



**CONCEPTION D'UN CANAL DE DRAINAGE POUR L'ASSAINISSEMENT
PLUVIAL DU PERIMETRE AMENAGE DU SITE DE HABA DANS LA
REGION DES HAUTS BASSINS, PROVINCE DE TUY (BURKINA FASO).**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE
DE
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

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

Présenté et soutenu publiquement le 01 Février 2022 par

FARIDA LINGANI N° 2016 0001

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Dr. Roland O. YONABA, Enseignant-Chercheur, Maître-Assistant
(CAMES), 2iE

MAITRE DE STAGE : M. Albert HODONOU, Chef de projet du Service Aménagements et Infrastructures
Rurales à l'AGETEER

STRUCTURE D'ACCUEIL : AGETEER

Jury d'évaluation :

Président : Pr. Harinaivo A. ANDRIANISA

Examineur : Dr. TAZEN FOWE

Dr. Cheick Oumar ZOURE

PROMOTION [2021/2022]

Dédicaces

Ce travail est dédié à :

Mon père

M. LINGANI LASSANE

ET à

Ma mère

Mme LINGANI SAFAURA

Remerciements

Au terme de ce travail, nous voudrions ici traduire notre gratitude envers toute personne physique ou morale qui a contribué à sa réalisation. Nous ne saurions commencer ces remerciements sans rendre grâce à ALLAH celui sans qui nous n'aurions pu effectuer ce travail.

- ❖ À l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour leur formation de qualité ;
- ❖ À mon Directeur de mémoire Dr. Roland O. YONABA, Enseignant-Chercheur à l'Institut 2iE, pour son accompagnement et sa disponibilité ;
- ❖ À mon maître de stage M. Albert HODONOU pour sa disponibilité, ses conseils et son regard scientifique à l'égard de ce travail tout au long de mon stage ;
- ❖ Au Directeur Général de l'AGETEER M. Ibrahim YANOGO ainsi que tout le personnel pour m'avoir permis de faire mon stage de fin de cycle au sein de leur structure ;
- ❖ Au Président du jury Pr. Harinaivo A. ANDRIANISA pour sa disponibilité ;
- ❖ Au Dr. TAZEN FOWE et Au Dr. Cheick Oumar ZOURE, pour leur disponibilité et pour avoir apporté des corrections à mon travail ;
- ❖ À l'ingénieur M. Cheick SANFO , PDG du bureau d'études et de formations BEICG SARL pour son accompagnement et sa disponibilité ;
- ❖ À M. David H. KIBORA, ingénieur en géomatique (Géo-information);
- ❖ À M. Borel Y. MBENG, ingénieur de conception Génie Civil pour son soutien ;
- ❖ À tout ceux qui m'ont toujours soutenue.

Recevez ma profonde gratitude...

Résumé

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du Projet d'Aménagement de 1 000 hectares de périmètres à des fins agro – sylvo – pastorales et halieutiques au Burkina. La digue de protection du périmètre aménagé du site de Haba (région des Hauts-Bassins) a été à l'origine d'une inondation des champs et des habitations situés en amont du périmètre. Cette situation a amené les populations bénéficiaires à ouvrir une brèche dans la digue pour laisser passer l'eau dans le périmètre. Cette brèche a occasionné à son tour l'inondation du périmètre, le rendant hors d'exploitation. Pour pallier ce phénomène, l'AGETEER s'est proposé d'utiliser une partie du reliquat de financement pour réaliser des travaux complémentaires d'assainissement pluvial. La présente étude s'est focalisée sur la conception d'un canal de drainage à ce titre. Pour atteindre cet objectif la méthodologie adoptée rassemble différents volets tels que : la reconnaissance détaillée du site, les travaux topographiques, les études hydrologiques et hydrauliques, les aspects environnementaux et sociaux, le calcul structural du canal de drainage et de la dalle de couverture, l'élaboration des plans d'exécution des ouvrages et élaboration des devis estimatifs. Le canal proposé, long de **1000 m**, est de section **rectangulaire**, de largeur au radier **70 cm**, et de hauteur maximale de **50 cm**, sur une **pente de 0,85%**. Une évaluation de l'impact de la réalisation des travaux sur l'environnement du projet est également jointe au dimensionnement, ainsi que des recommandations pour un fonctionnement optimal de l'ouvrage. Le coût total du projet s'élève à environ **125 413 303 FCFA**.

Mots clés :

- 1. Assainissement pluvial**
- 2. Canal de drainage**
- 3. Dimensionnement**
- 4. Périmètre aménagé**
- 5. PNACC (Programme National d'Adaptation aux changements Climatiques)**

Abstract

This study is carried within the implementation of the Project for the Development of 1,000 hectares for agro-sylvo-pastoral and halieutic purposes in Burkina Faso. The protection dyke the irrigated perimeter of the Haba site (located in the Hauts-Bassins region) has been the cause of flooding of fields and houses upstream of the area. This situation led the beneficiaries to open a breach in the dyke to allow water to pass downstream the perimeter. This breach in turn led to the flooding of the perimeter, making it inoperable. As a solution, AGETEER proposed to use part of the remaining funding to carry out additional stormwater drainage channel, which was the focus of this study. To achieve this objective, the methodology adopted brings together various steps such as: detailed site reconnaissance, topographic works, hydrological and hydraulic studies, environmental and social aspects, structural calculation of the draining channel and cover slab, elaboration of the execution plans of the works and elaboration of estimates. The proposed channel is **1000 m long**, with a **rectangular cross-section (70 cm wide by 50 cm high)**, with a slope **steepness of 0.85%**. An assessment of the impact of the works on the project's environment is also included in the design, as well as recommendations for optimal operation of the structure. The total cost of the project is approximately **125 413 303 FCFA**.

