum de pointe ;

T (j) : tour d'eau ;

E_a : efficacité d'application (80%) ;

Q_e (l/s/ha) : débit d'équipement ;

A (ha): superficie.

▪ **Design final**

Le dimensionnement final tiendra compte des données de base liées à la source d'eau, au sol, à la topographie, à la configuration du terrain ainsi qu'au matériel d'irrigation disponible sur le marché. Le réseau à concevoir devra ainsi être apte à acheminer l'eau de la source jusqu'au

ped de la plante tout en respectant les conditions de pression et de débit afin de répondre aux besoins en eau de la culture.

❖ Sélection des asperseurs

La sélection des asperseurs se fera de manière à ce que ces asperseurs puissent fournir l'eau à une pluviométrie de manière qu'elle ne cause pas du ruissellement ni de dommage aux plantes d'une part et avec la meilleure uniformité possible sous les conditions de vents prévalentes d'autre part. Ils doivent également satisfaire les besoins en eau d'irrigation à la fréquence d'irrigation prévue. Pour notre système nous adopterons une disposition **carrée** (Espace des rampes et des émetteurs identiques, dans le but d'assurer le recouvrement et une infiltration uniforme). Nous privilégierons ainsi les émetteurs à faible pression afin de provoquer la réduction des pertes de charge à l'entrée du réseau.

✚ Pression nominale (Pnom)

Avant la détermination de la pression nominale servant à effectuer le choix des micro asperseurs, nous déterminerons les pertes totales dans le réseau en utilisant la formule suivante :

$$\Delta P_{tot}(m) = \Delta E_{tot} + \Delta H_{tot}$$

Avec :

ΔE_{tot} : dénivelée topographique totale

ΔH_{tot} : perte de charge totale (friction et locale) dans le réseau prise égale

La pression nominale est donnée par la formule suivante :

$$P_{nom}(m) \geq 5 * \Delta P_{tot}$$

Avec :

P_{tot} : perte totale dans le réseau ;

P_{nom} : perte de charge totale (friction et locale) dans le réseau prise égale

✚ Ecartement des asperseurs et des rampes

Il faudra adopter un écartement d'asperseurs et de rampes tels que :

$$\begin{cases} e_{asp} = Long_{perim}/n \text{ ou } e_{asp} = Larg_{perim}/n \\ e_{rampe} = e_{asp} \text{ (disposition dite " carrée ")} \end{cases}$$

Avec :

Long_{périm} : longueur du périmètre

Larg_{périm} : largeur du périmètre

n : nombre entier diviseur de la largeur ou de la longueur

e_{asp} : écartement des asperseurs

e_{rampe} : écartement des rampes

✚ Choix de la valeur du temps journalier d'irrigation (*T_{wmax}*)

Selon le (FAO,1997), le temps journalier d'irrigation *T_{wmax}(h/j)* en pompage solaire photovoltaïque est d'environ 8h/j sans utilisation des batteries (FAO, 1977).

Pour la suite du dimensionnement, nous utiliserons les formules présentées dans le tableau pour la détermination des paramètres correspondants :

Paramètres	Formules
Nombre de rampes en fonctionnement simultané initial (<i>N_{brp-init}</i>)	$N_{brp-init} = \frac{Long_{perim}}{e_{rampe}}$
Pluviométrie de l'asperseur (<i>P_{asp}</i>)	$P_{asp}(mm/h) = \frac{Q_{asp} * 1000}{e_{asp} * e_{rampe}}$
Temps par poste d'arrosage (<i>T_S</i>)	$T_S(h) = \frac{D_b}{P_{asp}}$
Nombre par poste par jour (<i>N_S</i>)	$N_S = \frac{T_{wmax}}{T_S}$
Débits d'équipement (<i>q_e</i>)	$q_e(l/s \cdot ha) = \frac{Nb_{sous-prim} * Q_{sous-prim}}{0,36 * Lon_{perim} * Lar_{perim}}$
Débit total du système (<i>Q_{syst}</i>)	$Q_{syst}(m^3/h) = 3,6 * q_e * A$
Paramètres	Formules
Dimensionnement des conduites	$D_{th}(m) = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$

Pertes de charge dans les conduites	$\Delta H_{conduite}(m) = a * \frac{(Q_{conduite})^n}{(D_{conduite})^m} * F * L_{conduite}$
Vérification de la condition de pression dans les conduites	$\Delta P_{conduite}(m) = \Delta H_{conduite} - (E_i - E_d) \leq \Delta H_{adm} = 20\%P_{nom}$

❖ Sélection de la pompe

Pour faire le choix de la pompe, nous déterminerons la hauteur manométrique et la puissance hydraulique à partir des formules suivantes :

✚ Hauteur manométrique totale (HMT)

$$HMT(m) = H_{geo} + \sum pdc$$

Avec :

$H_{geo}(m)$: hauteur géométrique ;

$\sum pdc (m)$: pertes de charge à l'aspiration et au refoulement.

✚ Puissance utile (hydraulique) de la pompe (P_u)

$$P_u(kW) = \rho * g * Q_f * HMT_f$$

Avec :

$\rho (kg/m^3)$: masse volumique de l'eau

$g(m/s^2)$: accélération de la pesanteur

$Q_f(m^3/s)$: débit au point de fonctionnement

$HMT_f(m)$: hauteur manométrique totale au point de fonctionnement

✚ Choix de la pompe

Le choix de la pompe se fait à partir du débit à véhiculer et de la hauteur manométrique totale. Les caractéristiques nominales de la pompe à sélectionner devront être supérieures à celles calculées. Le Débit au point de fonctionnement de la pompe dans le réseau devra être tel que :

$$Q_f(m^3/h) = Q_n \pm 5 \text{ à } 7\% Q_n$$

Avec :

Q_n (m³/h) : débit véhiculé dans le réseau

❖ Calcul du nombre de batteries (Nbat) pour le périmètre irrigué

Les batteries, dans notre projet sont utilisées pour stocker l'énergie afin qu'elle puisse être utilisée à des heures où l'ensoleillement n'est pas capable d'assurer la continuité de fonctionnement du système. Pour déterminer le nombre de batteries nécessaires pour le bon fonctionnement de notre système, nous avons utilisé la formule suivante :

$$N_{bat} = \frac{\text{Estock-bat (KWh)}}{\text{Ebat (KWh)}}$$

Avec :

Estock-bat= Energie totale stock batterie ;

Ebat= Energie unité batterie.

Afin de déterminer le nombre de batterie nous avons préalablement déterminer les paramètres suivants : Puissance sortante des batteries (Pout-bat), l'énergie sortante cumulée (Eout-bat), la puissance entrante (Pin-bat), l'énergie entrante cumulée (Ein-bat), la variation du volume d'énergie cumulée, le volume d'énergie nécessaire au pompage (Ebat-pmp), l'énergie totale stocker dans les batteries (Estock-bat) et l'énergie de l'unité batterie (Ebat).

Puissance sortante des batteries

$$P\text{-out-bat (KW)} = \frac{Q_{pmp} * HMT}{360 * \eta}$$

Avec :

Q_{pmp} (m³/s) : débit de pompage

HMT (m) : hauteur manométrique totale

η : rendement de la pompe

Puissance fournie par les panneaux solaires aux batteries

$$P\text{-in-bat (KW)} = P\text{-out_bat} * \frac{T_{pmp}}{T_{ens}}$$

Avec :

$P\text{-out_bat}$ (KW) : puissance sortant des batteries

T_{pmp} (h) : temps de pompage

T_{ens} (h) : temps d'ensoleillement

Energie nécessaire au pompage

$$E_{\text{bat_pmp}} \text{ (KWH)} = P_{\text{out_bat}} * T_{\text{bat}}$$

Avec :

$P_{\text{out_bat}}$ (KW) : puissance sortant des batteries

T_{bat} (h) : temps de travail des batteries

Energie stockée dans les batteries

$$E_{\text{stock_bat}} \text{ (KWH)} = \frac{E_{\text{bat_pmp}}}{(1 - \delta) * \mu * (1 - \theta)}$$

Avec :

$E_{\text{bat_pmp}}$ (KWH) : énergie nécessaire au pompage

μ : taux admissible de décharge batterie

δ : pertes dans batteries

θ : Pertes dans convertisseur

Energie unitaire batterie

$$E_{\text{bat}} \text{ (KWH)} = \frac{U_{\text{bat}} * IT_{\text{bat}}}{1000}$$

Avec

U_{bat} (V) : voltage unité batterie

IT_{bat} (Ah) : ampérage unitaire de la batterie

Dimensionnement des panneaux solaires pour les périmètres irrigués

L'accès à l'énergie au Burkina-Faso reste très couteux voir rare dans certaines localités comme celle de la zone d'étude. Ce phénomène trouve ainsi une solution à travers l'utilisation des générateurs photovoltaïques qui se trouvent être des dispositifs autonomes et fiables.

Dans notre étude, l'utilisation de l'énergie sera arbitrée par un convertisseur solaire hybride qui l'enverra vers l'électropompe immergée pour l'irrigation, Les données de bases utilisées pour mener à bien le dimensionnement du champ photovoltaïque sont : le temps de pompage

journalier, la puissance d'un panneau et le rendement des panneaux. La détermination du nombre de panneaux nécessaire pour le bon fonctionnement de notre système s'est faite à partir de la formule de détermination du nombre total de panneaux solaires (Npan) en passant par la détermination de la puissance totale des panneaux (Pout-pan) donnée ci-dessous.

✚ Détermination de la puissance totale des panneaux :

$$P_{out-pan} (KW) = \frac{Q_{pmp} \times HMT}{360 \times \eta \times \rho \times (1-\delta) \times (1-\theta)} \times \frac{T_{pmp}}{Tens}$$

Avec :

Q_{pmp} : le débit de pompage en m³/h

HMT : la hauteur manométrique totale en m

η : le rendement électropompe en %

ρ : le rendement des panneaux solaires en %

δ : perte dans les batteries en %

θ : pertes dans les convertisseurs en %

✚ Détermination du nombre total de panneaux solaires (Npan) :

$$N_{pan} = \frac{P_{out-pan}}{P_{pan-mod} \times 1000}$$

Avec :

$P_{pan-mod}$: le module des panneaux en Wc

❖ Résultats du dimensionnement du périmètre maraîcher

Pour notre système, l'approvisionnement en eau se fera par le biais d'un forage. Pour l'étude nous considérons l'hypothèse selon laquelle le site sera équipé deux (02) forages de 75 m de profondeur, de niveau dynamique maximal admissible de 60 m et délivrant un débit de 5 m³ /h minimum chacune (Amadou KEITA, 2020).

✚ Choix du système d'irrigation

Le maraîchage devant se faire sur la superficie de 2 ha, il sera prévu un système d'irrigation de micro aspersion par pompage solaire photovoltaïque. Ce système conviendra parfaitement aux types de cultures envisagés.