Keywords

- 1. Rainwater drainage**
- 2. Drainage channel**
- 3. Sizing**
- 4. Irrigated perimeter**
- 5. NACP**

Listes des abreviations

- ANAM** : Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso
- LPDRD** : La Lettre de Politique de Développement Rural Décentralisé
- MNT** : Modèle Numérique de Terrain de la zone d'étude
- PAN/LCD** : Plan d'Action National de Lutte contre la Désertification
- PANE** : Plan d'Action National pour l'Environnement
- PEDD** : Plan pour l'Environnement et le Développement Durable
- PER** : Programme Économique Régional
- PNACC** : Programmes Nationaux d'Adaptation aux Changements Climatiques
- PNDES** : Programme National de Développement Economique et Social
- PNE** : Plan d'Action National pour l'Environnement
- PNFS** : Politique Nationale sur la Fertilité des Sols
- SCADD** : Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable

SOMMAIRE

Dédicaces	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
Listes des abreviations	v
Listes des tableaux	viii
Listes des figures	ix
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	4
I.3 Présentation du projet	5
II. Méthodologie de conception	7
II.1 Recherche documentaire	7
II.2 Collecte et traitement des données	8
II.3 Etude hydrologique	9
II.4 Etude hydraulique	13
III. Etude de faisabilité technique	19
III.1 Etude hydrologique	19
III.2 Etude hydraulique	22
IV. Etude de faisabilité financière	28
V. Etude d'impact environnemental et social	30
V.1 Introduction	30

V.2	Cadre législatif et réglementaire de gestion environnementale et sociale.....	30
V.3	Description du projet	32
V.4	Impacts du projet sur les différents domaines de l'environnement	32
V.5	Identification des impacts	32
V.6	Evaluation des impacts	34
VI.	Plan de gestion environnementale du projet	37
	Conclusion et recommandations	40
	BIBLIOGRAPHIE	41

Listes des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques physiques du bassin versant.....	20
Tableau 2 : Calcul du débit de crue.....	22
Tableau 3 : Dimensions géométriques du canal de drainage	22
Tableau 4 : Dimensions du canal en cas de vieillissement pour $K_s = 45$	23
Tableau 5 : Dimensions du canal en cas de crue centennale Q_{100}	24
Tableau 6 : Dimensions du canal en cas de crue centennale + vieillissement	24
Tableau 7 : Devis estimatif et quantitatif	28
Tableau 8 : Matrice d'identification des impacts.....	33
Tableau 9 : Matrice d'évaluation des impacts	35
Tableau 10 : Plan de gestion environnemental.....	38
Tableau 11 : Coefficient de ruissellement dans la méthode rationnelle.....	43
Tableau 12 : Coefficient de Montana.....	44
Tableau 13 : Données Hyfranplus – pluie maximale journalière.....	44
Tableau 14 : Données HYFRAN plus-Pluie Moyenne Annuelle	45
Tableau 15 : Calcul des équations St Venant -Exner	47
Tableau 16 : Détermination de la dénivelée.....	47
Tableau 17 : Durée des impacts (Étude d'impact sur l'environnement, déc. 2012)	49
Tableau 18 : L'étendue de l'impact (Étude d'impact sur l'environnement, déc. 2012).....	50
Tableau 19 : L'intensité de l'impact (Étude d'impact sur l'environnement, déc. 2012).....	51
Tableau 20 : Grille de détermination de l'importance absolue d'un impact.....	52
Tableau 21 : Evaluation du cout du collecteur et de la dalle.....	63
Tableau 22 : Devis estimatif et quantitatif	64

Listes des figures

Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude	4
Figure 2 : Vue spatiale de la zone d'étude	6
Figure 3 : Profil rectangulaire d'un canal	13
Figure 4 : Schéma de dégradation en sortie de canal (Graf et al , 2000)	17
Figure 5 : Bassin versant de la zone d'étude.....	19
Figure 6 : Courbe d'ajustement par Gumbel.....	21
Figure 7: Dalle de franchissement.....	25
Figure 8 : Courbe d'évolution de la dégradation.....	27
Figure 9 : Courbe hypsométrique	46
Figure 10 : Coupe transversale du canal et de la dalle de couverture	60
Figure 11 : Schéma d'une coupe transversale de caniveau	61

Introduction

Le Burkina Faso est un pays dont l'économie repose sur le secteur agro-sylvo-pastoral qui contribue fortement au PIB (28 % - 31 %) national et occupe plus de 80% de la population active. Cependant, ce secteur est soumis régulièrement aux effets de la variabilité et du changement climatique tels que les sécheresses et les inondations qui impactent négativement la performance de l'économie nationale limitant ainsi le développement socio-économique du pays. Face à ces contraintes, le gouvernement du Burkina Faso, depuis plusieurs décennies, avec l'appui des partenaires techniques et financiers, a entrepris un vaste programme de mobilisation et de valorisation de la ressource en eau par l'aménagement de bas-fonds et de jardins maraichers afin d'améliorer la productivité agro-sylvo-pastorale et industrielle.

De ce fait, dans le cadre de l'appui aux Programmes Nationaux d'Adaptation aux Changements Climatiques de ses Etats membres (PNACC), la Commission de l'UEMOA a inscrit et a retenu en accord avec le gouvernement du Burkina Faso dans son Programme Économique Régional (PER), la mise en œuvre du Projet d'Aménagement de 1 000 hectares de périmètres à des fins agro sylvo-pastorales et halieutiques au Burkina Faso, à travers la réalisation et la réhabilitation de retenues d'eau et d'aménagements de périmètres irrigués et de bas-fonds.

Les études des 1000 Ha sont achevées et les restitutions ont été faites dans les différentes régions (Centre-Nord et Centre Ouest). En ce qui concerne les travaux, seulement deux sites d'une superficie totale de 261 Ha ont été aménagés compte tenu de l'enveloppe allouée. Il s'agit des sites de Napalgué (151 Ha) dans la région du centre-Nord et celui de Haba (110 Ha) dans la région des Hauts-Bassins.

La digue de protection du périmètre aménagé du site de Haba est à l'origine d'une inondation (pendant les périodes de pluies) des champs et des habitations situés en amont du périmètre. Cette situation a amené les populations bénéficiaires à ouvrir une brèche dans la digue pour laisser passer l'eau dans le périmètre. Cette brèche a occasionné à son tour l'inondation du périmètre le rendant hors d'exploitation. Pour pallier ce phénomène, l'AGETEER s'est proposé d'utiliser une partie du reliquat de financement pour réaliser des travaux complémentaires d'assainissement. La solution

projetée est de réaliser un drain en amont de la digue de protection du périmètre pour drainer les eaux en provenance vers le cours d'eau.

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

I.1 Présentation de la structure d'accueil

L'Agence d'Exécution des Travaux Eau et Equipements Rural (AGETEER), créée par le décret n° 2009-046/PRES/PM/MEF/MAHRH/MCPEA du 17 février 2009, est une Société d'Etat avec Conseil d'Administration. Elle est dotée d'une autonomie entière de gestion et fonctionne selon les règles et principes du secteur privé. L'AGETEER est sous la tutelle technique du ministère de l'eau et de l'Assainissement (MEA) et son statut est régi par un décret du 15 avril 2009. Son capital social est de 413 200 000 F CFA, divisé en 41 320 actions entièrement libérées et détenues par l'Etat du Burkina Faso.

L'AGETEER est la première et principale agence de maîtrise d'ouvrage déléguée spécialisée dans la réalisation des infrastructures hydrauliques et d'équipements ruraux au Burkina Faso. Pour ce faire, elle dispose d'un agrément TH2 relatif aux travaux d'hydrauliques et d'aménagements hydro-agricoles, d'un agrément TR2 pour les travaux de route et d'un agrément TB2 relatif aux travaux de bâtiment.

I.1.1 Mission

La mission première de l'AGETEER est d'assurer la réalisation d'ouvrages hydrauliques et d'équipements ruraux de qualité, dans les meilleures conditions de coûts, de délais, et de fournir une assistance technique adaptée aux besoins des populations rurales et des entreprises œuvrant dans le secteur, et ce, pour le compte de l'État et de tout autre donneur d'ordre public et privé, assurer le développement local.

I.1.2 Domaines d'intervention de l'entreprise

L'agence exécute à titre de maître d'ouvrage délégué, des projets et programmes de développement local, dans les principaux domaines suivants :

- ❖ Infrastructures d'hydrauliques et l'aménagement de l'espace rural (aménagement hydro-agricoles, barrages et petites retenues d'eau, puits et forages, alevinières, etc.) ;

- ❖ Equipements et constructions rurales.

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique et accessibilité

La zone d'étude du projet se situe dans la commune rurale de Haba du département de Koti, de la province de Tuy, dans la région des Hauts-Bassins au Burkina Faso. Elle est présentée sur la Figure 1. L'accès à la commune se fait de façon permanente par la route nationale N1. Ces coordonnées géographiques sont 11°24'04' Nord et 2°51'49' Ouest.