L'irrigation par micro aspersion consistera à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle. L'eau sera mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisation. Elle sortira sous la forme d'un jet et sera réparti en gouttelettes qui tombent sur le sol. Mise sous pression par pompage solaire photovoltaïque pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations et distributeurs de type micro asperseurs. La microaspersion s'adapte à des terrains de perméabilité variable, allant des sols plus ou moins sableux aux sols plus ou moins argileux, en passant par les limons. Ce système est plus économe en eau que le gravitaire et le semi-californien. Contrairement à l'irrigation goutte à goutte, les asperseurs se bouchent moins vite. Même une main d'œuvre peu qualifiée suffit donc pour la gestion et l'entretien du système d'irrigation par microaspersion.

Périmètre maraicher

Choix de la spéculation

Les spéculations identifiées en fonction des besoins de la population étaient l'oignon, la tomate, le chou, le haricot vert et diverses formes de légumes feuilles (feuille d'haricot, oseille, persil.). Dans le cadre de notre étude, nous décidons de mettre l'accent sur les cultures telles que l'oignon, la tomate, le chou ainsi que le haricot vert. Ceux sont des cultures qui s'écoulent facilement et sont très rentable. Sur le plan pédologique, ces cultures sont adaptées à nos types de sols sableux-argileux ou sableux -limoneux, riches en matière organique décomposée comme le cas de notre zone d'étude.

Données de base pour le dimensionnement

En considérant, la disposition de nos parcelles, du faible niveau de maîtrise des exploitants, de limiter les risques de conflits entre exploitants et de notre volonté de rendre chaque exploitant indépendant en ce qui concerne la gestion de sa parcelle, nous avons opté pour la disposition présentée dans le tableau ci-dessous.

Découpage parcellaire (P1-P2-P4-P5-P6-P7-P8)	
Longueur (m)	50,00
Largeur (m)	50,00
Aire (ha)	0,25

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Dans le cadre du dimensionnement, 10h sera considéré pour le temps maximal de travail, une durée d'irrigation 10h et de pompage de 10h.

Dans la région du Centre-Nord (FAO et al., 1977), le temps d'ensoleillement est de 8h/j.

Un écartement entre les rampes de 5m sera considéré.

Evaluation des besoins en eau des cultures

Dans le cadre de notre étude, les besoins en eau ont été évalués pour la campagne sèche. Les cultures maraichères seront effectuées durant cette période. Le mois de Novembre coïncide avec le début de la campagne sèche et marquera le début des cultures.

Les besoins en eau des différentes cultures retenues ont été évalués, il s'agit notamment de l'oignon, la tomate, le chou, et l'haricot vert. Il ressort ainsi de cette évaluation que l'oignon est la culture la plus consommatrice parmi toutes ces cultures.

Le stade d'évolution et les besoins en eau de cette culture se présente comme suit :

Cultures			Initial	Développement	Mi-saison	Arrière-saison	Durée (jrs)	Zr (m)
Oignon	Allium cepa	Durée	15	25	70	40	150	0.5
		Kc	0.5	0.75	1.05	0.85		
		Kc	0.45	0.75	1.15	0.8		

Oignon		Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
	ETO (mm/jr)	5.19	5.48	5.65	5.37	6.22
	KC	0.63	0.95	1.05	0.98	0.85
	ETM (mm/jr)	3.24	5.22	5.93	5.25	5.28
	Pe	0	0	0	0	0.16
	BN (mm/jr)	3.24	5.22	5.93	5.25	5.12
	BN (m3/ha)	32.44	52.277	59.37	52.55	51.23
	BB (mm/jr)	4.05	6.53	7.42	6.56	6.40
	BB (m3/ha) /jr	40.55	65.34	74.20	65.69	64.04

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

	Besoins (m3)	1216.59	2025.76	2300.2	1839.49	1921.36
--	--------------	---------	---------	--------	---------	---------

Après l'évaluation de ces besoins en eau, nous constatons qu'au mois de Janvier le besoin en eau de l'oignon est maximal soit 2300,2 m³/mois.

Design préliminaire

Le design préliminaire consiste à obtenir les résultats principaux à savoir la dose brute et le débit total. De ce dimensionnement nous avons obtenu une dose brute de **18 mm** à apporter en deux jours (tour d'eau) et un débit total de **2,5 l/s/ha**. Le nombre de jours que les cultures maraichères peuvent supporter sans être arrosées varie entre **2 et 3 jours**. De ce fait, nous avons choisi une fréquence d'arrosage de **2 jours** et avons divisé les périmètres en 8 blocs égaux et indépendants de sorte que le premier bloc soit arrosé le premier jour et le deuxième bloc le deuxième jour.

Afin de réduire les dépenses en énergie (pertes de charge), nous faisons le choix de minimiser le débit.

La synthèse de design préliminaire se présente comme ci-dessous :

Désignation	Valeurs
Dose brute (mm/2j)	18
Tour d'eau (j)	2
Temps maximal de travail (h)	10
2 des rampes (m)	5
Temps de pompage hybride	10
Nombre de poste par jour	5
Débit d'équipement (l/s/ha)	2,5

Pour notre étude, le débit d'équipement obtenu est de 2,5l/s. Pour un système d'irrigation par aspersion le débit d'équipement doit être compris en 1,5 et 2,5 l/s/ha (*Amadou KEITA, 2018*)

On peut conclure de ce fait que, les valeurs obtenues pour nos sites sont acceptables.

Design final

Organisation de l'arrosage

Dans le but d'organiser l'arrosage de manière simple et uniforme et de faciliter la distribution de l'eau à la parcelle, le périmètre a été divisé en deux blocs égaux et indépendants de sorte à ce que le premier bloc constitué des parcelles P1, P2, P3, P4 soit arrosé le premier jour (on arrosera successivement les parcelles P1, P2 et P3, P4) et le deuxième bloc constitué des parcelles P5, P6, P7, P8 soit arrosé le deuxième jour (on arrosera successivement les parcelles P5, P6, P7, P8). L'arrosage se passe par rotation entre les ouvertures/fermeture de vanne de la parcelle de l'attributaire, chaque exploitant possède sa vanne d'arrosage et n'est dépendant de l'autre pour l'irrigation. De plus, le fonctionnement de sa parcelle n'est pas lié à celui des autres exploitants. L'organisation de l'arrosage se présente comme suit :

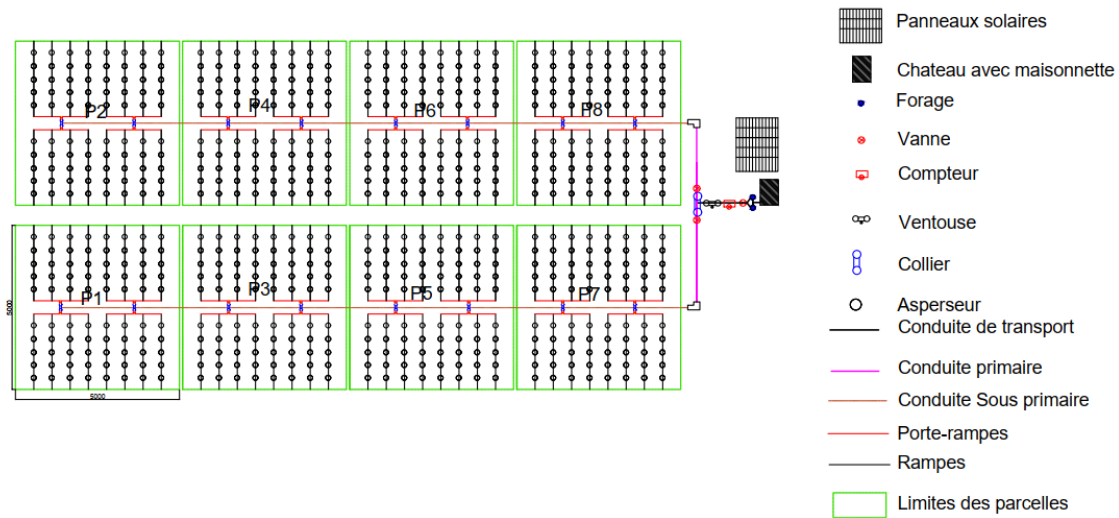
Jours	Postes	Nombre de poste	Nombre totale de poste	Nombre de rampes en fonctionnement simultané
Jour 1	P1	5,00	10,00	8 rampes de 50 m soit 4 rampes par porte-rampes
	P2	5,00		
	P3	5,00		
	P4	5,00		
Jour2	P6	5,00	10,00	8 rampes de 50 m soit 4 rampes par porte-rampes
	P7	5,00		
	P8	5,00		

Le temps par poste d'arrosage est de 2 h pour un débit d'équipement de 2,5l/s/ha ce qui est acceptable pour un système d'irrigation par microaspersion. Le débit à mobiliser dans le réseau pendant un poste d'arrosage est de 2,4 m³/h.

Configuration du périmètre

Le périmètre est traversé par une conduite secondaire en position centrale dans le sens de la longueur et qui le divise en deux. Pour faciliter l'approvisionnement en eau du périmètre nous l'avons divisé en huit (08) blocs de 0,25 ha. Chaque bloc comprend 8 rampes en fonctionnement simultanées avec des longueurs de 50 m alimentées par 4 portes rampes. Le nombre de poste d'arrosage est de 4 et le temps par poste est de 2h.

La configuration du périmètre se présente comme ci-dessous :



Choix des asperseurs

A l'aide du catalogue du constructeur GYRONET, nous avons retenu le modèle d'asperseur retenu. Il s'agit d'un micro asperseur rotateur dont les caractéristiques sont présentées dans le ci-dessous :

Paramètres	Valeurs
Type d'asperseur	Micro asperseur Rotateur tête en haut GYR070LRAT
Débit (l/h)	60
Diamètre mouillé (m)	7
Pluviométrie (mm/h)	9,6
Espacement maximal entre émetteur (m)	5
Pression (bar)	2,5



Les asperseurs retenus pourront donc nous fournir la quantité eau nécessaire par jour pour le

développement des plantes.

Dimensionnement des conduites

Critères de dimensionnement

Les critères utilisés pour le dimensionnement sont les suivants :

- Les pertes de charges singulières sont prises égales à 10 % des pertes de charges linéaires ;
- Vitesses d'écoulement : 1,7 m/s maximum pour éviter les suppressions dans les conduites ;
- Diamètre des conduites : il doit permettre de véhiculer le débit de pointe sans toutefois créer d'énormes pertes de charge ;
- La pression Nominale des Conduites est de 6 bars ;
- Les coefficients de Calmon- Lechapt (a, n et m) dépendent de la nature et du diamètre de la conduite ;
- Les rampes sont en Polyéthylène (PE) et les porte rampes, tertiaires, secondaires et primaires sont en Polychlorure de Vinyle (PVC).