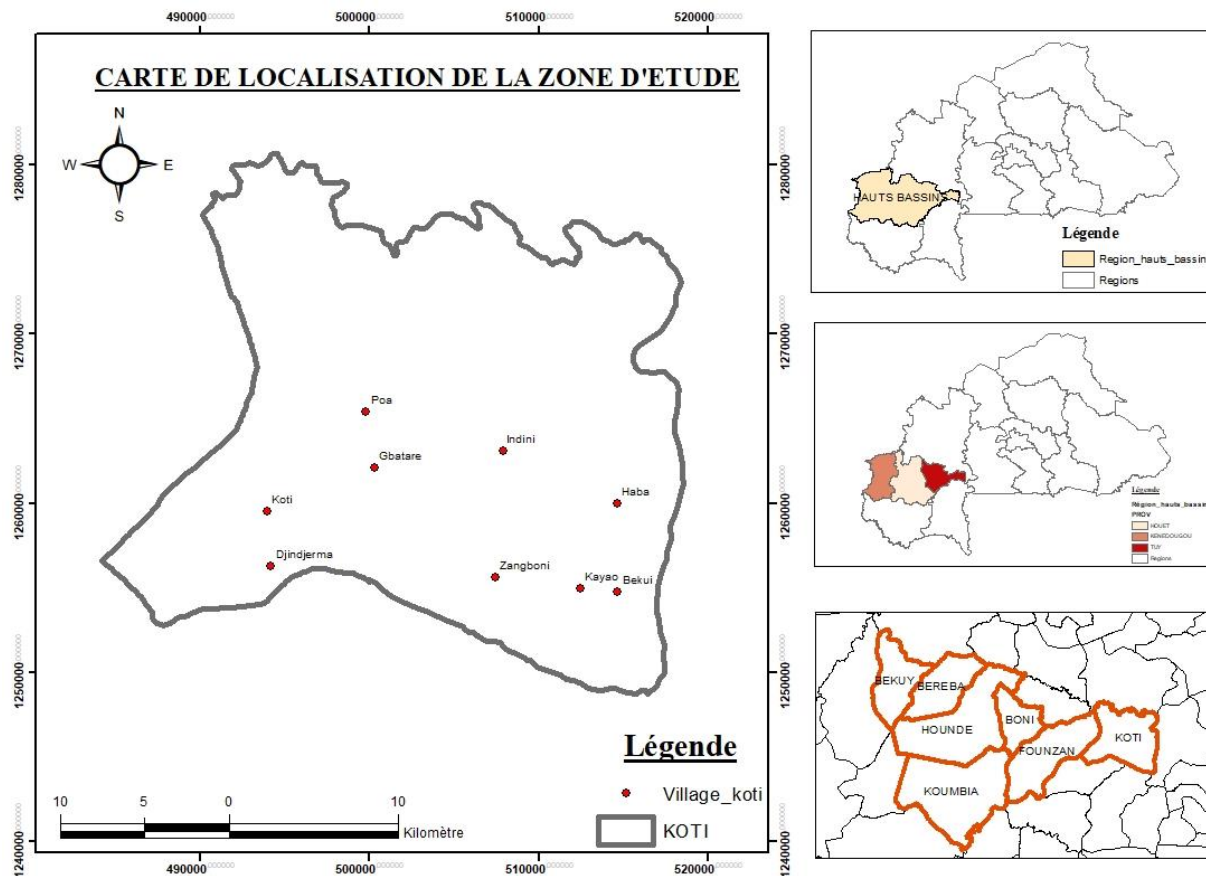


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

I.2.2 Relief et sols

Sur le plan géologique, la région des Hauts-Bassins est constituée par des éléments du socle précambrien supérieur qui repose principalement sur le bassin de Taoudéni et en matière d'hydrogéologie, les aquifères de la région sont très productifs(Conseil Régional des Hauts Bassins

s. d.). Quant au relief, il est constitué d'une succession de pénéplaines et de plateaux, mais aussi des butes et des collines avec des altitudes pouvant varier de 250 à 700 mètres.

I.2.3 Climat, végétation et hydrographie

La région est soumise au régime de climat tropical de type nord soudanien, compris entre les isohyètes de 800 mm et 1100 mm et caractérisé par l'alternance de deux (02) saisons : sèche et pluvieuse.

Selon la classification de Köppen-Geiger, le site de Haba possède un climat désertique. Sur l'année, la température moyenne à la province du Tuy est de 28.4°C et les précipitations sont en moyenne de 758,5 mm. Cependant, les effets du changement climatique sont une réalité, les précipitations sont irrégulières avec une inégale répartition dans la même campagne et d'une campagne à l'autre.

La région est l'une des plus drainées du Burkina Faso avec son réseau hydrographique composé du Mouhoun et de ses affluents dont les principaux sont : la Dienkoa, le Guenako, le Kou et le Plandi.

I.3 Présentation du projet

I.3.1 Contexte et justification

Dans le cadre de l'appui aux Programmes Nationaux d'Adaptation aux Changements Climatiques de ses Etats membres, la Commission de l'UEMOA a inscrit et a retenu en accord avec le gouvernement du Burkina Faso dans son Programme Économique Régional (PER), la mise en œuvre du Projet d'Aménagement de 1 000 hectares de périmètres à des fins agro sylvo pastorales et halieutiques au Burkina Faso, à travers la réalisation et la réhabilitation de retenues d'eau et d'aménagements de périmètres irrigués et de bas-fonds.

Le site de Haba situé dans la province du Tuy, région des Hauts-Bassins a été retenu pour l'aménagement d'un périmètre de 110 ha.

Après réception de ce périmètre de 110 ha protégé par une digue, il a été constaté une inondation en amont de la digue de protection du périmètre pendant les périodes de pluies ; afin d'y remédier

il a été jugé bon de dimensionner un chenal de drainage des eaux en début de la dépression existante pour les rediriger vers le cours d'eau présent à proximité du site.

I.3.2 Diagnostic/ Etat des lieux

Arrivée sur les lieux, il a été constaté la présence d'une brèche au niveau de la digue de protection ainsi qu'une inondation du périmètre aménagé. La population touchée par les inondations avoue avoir faite la brèche afin de laisser passer les eaux dans le périmètre dans l'objectif d'assainir leurs champs. Cette action a occasionné des inondations dans le périmètre le rendant inexploitable.

L'inondation du périmètre se produit pendant la saison pluvieuse et elle est dû à la présence de la digue de protection du périmètre aménagé qui empêche le sens d'écoulement naturels des eaux de pluies. Les eaux en provenance se sont donc retrouvées stocker dans la dépression existante se trouvant également en amont de la digue de protection, inondant ainsi les champs et concession à proximité. Voulant assainir leur champs et concession, les habitants ont jugé bon d'ouvrir une brèche dans la digue pour laisser passer l'eau. Et cette action à occasionner l'inondation du périmètre aménagé rendant impossible toutes cultures maraîchères.

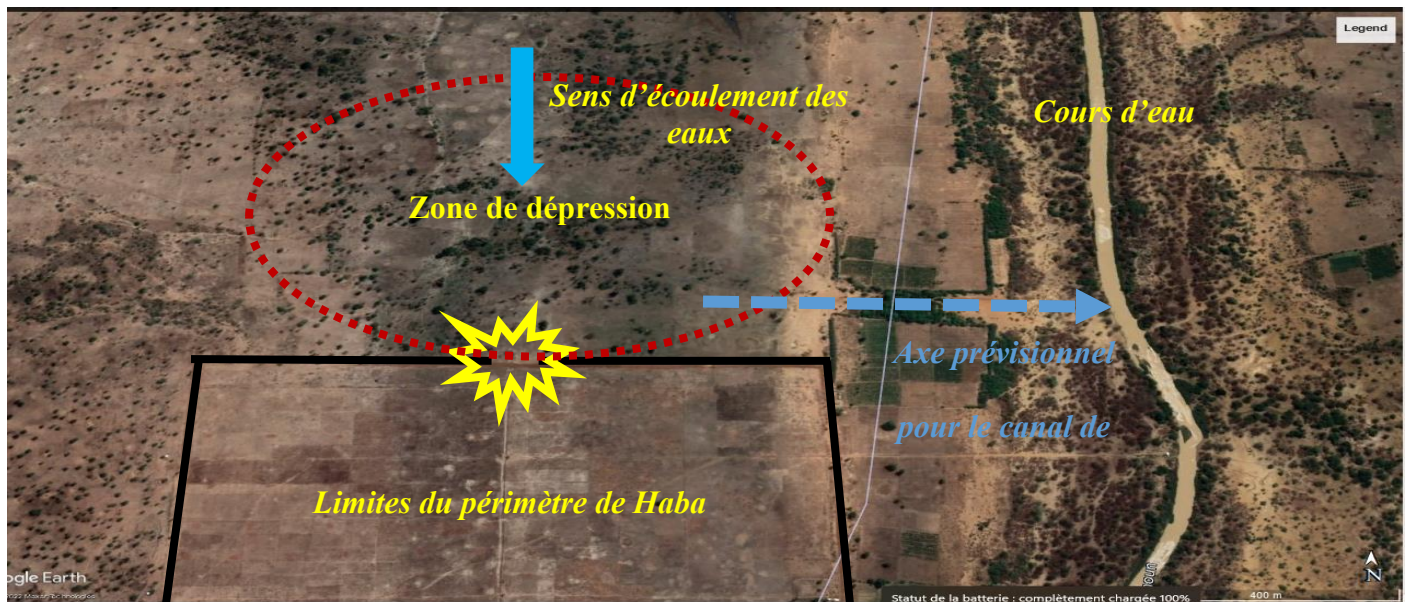


Figure 2 : Vue spatiale de la zone d'étude

I.3.3 Objectifs d'étude

I.3.3.1 Objectifs généraux

L'objectif principal de notre travail est donc de proposer un système de drainage des eaux de ruissellement extérieures au périmètre de Haba vers le fleuve Mouhoun.

I.3.3.2 Objectifs spécifiques

Ainsi, pour répondre à l'objectif principal, nous avons fixé comme objectifs spécifiques :

- Réaliser les études hydrologiques et hydrauliques ;
- Dimensionner les ouvrages de drainage ;
- Effectuer une estimation du coût du projet ;
- Faire une étude d'impact environnemental et social.

II. Méthodologie de conception

Elle a consisté à faire une recherche bibliographique, à collecter les données nécessaires pour réaliser l'étude, à faire des visites de terrain, à traiter les données acquises ; à mieux connaître les limites du terrain, les possibilités de problème de ruissèlement et d'inondation, à constater les dégâts causés à l'environnement par les eaux de ruissèlement c'est-à-dire l'érosion des sols, et à chercher d'éventuels exutoires naturels.

II.1 Recherche documentaire

Elle a consisté à la première prise de contact avec le sujet de mémoire et le contexte dans lequel il s'inscrit. Cela a permis de faire la collecte des informations et documents indispensables à la conduite de l'étude. Ainsi, des documents abordant des thèmes similaires ou ayant certains points communs avec notre sujet de mémoire ont été consultés. L'ensemble de ces documents et informations ont été obtenus auprès des structures étatiques telles que :

- ❖ L'Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso ;
- ❖ Du Centre de Documentation et d'Information de 2iE (CDI) ;
- ❖ L'Agence d'Exécution des Travaux Eau et Equipement Rural (AGETEER) ;

II.2 Collecte et traitement des données

II.2.1 Données topographiques

Son objectif est de déterminer la position et l'altitude de n'importe quel point situé dans une zone donnée.

- ❖ Collecte physique des données topographiques du projet ;
- ❖ Levés topographiques en coordonnées (x, y, z) ;
- ❖ Plan de masse de la zone du projet.

II.2.2 Données pluviométriques

La connaissance de la pluviométrie est essentielle à la réalisation d'un projet de drainage d'eaux pluviales. Les données pluviométriques recueillies sont celles relatives à la station synoptique de Boromo qui est celle étant la plus proche du site de Haba. L'analyse des pluies a été faite à partir des données pluviométriques de la station de Boromo sur un échantillon de 30 valeurs relevées de 1987 à 2017.

Les données pluviométriques permettant l'étude hydrologique de la zone pour la détermination du débit de crue ont été données par l'Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso (ANAM).

II.2.3 Traitement de données

Pour atteindre les objectifs fixés, les travaux menés ont essentiellement consisté à :

- ❖ Choisir les paramètres de dimensionnement à savoir la période de retour (T), le coefficient de ruissèlement du site, les coefficients (a) et (b) de Montana ;
- ❖ Délimiter les bassins versants ;
- ❖ Choisir la méthode d'évaluation du débit de pointe à l'exutoire ;
- ❖ Evaluer le débit de pointe généré par le bassin versant ;
- ❖ Dimensionner les ouvrages ;
- ❖ Etablir une notice d'impact environnemental ;
- ❖ Faire un cadre de devis estimatif et quantitatif ;

II.3 Etude hydrologique

II.3.1 Détermination du sens général d'écoulement des eaux de pluies

Les visites de terrains et d'examen des courbes de niveau nous ont permis de déceler le sens d'écoulement préférentiels des eaux de ruissèlement sur le site. L'analyse de ces courbes de niveaux a montré que le terrain est relativement plat.

II.3.2 Délimitation du bassin versant

Un bassin versant est un espace géographique et topographique recevant des précipitations dont les excès des eaux sont drainés vers un unique point caractéristique qui est son exutoire [Crès, 2001]. La délimitation du bassin versant du site a été faite à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT), spécifiquement les données PALSAR de la mission ALOS (JAXA), de résolution 12,5 m.