Rampes, porte-rampes, sous-primaires et primaires

Les conduites sont dimensionnées pour le transport des débits d'eau venant du forage au périmètre. Les diamètres obtenus lors du dimensionnement et les débits qui transitent dans les différentes conduites sont présentés ci-dessous :

Conduite	Longueur (m)	Q (m ³ /h)	Vitesses (m/s)	Diamètre Théorique (mm)	Diamètre Nominale Interne (mm)	Diamètre Nominale Externe (mm)
Rampe	50	1,2	1,7	15,80	21	25
Porte rampe	200	9,6	1,7	44,70	59,2	63
Sous-primaires	50	9,6	1,7	44,70	59,2	63
Primaire/Transport	65	9,6	1,7	44,70	59,2	63

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Le choix des diamètres des conduites s'est fait en respectant la double exigence que constituent le critère de Christiansen (la différence de débit entre deux micro asperseurs quelconques sur l'espace irrigué ne dépasse pas 20% du débit nominal d'un micro asperseur. Cette règle ne s'applique pas au tube de transport car il n'y a pas de desserte en route. (Amadou KEITA, 2020)) et la volonté d'avoir des tubes de diamètres commerciaux modérés (pour des raisons de coût réduit).

Après calcul, le choix du diamètre à retenir est celui correspondant au diamètre commercial. Il existe déjà une certaine gamme de diamètres normalisés utilisés en irrigation pour les matériaux comme le PVC et PEHD. Il s'agit de diamètres suivants : 20 mm ; 50 mm ; 63 mm ; 110mm.

Dans le cadre de notre projet, nous avons choisi d'utiliser des conduites en polyéthylène (PE), DN25 mm pour les rampes, DN63 pour les portes rampes, des conduites en polychlorure de vinyle (PVC) de DN63 mm pour les conduites primaires et les conduites de transport avec une classe de pression de 6 bars (PN6). Les choix répondent au fait que nous cherchons à minimiser les pertes de charge dans le réseau de distribution d'eau, permettant d'alléger la charge de travail sur le pompage en amont, les batteries et les plaques solaires.

Conduite de transport ou de refoulement

Les conduites de transport/refoulement ont été dimensionnées et se présentent comme suit :

Auteur	Debits (m3/s)	Nombre d'heure de pompage n (h)	Diamètre theorique (mm)	Diametre Nomimale	Vref (m/s)	Diamètre retenu (mm)	Condition GLS
Bresse	0,0014		55,90	59,2	0,57	63	1,04
Munier	0,0014	10	44,72	59,2	0,88	63	1,04
Bendjaoui	0,0014		47,33	59,2	0,79	63	1,04
Bonin	0,0014		37,27	59,2	1,27	63	1,04

Le diamètre 63 mm sera retenu dans le but de l'uniformiser avec les diamètres primaires choisis plus haut. On constate que la condition GLS est respectée pour toutes les formules empiriques

sauf pour la formule de Bonnin où la vitesse de référence est supérieure à la vitesse obtenue.

Sélection de la pompe

Choix de la pompe

Les caractéristiques de base souhaitées après calculs sont respectivement de **HMT=76m** pour un débit **Q= 5 m³/h** pour notre zone d'étude.

Notre choix s'est porté sur des pompes qui satisfont aux exigences en matière de débit et de HMT. Nous avons donc opté pour des électropompes immergées de type 4SH10/12.

Les caractéristiques de la pompe choisie sont présentées ci-dessous :

Caractéristiques	Valeurs
Nom du produit	4SH10/12
Puissance absorbée (Kw)	2,2
Débit maximal(m3/h)	5
HMT maximale (m)	75
Rendement (%)	40

Points de fonctionnement

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe et la courbe caractéristique du réseau. Pour la détermination de notre point de fonctionnement, nous avons fait varier les débits fournis par les pompes afin de déterminer différentes HMT des pompes et des réseaux d'irrigation.

Les caractéristiques de la pompe au point de fonctionnement sont présentées après projection sur la courbe donne pour les points de fonctionnement les caractéristiques suivantes :

Paramètres	Valeurs
Nom du produit	4SH10/12
Débits au point de fonctionnement [m3/h]	5
HMT au point de fonctionnement [m]	75
Rendement au point de fonctionnement [%]	50
Puissance du système en KW	2,53

Calcul du nombre de batteries (Nbat) pour le périmètre irrigué

Le rôle des batteries est d'assurer l'autonomie du système pour le périmètre maraîcher. Dans le cadre de ce projet, nous avons choisi les batteries de type LIFEP04. Elles sont des batteries écologiques et résistantes à toutes températures ont une grande longévité d'environ 6 ans (SUPPLIES BATTERY, 2020).

Les données consignées ont été utilisées pour mener à bien notre dimensionnement.

Désignation	Valeurs
Caractéristiques des batteries	Type de batterie : LiFePo4 Voltage des batteries : 13,2V (composé de quatre blocs prismatiques de 3,3V) Ampérage des batteries : 280Ah Taux admissible de décharge : 50 % Pertes dans les batteries : 10 %
Pompage	Temps de pompage : 10h HMT : 75m
Convertisseur	Pertes dans le convertisseur : 3 %

. Le modèle de batterie retenu pour le périmètre maraicher est obtenu est :

Désignation	Valeurs
Type de batteries	LiFeP04 13,2V-280Ah
Nombre de batteries	16
Disposition	4S4P

Dimensionnement des panneaux solaires

Les panneaux solaires photovoltaïques seront de type monocristallin. Plusieurs études montrent qu'ils ont une durabilité de plus de 20 ans pour un rendement pouvant atteindre 80% (Amadou KEITA, 2020). Ces panneaux devront générer l'énergie nécessaire au pompage dans un cycle de 24 heures. L'utilisation de cette énergie est arbitrée par un convertisseur solaire hybride qui l'enverra soit vers l'électropompe immergée pour l'irrigation, soit vers les batteries pour

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

stockage et utilisation à des heures où l'ensoleillement est faible. Le temps de pompage journalier est de 10 h. Les données de bases utilisées pour mener à bien le dimensionnement du champ photovoltaïque sont :

Désignation	Valeurs
Caractéristiques des batteries	Voltage des batteries : 13,2 V Ampérage des batteries : 280 Ah Taux admissible de décharge : 50 % Pertes dans les batteries : 10 %
Caractéristiques des panneaux	Puissance d'un panneau : 600 Wc Rendement des panneaux : 80 %
Convertisseur	Pertes dans le convertisseur : 3 %

Les résultats des dimensionnements sont consignés dans le tableau ci-dessous :

CARACTERISTIQUES DU CHAMP PV	
Nombre de modules	10
Puissance totale (kWc)	6
Disposition	5S2P

Dimensionnement du local

Sur le site un local de commande associée à un support du réservoir est prévu. Le local de commande permettra d'abriter les dispositifs de contrôle électrique (batteries, convertisseurs hybride, boîtier de commande).

Le local sera réalisé grâce à du matériau directement disponible (sable, gravier,) sur le site à laquelle on y associera du ciment.

Il sera réalisé sur une superficie minimale de 2,5m x 2,5 m avec une hauteur sous dalle de 3m. Ses murs, en parpaings pleine de 20 x 15 x 40 cm, comporteront deux (02) ouvertures dont une porte d'entrée et une fenêtre. Les faces internes et externes des murs seront crépies. L'ossature du support sera composée de 4 poteaux de dimensions 0,2 m*0,2 m*3,75 m reposant sur 4 semelles isolées de dimensions 0,5 m*0,5 m*0,5 m. Le support comprend également une dalle pleine de dimensions 2,5 m*2,5 m*0,15 m qui servira de support pour le réservoir et également de toiture pour le local technique. Les poteaux et les semelles seront en béton armé dosés à 250kg/m³ et la dalle sera en béton armé dosé à 350kg/m³. La chape (dallage bas) reposera sur un remblai latéritique compacté qui lui-même reposera sur un film polyane. Une échelle métallique de 0,40 m de large solidement scellée permettra d'accéder au réservoir en polytank. (TCHAPDA,2022)

Etude financière du périmètre

Une évaluation sur les prix unitaires des éléments sur le marché, nous a permis de calculer les coûts de travaux à réaliser.

DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF DE LA FERME MARAICHERE					
Désignation	Référence	Unit é	Quantit é	PU (FCFA)	Total (FCFA)
Unité de pompage					
Implantation géophysique	Imp-Geo-2ha	U	1	250 000	250 000
Réalisation du forage	Frge 75 m	U	2	3 000 000	6 000 000
Electropompe immergée	Pomp-Imrg-5M3H-H75	U	2	400 000	800 000
Convertisseur solaire hybride 6Kw	PV3500 PRO (24V/48VD C) 6Kw	U	1	450 000	450 000
Batterie solaire 13,2V/280 Ah	Bat 13,2V-280Ah	U	16	105 000	1 680 000
Panneaux solaires de 600 Wc	Pan-600Wc	U	10	107 000	1 070 000
Réservoir de 2 m3 pour alimentation	Reserv-Chat-2 m3	U	1	4 894 049	4 894 049
Filtre à disque 120 mesh 6 m3/h	Filtr-Disq 120 mesh 6m3/h	U	1	52 400	52 400
Floteur électrique AC 220V	Flot-Elec-AC-220V	U	2	25 000	50 000
Ensemble conduite et accessoires et toutes sujétions	cond-acces	U	1	200 000	200 000
Cadres métalliques pour support des panneaux	Support-Pan	U	1	150 000	150 000
Ensemble câblage et accessoires et toute sujétions	Cable-Acc	U	1	450 000	450 000
Maisonnette + porte+ fenêtre		U	1	700 000	900 000
Sous total 001					17 046 449
Reseau d'irrigation					
Microasperseur "rotateur" 60l/h Pression nominal 2,5bars	Microasp-60 /2,5b	U	640,00	500	320 000

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Conduites en polyéthylène pour les rampes DN20mm	Tube-PE20	ml	3840,00	600	2 304 000
Conduites en PVC DN25mm	Tube - PVC25	ml	480	700	336 000
Conduites en PVC DN63mm	Tube-PVC63	ml	228	1 300	296 400
Pièces de connexion (vannes, tés, coudes, bouchons)	Connex (10% tubes)	%	10%		293 640
Sous total 002					3 550 040
Installation d'une clôture grillagée					
Fourniture de cornières 40 lourd de 2 m de haut	Corn-40-lourd	ml	223	2 000	446 000
Fourniture de grillage de hauteur 2 m maille 2cm*2cm et du fil de 2,5mm avec tandeurs y compris toute sujestions	Grill-2m-haut	ml	666,67	3 000	2 000 000
Portail d'accès battant (2,5 m*1,5m) y compris toutes sujestions	Porte-Acc-2,5m*1,5m	U	1,00	250 000	250 000
Sous total 003					2 696 000
Coûts MO/Installation (30% cout total)					
Sous total 004					5 667 747
TOTAL INVESTISSEMENT					28 960 236