Cette délimitation a consisté à :

- ❖ Repérer les lignes de crêtes ;
- ❖ Repérer sur le plan de levé d'état des lieux du site, les points hauts puis les points bas ;
- ❖ Repérer l'exutoire ;

II.3.3 Caractéristiques du bassin versant

Le bassin versant est caractérisé par :

- **La longueur de chemin hydraulique (L)**

Le plus long chemin hydraulique dans un bassin versant est la distance que met la goutte d'eau la plus éloignée pour atteindre l'exutoire. Il est utilisé pour déterminer le temps de concentration qui servira ensuite à l'élévation du débit du tronçon via l'intensité de pluie qui est fonction du temps de concentration. Il permet de corriger l'influence de l'allongement du bassin versant du débit.

- **La pente moyenne(I)**

La pente longitudinale I est donnée par la formule suivante :

Équation 1 :

$$I = \frac{\Delta Z}{L}$$

ΔZ : C'est la dénivelée entre la courbe de niveau la plus élevée (Z Amont) et la courbe de niveau la plus basse (Z aval) sur la surface considérée suivant le sens d'écoulement des eaux.

L : la longueur de chemin hydraulique.

II.3.4 Identification des exutoires potentiels

Deux exutoires ont été identifiés lors des visites de terrain. Cette identification a tenu compte du sens d'écoulement des eaux et du plan d'urbanisation.

II.3.5 Détermination du débit de crue décennale Q_{10}

Cette partie a consisté à la présentation des différentes méthodes et paramètres d'évaluation des débits et au choix de la méthode qui va servir au calcul du débit de crue décennale Q_{10} .

II.3.5.1 Choix de la méthode et justification

II.3.5.1.1 Choix de la période de retour (T) et de la pluie de projet

La période de retour se définit comme le temps statistique entre deux occurrences d'un évènement naturel d'une intensité donnée. Elle permet de fixer le degré de sécurité de l'ouvrage. Le site est situé dans une zone rurale. Par conséquent, on a choisi une période de retour de 10 ans pour mieux protéger nos ouvrages et optimiser les coûts de réalisation. La pluie de projet est issue de l'ajustement de MONTANA qui donne les coefficients de Montana suivants pour la ville de BOBO DIOULASSO : $a = 62$ et $b = 0,9$ pour un temps de pluie ≥ 1 h (M. GUINAUDEAU et al, 1983)

Remarque : Les coefficients de MONTANA de la station de BOROMO n'étant pas disponible, nous avons décidé d'utiliser ceux de la station de BOBO DIOULASSO (station synoptique la plus proche), une ville située à 164 km de la zone d'étude.

II.3.5.1.2 La méthodologie d'évaluation du débit

Pour la détermination du débit de pointe à l'exutoire, plusieurs méthodes sont applicables, à savoir la méthode rationnelle et la méthode superficielle de Caquot.

Mais au vu des deux méthodes d'estimation de débits à exutoire, nous porterons notre choix sur la méthode rationnelle vu que les données de notre projet respectent les critères d'utilisation de cette méthode. La méthode superficielle de Caquot, elle, reste plus adaptée au cadre urbain.

❖ Méthode rationnelle

La méthode rationnelle est applicable à de petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km² (BCEOM, 1981). C'est la méthode la plus ancienne et la plus utilisée en AFRIQUE du fait de sa simplicité.

Elle prend en compte plusieurs hypothèses :

- ❖ L'intensité de l'averse est supposée uniforme dans le temps et dans l'espace sur l'ensemble du bassin drainé ;
- ❖ Le débit de pointe de l'hydro gramme de crue qui est une fraction du débit précipité ;

Équation 2

$$Q(T) = \left(\frac{1}{360}\right) * C * i(t_c, T) * A$$

Avec :

Q(T) : le débit à l'exutoire du bassin versant en m³ /s ;

C : le coefficient de ruissellement du bassin versant ;

i : l'intensité de la pluie en mm/h ;

T_c : le temps de concentration du bassin versant ;

A : la surface réceptrice du bassin versant en ha ;

II.3.5.2 Le temps de concentration T_c

Le temps de concentration T_c est le temps mis par une goutte d'eau tombant sur le point hydrauliquement le plus éloigné pour arriver à l'exutoire. Ce temps de concentration a été calculé par la formule suivante de KIRPICH :

Équation 3 :

$$t_c = \frac{1}{52} * \frac{L^{1.15}}{H^{0.38}}, (BCEOM, 1981)$$

Avec :

T_c : temps de concentration en minutes

L : longueur du chemin hydraulique qui est la distance en mètre entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin en mètre.

H : dénivelé en mètre entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin.

II.3.5.3 L'intensité de pluie i

L'intensité de la pluie est le rapport de la hauteur de pluie tombée pendant un temps égal au temps de concentration. Les coefficients de Montana de la station de BOBO-DIOULASSO ont permis d'estimer l'intensité de pluie probable à laquelle il faut se prémunir durant toute la durée de vie des ouvrages. L'intensité de la pluie est donnée par la formule de Montana (équation 4) (M. GUINAUDEAU et P. GINESTE 1983).

Équation 4 :

$$i(t) = at_c^{-b}$$

Avec a et b les coefficients de Montana

II.3.5.4 Le coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est le rapport entre le volume ruisselé parvenant à l'exutoire de la surface réceptrice et le volume précipité sur la surface réceptrice du bassin versant. Ce coefficient qui caractérise le degré de couverture et d'imperméabilité de chaque zone est un paramètre très difficile à estimer. Il dépend de la nature du sol, la pente du terrain, la catégorie d'urbanisation, etc.

On pourra déterminer les coefficients de ruissellement à partir du tableau 11 (annexe 1) donné par

II.4 Etude hydraulique

La démarche adoptée consistera à calculer la section des ouvrages, leur capacité d'évacuation des eaux mais aussi la vérification de leurs conditions d'auto-curage.

II.4.1 Choix du profil en travers de l'ouvrage

Il existe plusieurs profils pour mettre en place des ouvrages à ciel ouvert. Les avantages ou les difficultés des profils les plus couramment utilisés ont été étudiés et ont guidé au choix du profil de ce projet.

En tenant compte de la facilité de mise en œuvre et d'entretien, des sections couramment utilisées au Burkina Faso, nous avons décidé de mettre en place un ouvrage de sections rectangulaires.

❖ Le profil rectangulaire

L'exécution de ce type de profil (figure 3) ne présente pas de difficultés majeures. De plus l'entretien des ouvrages de ce profil est très facile. Cela s'observe lors d'un curage manuel des caniveaux par un personnel non qualifié. Ce profil véhicule un débit moyen et occupe moins d'espace.

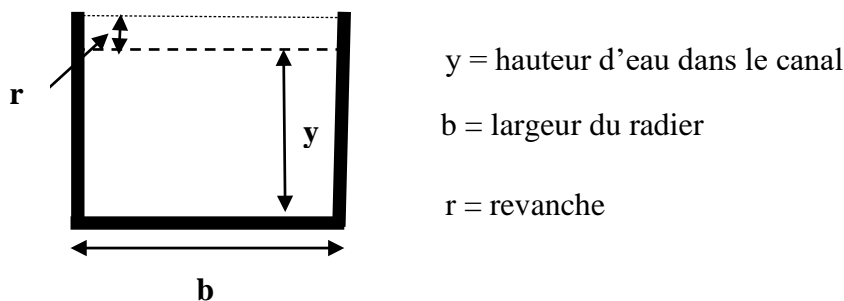


Figure 3 : Profil rectangulaire d'un canal

II.4.2 Dimensionnement du profil en travers de l'ouvrage

La détermination de la section ou de la capacité d'évacuation des ouvrages de drainage à ciel ouvert est effectuée à partir de la formule de Manning Strickler donnée par l'équation 5 :

Équation 5 :

$$Q = k_S * R h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} * S$$

Avec :

- ❖ K_s est le coefficient de rugosité ($k_s=70$ pour les canaux et parois bétonnés) ;
- ❖ R_h est le rayon hydraulique avec, $R_h = S/P$, S et P étant respectivement la section et les périmètres mouillés ;
- ❖ I est la pente longitudinale de l'ouvrage.

L'ouvrage à proposer sera à ciel ouvert. Le choix du profil pour ce projet a pris en compte les avantages et les difficultés des profils les plus couramment utilisés.

- **Calcul de la section hydrauliquement favorable**

Le tirant d'eau et la largeur au radier en section économique sont donnés par l'équation 6 :

Équation 6 :
$$y = \left(\frac{2^{\frac{2}{3}} * Q}{\lambda k_s \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad \text{et} \quad b = y(\lambda - m)$$

Avec :

λ : Facteur de forme, donné par $\lambda = 2\sqrt{1 + m^2} - m$

- **Calcul du tirant d'eau normal**

Une fois la valeur constructive de b choisie, il faut recalculer le tirant d'eau normal. Cette valeur de y_n se détermine par la méthode de la débitance (résolution itérative de l'équation de Manning-Strickler) donnée par :

Équation 7 :
$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = k_s * S(y) * R_h^{\frac{2}{3}}(y) = D(y)$$

y_n : le tirant d'eau normal en m

Q : le débit en [m³/s]

S(y) : la section mouillée en [m²]

$P(y)$: le périmètre mouillé en [m]

$Rh(y)$: le rayon hydraulique en [m]

k_s : le coefficient de rugosité de Manning-Strickler

- **Calcul de la revanche**

La revanche est une hauteur qui s'ajoute à la hauteur du tirant d'eau normal du caniveau pour donner la hauteur totale de l'ouvrage. Elle correspond à un béton de couronnement que l'on coule au-dessus du caniveau de hauteur y_n et permet aux ouvrages de garder une certaine sécurité même en cas de crues exceptionnelles.

Dans le cas de cette étude, la revanche a été déterminée en première approximation par la formule de Lacey :

Équation 8 :

$$r = 0,2 + 0,15 \times Q^{1/3}$$

La valeur finale de la revanche à adopter sera fonction de la valeur calculée mais aussi de la capacité du canal à évacuer le débit en situations exceptionnelles hypothétiques. Dans le cas de cette étude, nous avons considéré un éventuel vieillissement du canal (portant la rugosité à $K_S = 45 \text{ [m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}\text{]})$ où la survenue d'un débit de crue centennale (Q_{100}). Dans ces deux cas, nous vérifions simplement que la revanche finale adoptée est capable d'écouler les hauteurs d'eau obtenues dans ces scénarios extrêmes.

II.4.3 Choix du revêtement du canal

Compte tenu de la constitution géologique dans la zone et en vue de limiter la dégradation des ouvrages par l'érosion, il est généralement retenu le principe de protéger les parois et le fond des caniveaux par des revêtements. Il existe une très grande variété de matériaux qui sont utilisés pour la construction des caniveaux au Burkina Faso. Les plus couramment utilisés sont : les parpaings pleins, les bétons (béton ordinaire, béton armé, béton de cyclopéen), et les maçonneries de moellons (latéritiques, gréseux, granitique...).

- ❖ **Le parpaing plein**

Il s'agit de protéger les parois des caniveaux par des briques pleines en ciment. Le coût d'investissement de même que la durabilité est faible.