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Annexe 6 : Devis et détermination de la DRI

N°	DÉSIGNATION DES TÂCHES	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix total en FCFA
SÉRIES 100 : INSTALLATIONS ET SERVICES					
101	Installation, équipements et repli	FF	1	2500000	2500000
102	Implantation des ouvrages	M	5 947,55	500	2973775
103	Parcellement	HA	26,5	75000	1983750
SÉRIES 200 : TERRASSEMENTS					
201	Abattage d'arbres	U	39	45000	1755000
202	Sous-solage et planage sommaire	HA	23,75	250000	5937500
203	Labour à 20 cm de profondeur et pulvérisée mécanisé	HA	23,75	200000	4750000
SÉRIES 300 : TERRASSEMENTS POUR OUVRAGES					
301	Décapage sous remblais	m ²	9 774,47	300	2932341
302	Remblais compactés	m ³	2 102,85	3000	6308550
303	Déblais pour pertuis, butée et tapis pour enrochements	m ³	814,54	3000	2443620
304	Déblais pour digue filtrante	m ³	333,22	3000	999660
SÉRIES 400 : BETONS, MAÇONNERIES ET PROTECTIONS					
403	Fourniture et pose des moellons sur remblais compacté recouvert de géotextile (sans fourniture de géotextile)	m ³	3 117,77	6000	18706620
404	Fourniture de géotextile	m ²	15 172,03	1500	22758045
405	Pertuis de vidange en béton + vannettes métalliques y compris toutes les protections nécessaires	U	38	125000	54250
408	Réalisation de diguette filtrante	m ³	1 032,99	6000	6197940
305	Fourniture et pose du gabion	m ³	18,5	15 000	277 500
409	Réalisation de BCER	U	2	3000000	3000000
SÉRIES 500 : OUVRAGES ANNEXES					
502	Réservoir et équipements d'irrigation (pompe, batteries, panneaux, cloture, forage, maisonnette)				28 960 236
503					
504					
505					
Total pour le maraichage					28 960 236

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

TOTAL HT bas-fond(riziculture)	83 578 551
TOTAL AMENAGEMENT+ le maraichage HT	112538787

Calcul de la durée de retour sur l'investissement (DRI)

$$\text{DRI(ans)} = \frac{\text{montant d'investissement}}{\text{rentabilité annuelle}}$$

Avec montant d'investissement = 112 538 787 f CFA ;

Et la rentabilité annuelle = 28 960 236 f CFA/An ;

$$\text{DRI(ans)} = \frac{112538787}{28960236} = 3,88$$

On peut dire que la **DRI = 4 ans**. On note que les ouvrages ont été dimensionnés avec le débit de crue décennale on remarque cependant que $\text{DRI} < 10$ ans.

Annexe 7 : Mesures environnementales

Variable	Impacts	Evaluation des apports			Mesures environnementales identifiées
		Nature	Importance	Durée	
Végétation ligneuse	Perte en végétation ligneuse	Négatif	Important	Permanent	<ul style="list-style-type: none"> - épargner autant que possible la végétation - reboisements compensatoires.
Faune	Destruction des gîtes avec fuite de la petite faune présente sur le site	Négatif	Peu important	Permanent	<ul style="list-style-type: none"> - information/ sensibilisation en matière de protection de la petite faune présente
Sols	Remaniement de sol	Négatif	Moyen	Durable	<ul style="list-style-type: none"> - remise en état des lieux après les travaux
Environnement atmosphérique	Emission de gaz et de particules de poussière pendant la période des travaux	Négatif	Peu important	Temporaire	<ul style="list-style-type: none"> - maintenance, limitation de la vitesse des engins
Climat sonore	Bruits émis par les engins	Négatif	Peu important	Temporaire	<ul style="list-style-type: none"> - maintenance, limitation de la vitesse des engins
Santé	Emission de gaz et de particules de poussière pendant la période des travaux	Négatif	Important	Permanent	<ul style="list-style-type: none"> - utilisation du matériel de protection des travailleurs du site
Eau de surface	Diminution du volume d'eau de surface pour la satisfaction des besoins en	Négatif	Peu important	Temporaire	<ul style="list-style-type: none"> - utilisation rationnelle de l'eau pendant les travaux

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

	eau du chantier				
Eau potable	Diminution du volume d'eau des forages pour la satisfaction des besoins en eau du chantier		Important	Temporaire	- utilisation rationnelle de l'eau pendant les travaux
Végétation ligneuse	Perte en végétation ligneuse	Négatif	Peu important	Permanent	- Compensation de la végétation réduite
Végétation herbacée	Perte en végétation herbacée / perte de pâturages en saison sèche	Négatif	Peu important	Permanent	- utilisation des résidus de récolte
Sols	Lessivage du sol	Négatif	Peu important	Permanent	- construction des fosses fumières et utilisation de la matière organique
Eau souterraine	Stockage de l'eau en surface avec remontée de la nappe phréatique	Positif	Important	Permanent	- réalisation de puits busés ou de puisard à long terme pour la conduite d'activité de contre saison
	Risques de contamination de la nape phréatique par les produits agricoles	Négatif	Important	Permanent	- veiller à l'utilisation de produits homologués - former les producteurs à l'utilisation des produits agricoles sur le site

Source : NIES, Bureau d'Etudes ACE3E

Variable	Impacts	Evaluation des apports			Mesures environnementales identifiées
		Nature	Importance	Durée	

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Eau souterraine	Stockage de l'eau en surface avec remontée de la nappe phréatique	Positif	Peu important	Permanent	- réalisation de puits busées ou de puisards à long terme pour la conduite d'activité de contre saison
	Risques de contamination de la nappe phréatique par les produits agricoles	Négatif	Important	Permanent	- veiller à l'utilisation de produits homologués - former les producteurs à l'utilisation des produits agricoles sur le site
Eau de surface	Stockage de l'eau au niveau des casiers avec augmentation de la disponibilité en eau	Positif	Important	Important, cyclique	- entretien des ouvrages - bonne gestion de l'eau au niveau des parcelles
	Risques de contamination de l'eau de surface par les produits agricoles utilisées sur le site	Négatif	Important	Permanent	- veiller à l'utilisation de produits homologués - former les producteurs à l'utilisation des produits agricoles sur le site
Pâturage	Réduction du pâturage	Négatif	Peu important	Permanent	- utilisation des résidus de récolte
Topographie du sol	Réduction de la pente longitudinale du sol et stockage de l'eau avec lessivage du sol	Positif	Important	Permanent	- utilisation de la fumure organique et engrais chimiques
Santé	Développement de maladie d'origine hydrique	Négatif	Important	Permanent	- animation /sensibilisation en matière de santé
Production agricole	Augmentation des rendements	Positif	Important	Permanent	- formation en technique de production maraichère et de riz

Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.

Présence du bas-fond	Possibilité de dégâts sur le bas-fond et conflits	Négatif	Important	Permanent	- sensibilisation des propriétaires d'animaux aux nouvelles règles
----------------------	---	---------	-----------	-----------	--

Source : NIES, Bureau d'Etudes ACE3E

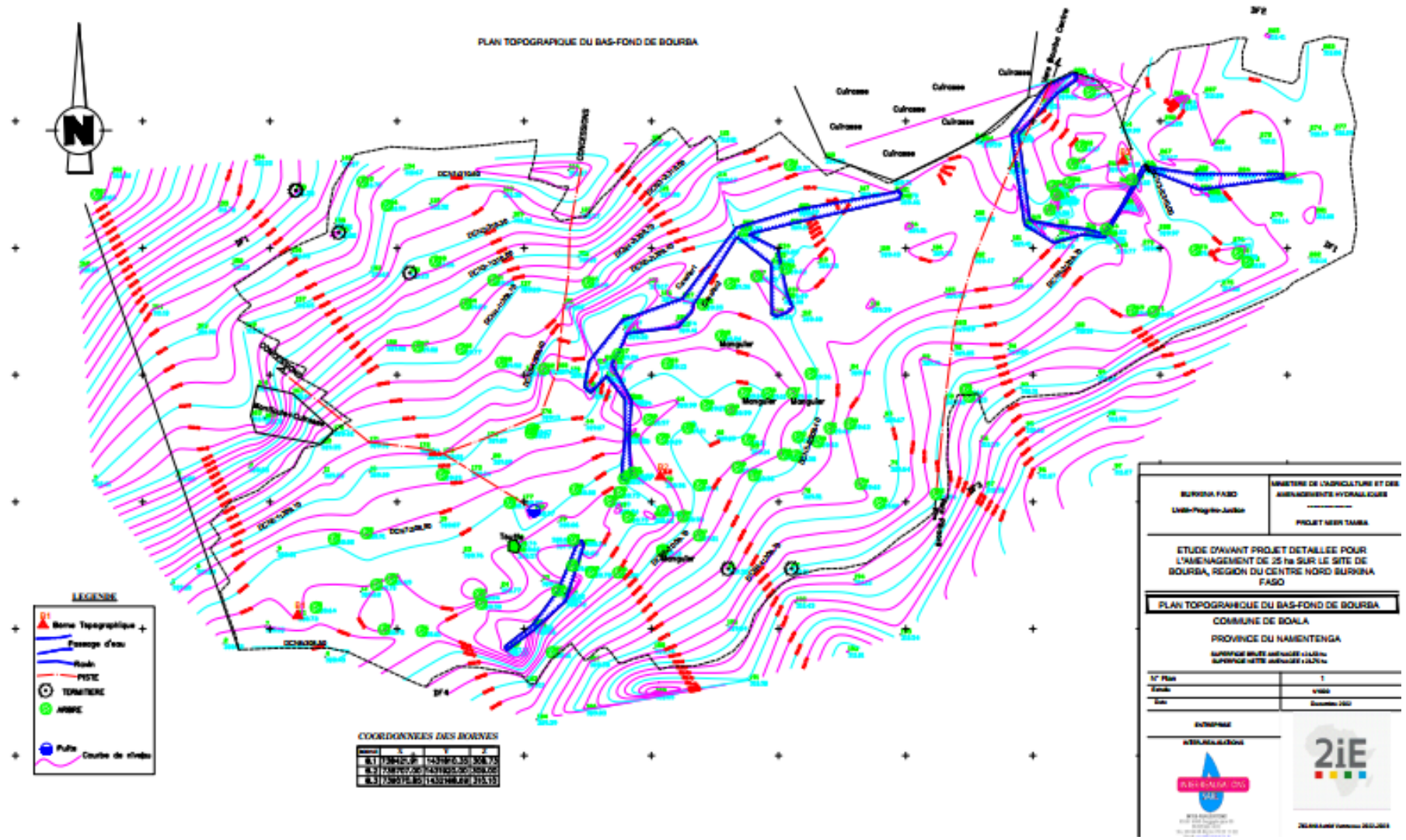
Répartition du coût des mesures environnementales

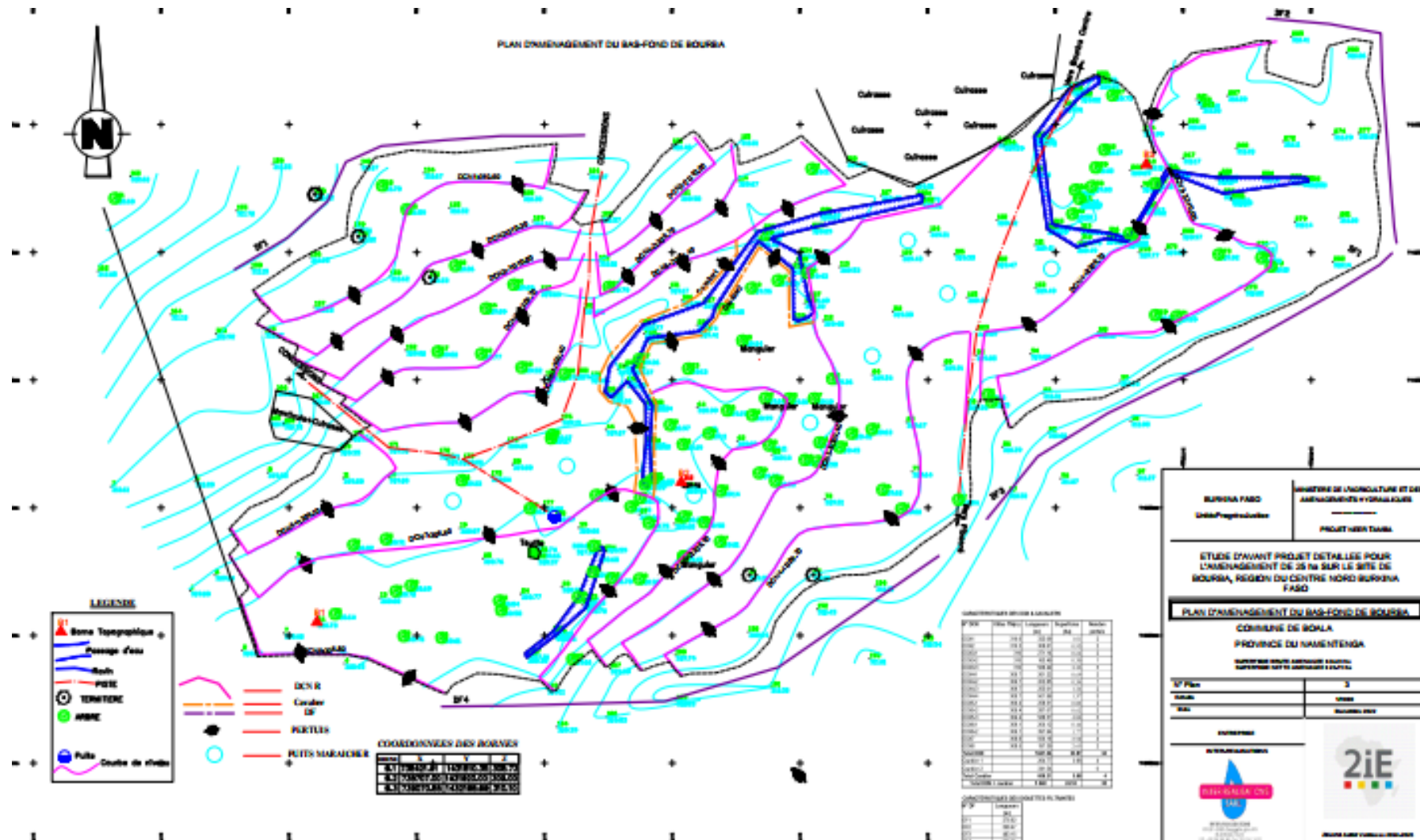
Coûts des mesures d'atténuation et de bonification	5 500 000 Francs CFA
Appui à l'organisation	1 000 000 Francs CFA
Renforcement des capacités	2 500 000 Francs CFA
Mesures d'accompagnement	2 000 000 Francs CFA
Suivi /Contrôle environnemental	5 500 000 Francs CFA
TOTAL	11 000 000 Francs CFA

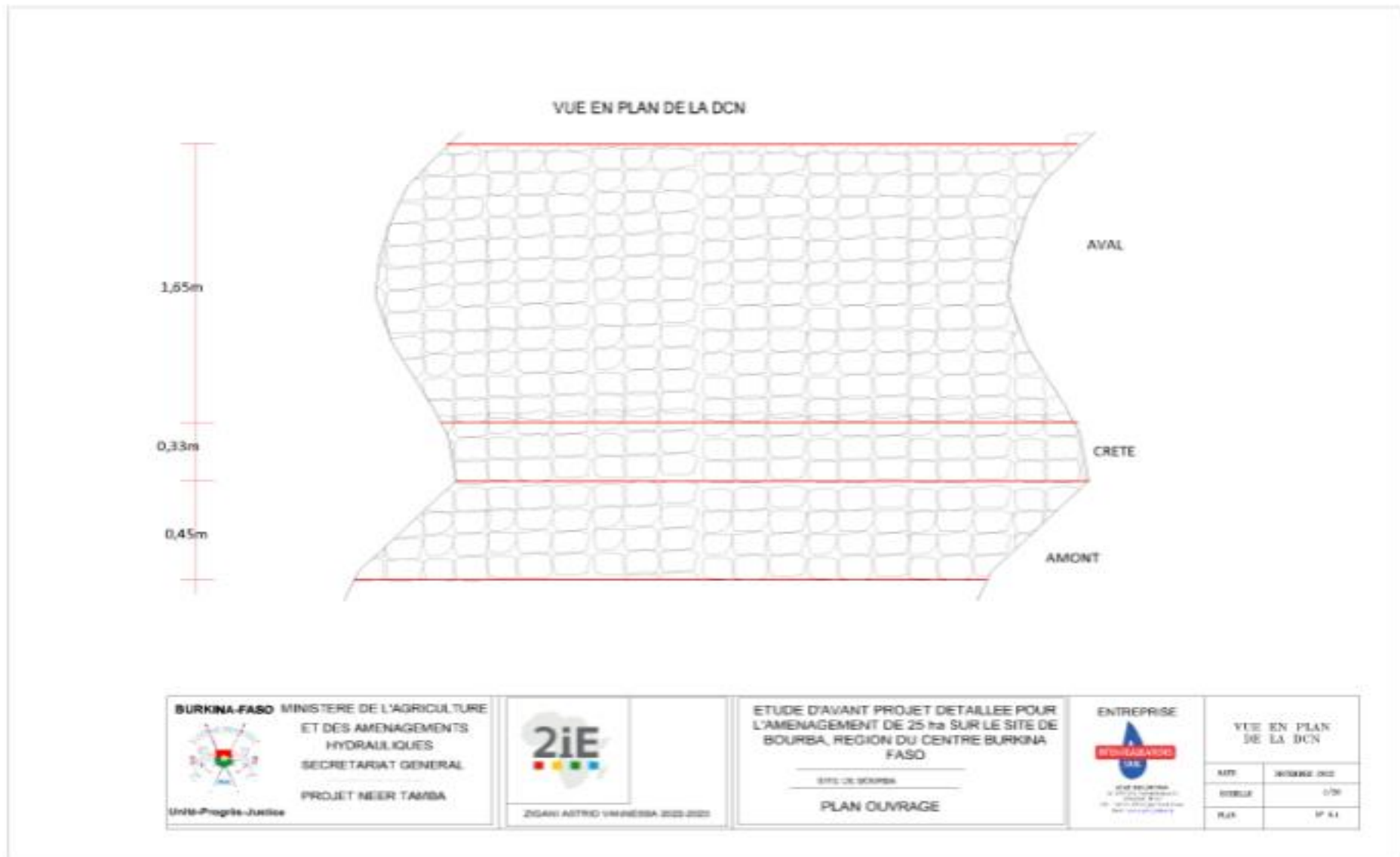
Annexe 8 : Plans

- Plan topographique
- Plan de l'aménagement
- Plans des ouvrages
- Détails des ouvrages

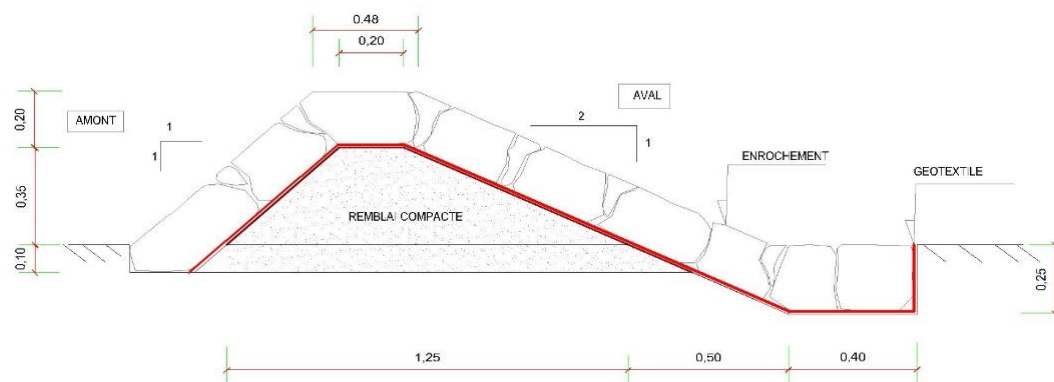
Etude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un bas-fond de 25ha sur le site de Bourba dans la région du centre-nord Burkina Faso.







PROFIL EN TRAVERS DE LA DCN



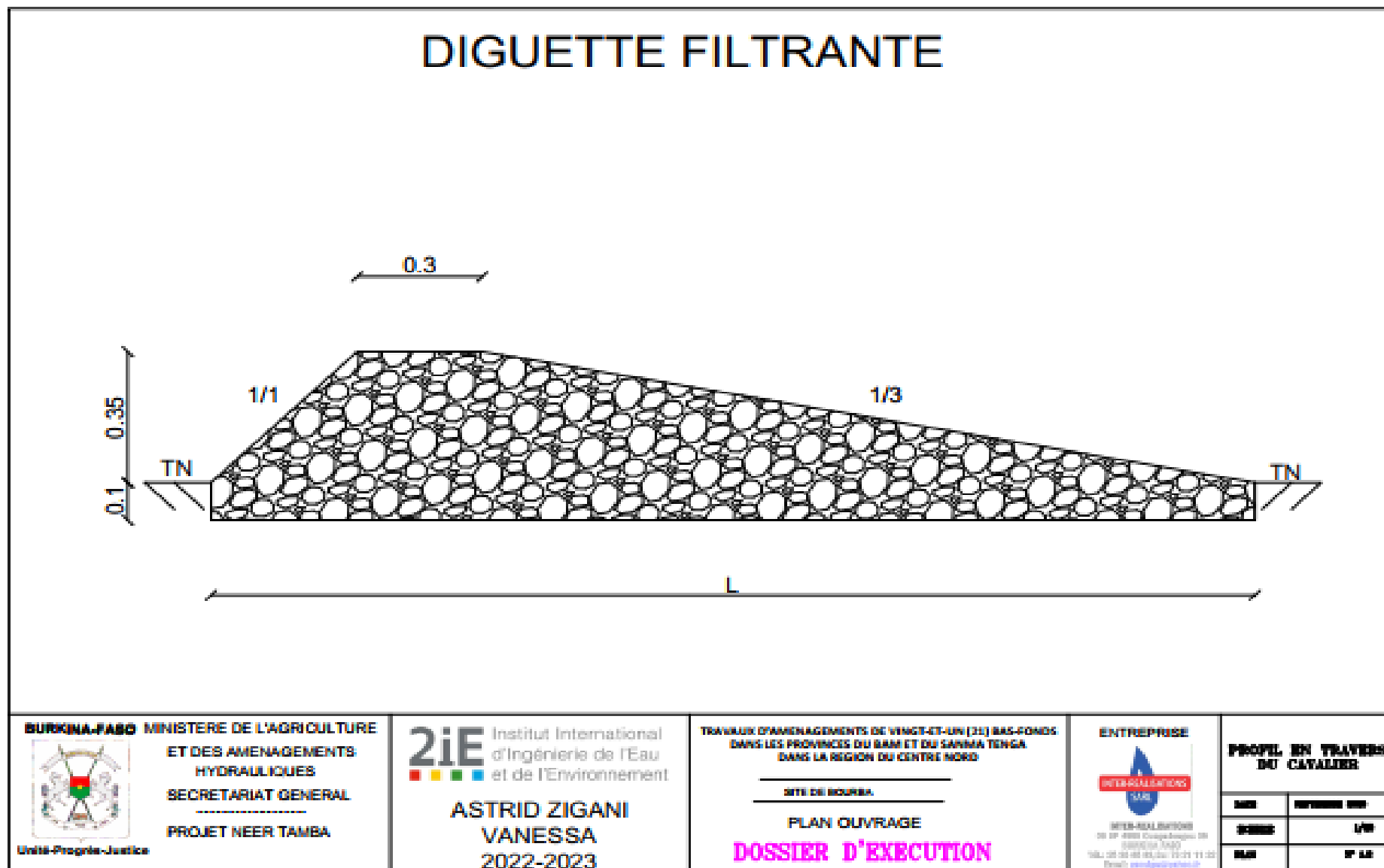
BURKINA-FASO MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DES AMÉNAGEMENTS
HYDRAULIQUES
SECRETARIAT GÉNÉRAL
PROJET NEER TAMBA
Unité-Progrès-Justice

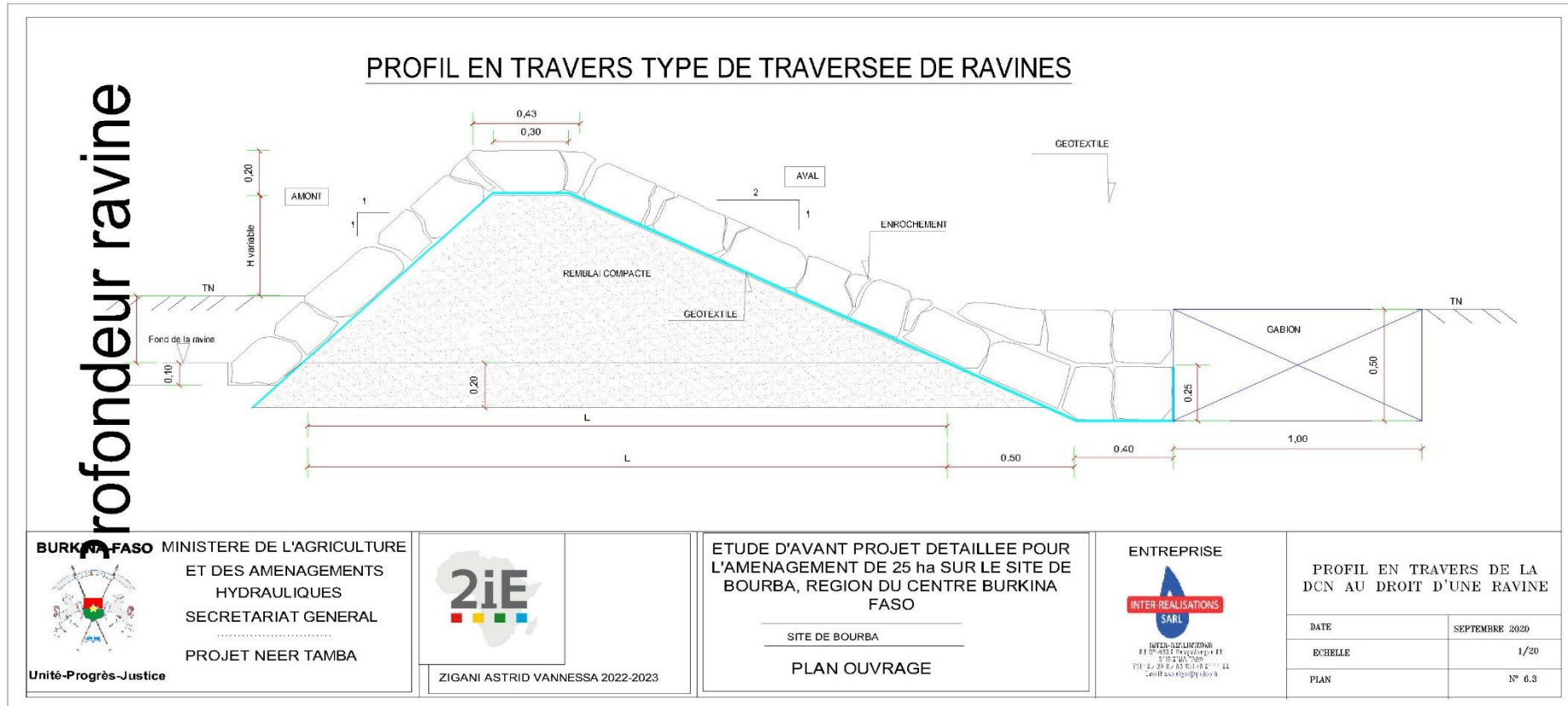
2iE
ZIGANI ASTRID VANNESSA 2022-2023

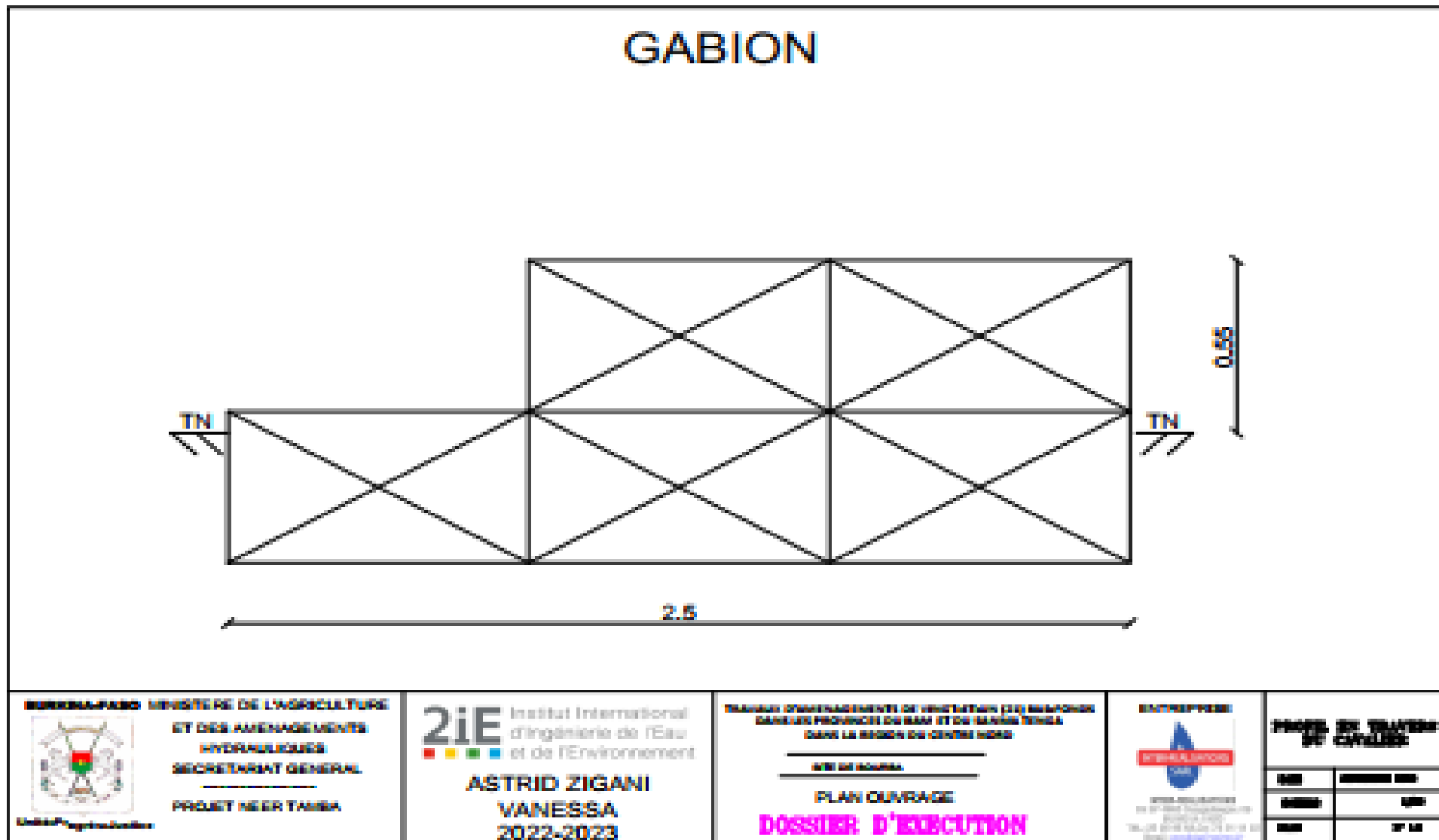
ETUDE D'AVANT PROJET DÉTAILLÉE POUR
L'AMÉNAGEMENT DE 25 ha SUR LE SITE DE
BOURBA, RÉGION DU CENTRE BURKINA
FASO
SITE DE BOURBA
PLAN OUVRAGE

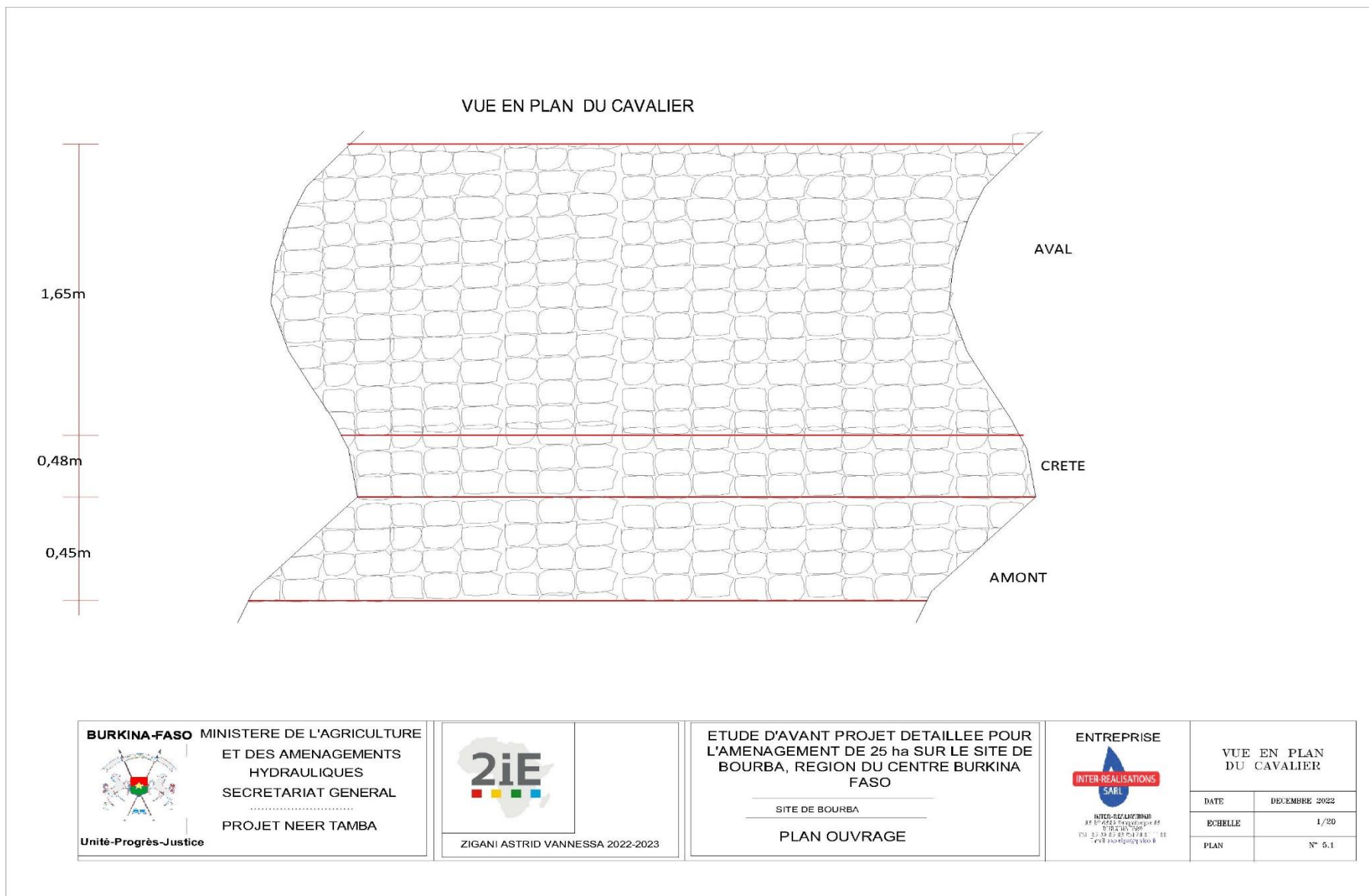
ENTREPRISE
INTER-REALISATIONS
SARL
06 57 4333 2144
06 57 4333 2144
06 57 4333 2144
06 57 4333 2144

PROFIL EN TRAVERS DE LA DCN	
DATE	DECEMBRE 2022
ECHELLE	1/20
PLAN	N° 6.3

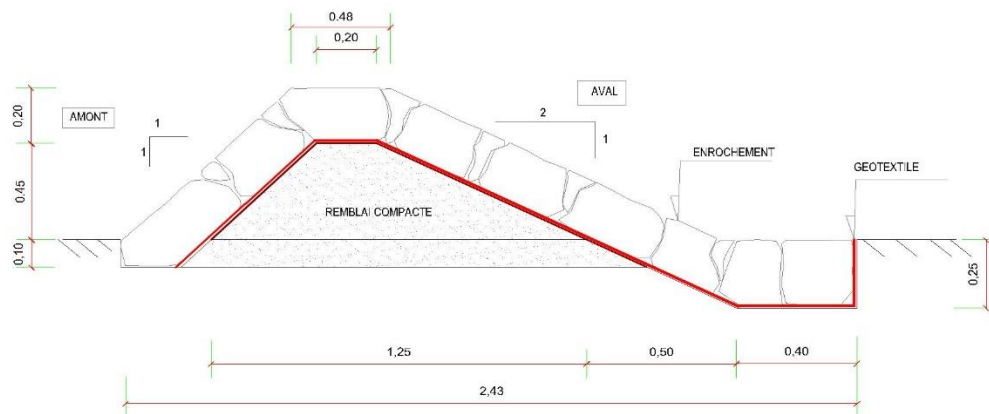









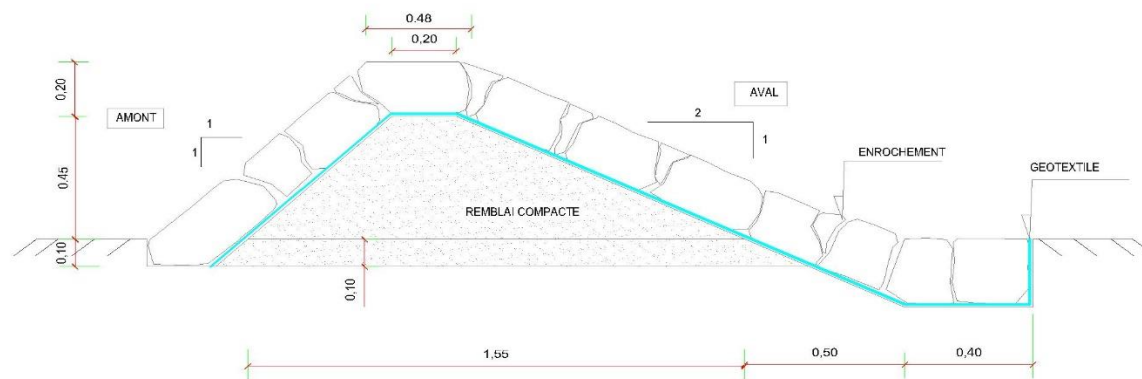


PROFIL EN TRAVERS DU CAVALIER



 <p>BURKINA-FASO MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES SECRETARIAT GENERAL PROJET NEER TAMBA Unité-Progrès-Justice</p>	 <p>ZIGANI ASTRID VANNESSA 2022-2023</p>	<p>ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLEE POUR L'AMENAGEMENT DE 25 ha SUR LE SITE DE BOURBA, REGION DU CENTRE BURKINA FASO</p> <p>SITE DE BOURBA</p> <p>PLAN OUVRAGE</p>	<p>ENTREPRISE</p>  <p>INTER-REALISATIONS SARL</p>	<p>PROFIL EN TRAVERS DU CAVALIER</p>	
				DATE	DECEMBRE 2022
				ECHELLE	1/20
PLAN	N° 5.2				

PROFIL EN TRAVERS TYPE DE CAVALIER
DISTANCE MINIMALE DE 5M ENTRE LA BUTEE AVAL DU CAVALIER ET LA RAVINE



BURKINA-FASO MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DES AMÉNAGEMENTS
HYDRAULIQUES
SECRETARIAT GÉNÉRAL
.....
PROJET NEER TAMBA

Unité-Progrès-Justice



ZIGANI ASTRID VANNESSA 2022-2023

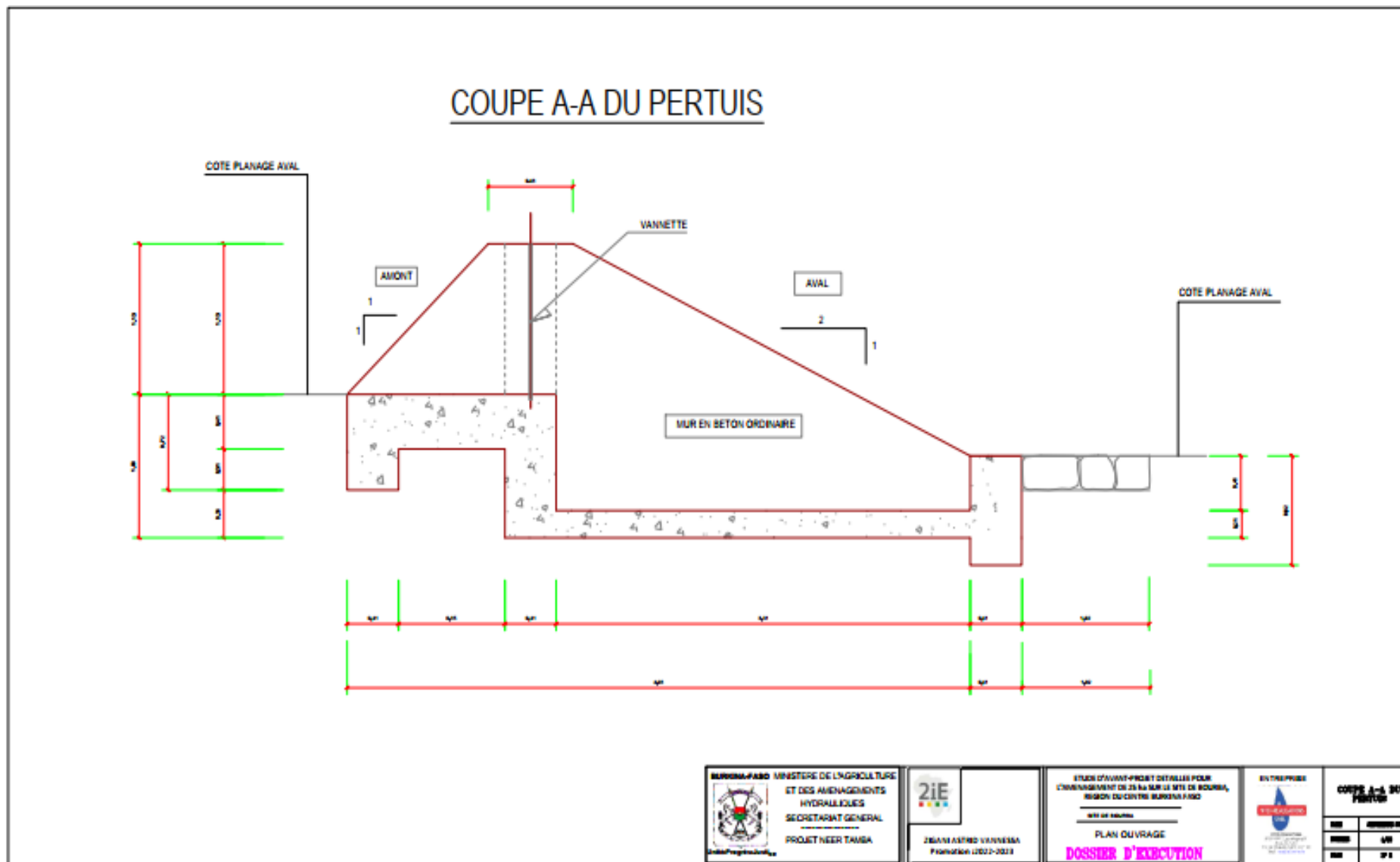
ETUDE D'AVANT PROJET DÉTAILLÉE POUR
L'AMÉNAGEMENT DE 25 ha SUR LE SITE DE
BOURBA, RÉGION DU CENTRE BURKINA
FASO

SITE DE BOURBA

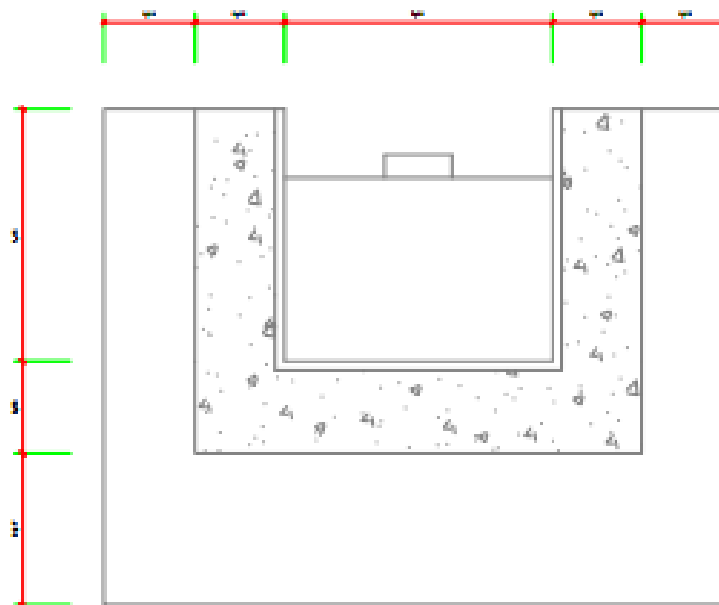
PLAN OUVRAGE

ENTREPRISE
INTER-REALISATIONS
SARL
ENTREPRISE D'AMÉNAGEMENTS
SUD - 14505 - Cotonou/Bénin
Tél : +229 22 45 48 24 25 et 11 32
- email : aménagement@inter-ri.com

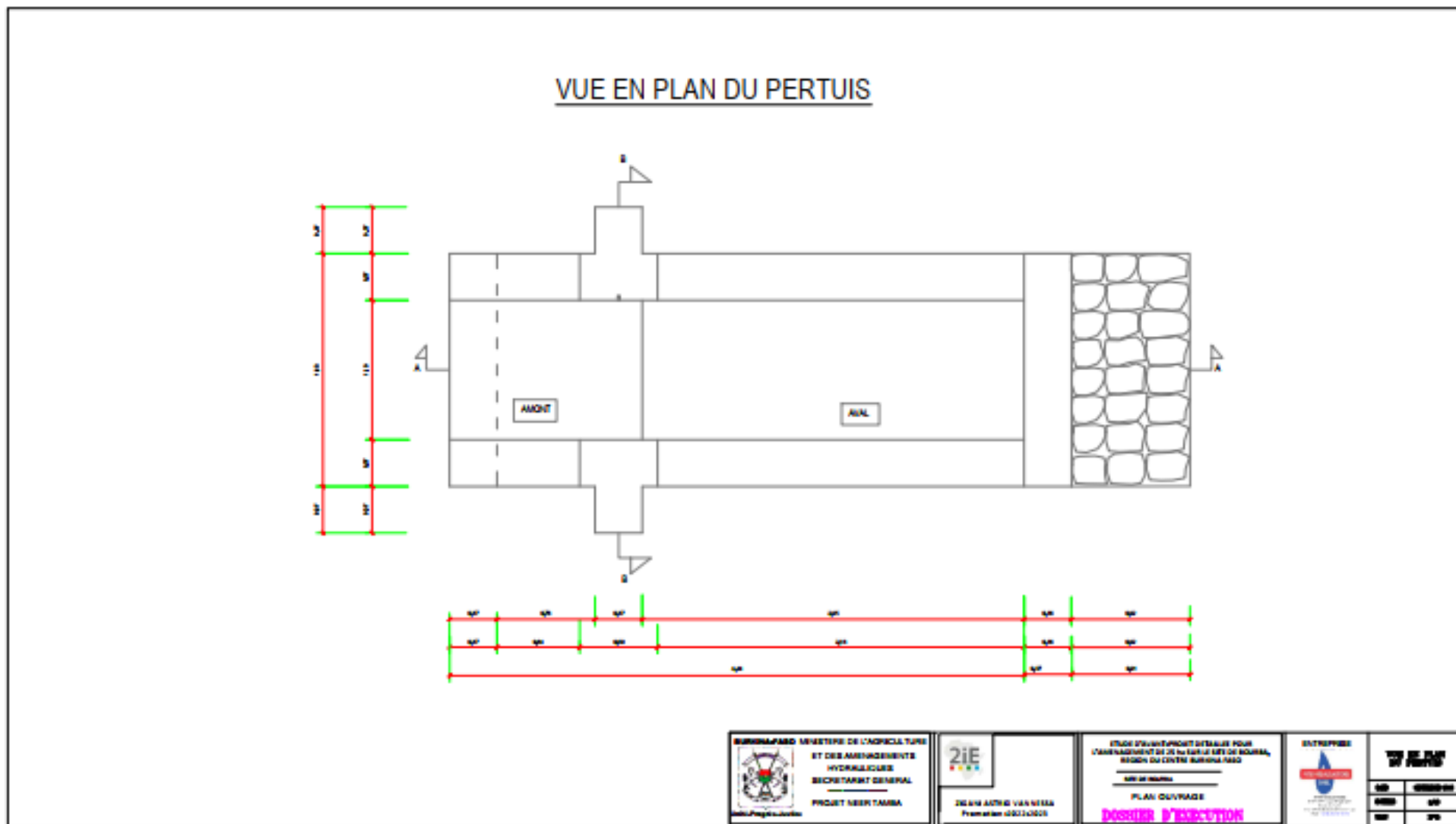
DATE	DECEMBRE 2022
ECHELLE	1/20
PLAN	N° 5.3



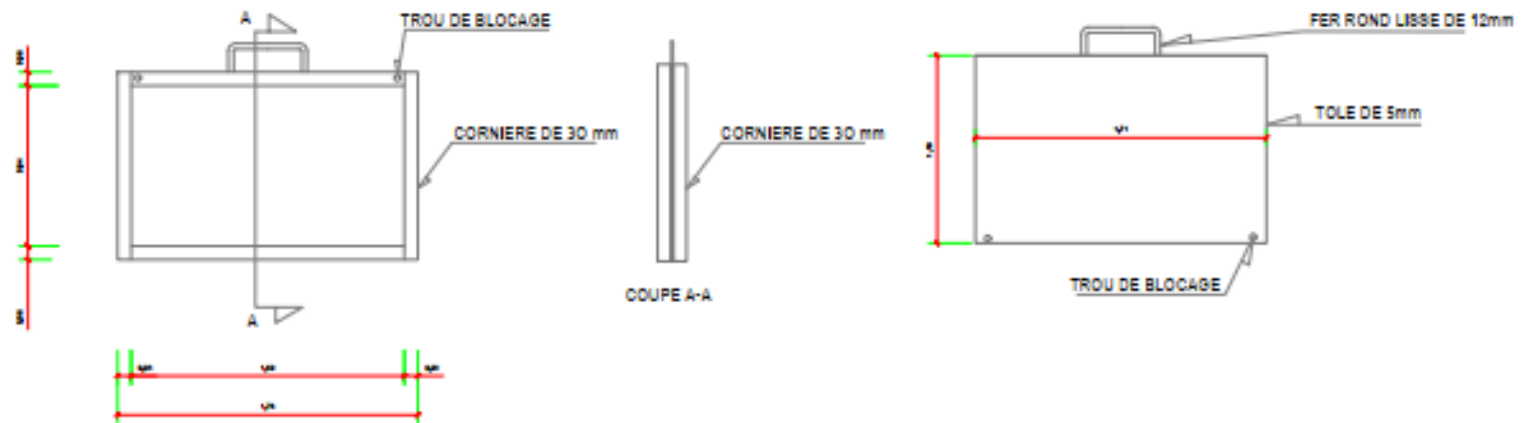
COUPE B-B DU PERTUIS



<p>MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DES PÊCHERIES HYDRAULIQUES SECURITARIAT GENERAL PROJET HIER THIBA</p>	<p>ZIGANI ASTRID VANNESSA Promotrice 2022-2023</p>	<p>ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE POUR L'AMENAGEMENT D'UN BAS-FOND DE 25ha SUR LE SITE DE BOURBA, REGION DU CENTRE BURKINA FASO</p> <p>1ère année</p> <p>PLAN D'EXECUTION</p> <p>DOSSIER D'EXECUTION</p>	<p>UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU</p>	<p>COUPE B-B DU PERTUIS</p>
				<p>DATE</p> <p>REVISION</p> <p>NO</p> <p>REV</p>



DETAILS DE LA VANNETTE DE VIDANGE



 <p>MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES SECRETARIAT GÉNÉRAL PROJET NER-TANSA</p>	 <p>ZIGANI ASTRID VANNESSA PROFESSEUR 2022-2023</p>	<p>ETUDE D'AVANT-PROJET DÉTAILLÉ POUR L'AMÉNAGEMENT DE 25 ha SUR LE SITE DE BOURBA, RÉGION DU CENTRE BURKINA FASO ART DE MAINTIEN</p> <p>PLAN OUVRAGE DOSSIER D'EXÉCUTION</p>	 <p>ENTREPRISE NATIONAL OFFICE OF AGRICULTURAL EXTENSION</p>	<p>ÉTAT DE LA VANNETTE DE VIDANGE</p>	
				<p>DATE</p>	<p>PROFESSEUR</p>