❖ **La maçonnerie de moellons**

L'utilisation des moellons dans la construction des caniveaux nécessite un sol support résistant et la disponibilité des matériaux à proximité de la zone du projet. Il est relativement moins coûteux mais présente des difficultés pour la pose des dalettes. De plus, la mise en œuvre qui se fait manuellement nécessite une forte main d'œuvre.

❖ **Revêtement en béton armé**

Il s'agit de protéger les parois des caniveaux du béton renforcé d'une armature à l'intérieur. Il est durable et la mise en œuvre est très facile. Son coût est relativement élevé. Le choix du type de revêtement tient compte de plusieurs facteurs : le débit des eaux, les sections, la vitesse d'écoulement, du niveau d'imperméabilisation voulu, du fruit de berge choisi, de la fréquence d'entretien à prévoir et du coût de réalisation.

Pour notre canal, nous avons retenu un revêtement en béton armé serait le mieux adapté du fait de sa durabilité et de sa capacité à pouvoir évacuer de grands débits.

II.4.4 Ouvrage de franchissement

Pour des raisons de sécurité et d'accessibilité des sites, il est prévu un ouvrage de franchissement puisque l'écoulement se fait en surface libre. Le dimensionnement d'un dalot décrit conformément par la méthode recommandée dans le BCEOM aurait été l'ouvrage de franchissement le mieux adapté pour faciliter le passage des riverains. Mais, au vu des dimensions du canal, nous choisissons de dimensionner une dalle de franchissement à la place du dalot.

II.4.5 Protection contre l'érosion en sortie du canal

Les eaux qui transiteront dans le canal seront rejetées dans la nature à une certaine distance du cours d'eau (précisément à 250 m). Cette action est susceptible de générer de l'érosion (surcreusement) à la sortie du canal comme le montre la figure 4. Au bout d'un certain temps une dégradation du lit en aval débutera, et on constatera dans le canal un abaissement de la côte du fond

du lit et de la surface de l'eau. Une protection en aval du canal est donc prévue pour éviter cette dégradation (baisse du point fixe en aval), en ancrant la fin du canal dans le terrain naturel par une bêche.

La profondeur de cette bêche est à évaluer via la profondeur maximale de dégradation (surcreusement Δh) observée en sortie du canal. Cette profondeur peut être obtenue par un calcul d'évolution de fond de lit, en considérant une section naturelle égale à la largeur du canal, une pente d'écoulement similaire et une rugosité de fond définie par un matériau granulaire uniforme, de diamètre moyen $d_m \approx d_{50} \approx 1 [mm]$ (le terrain naturel étant à dominance sableuse). On considère aussi que la dégradation (évolution du fond du lit) va évoluer jusqu'au cours d'eau, et s'arrêter lorsque la longueur de dégradation sera égale à 250 [m]. La Figure 4 présente le schéma du fond du lit (en sortie du canal) en état de dégradation et la figure 5 représente l'illustration sur terrain de la sortie du canal susceptible d'être érodé.

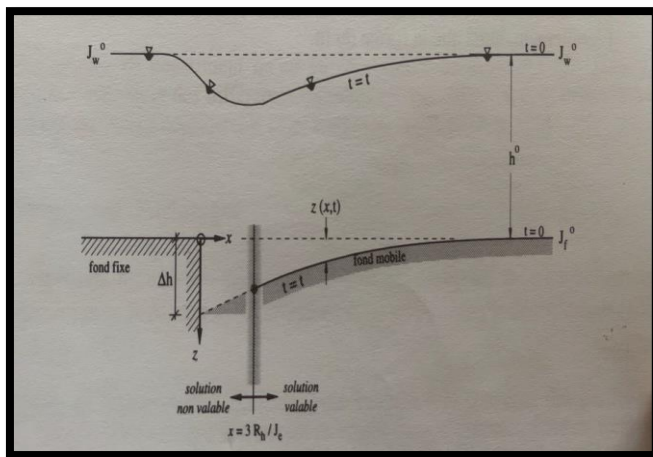


Figure 4 : Schéma de dégradation en sortie de canal (Graf et al , 2000)

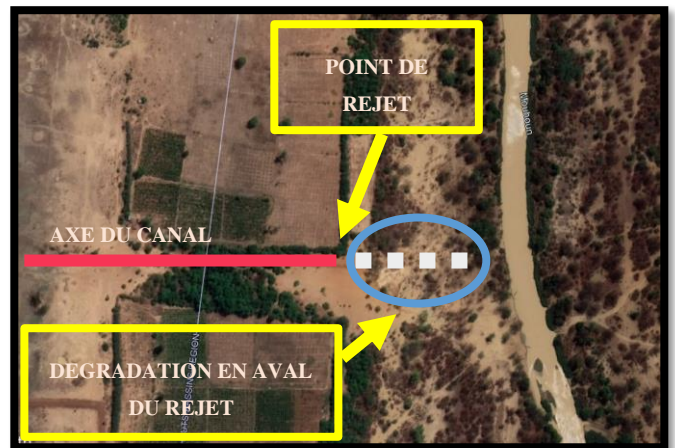


Figure 5 : Illustration de sortie du canal

Les équations de *Saint-Venant et Exner* sont un modèle d'étude analytique du problème de dégradation. Ces équations sont ainsi définies :

Équation 9 :

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial t} + y \frac{\partial U}{\partial x} + U \frac{\partial y}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} + g \frac{\partial z}{\partial x} = -gj_{(y,U,x)} \\ \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{(1-p)} \left(\frac{\partial q_s}{\partial x} \right) = 0 \end{cases}$$

Dans ces équations, U représente la vitesse d'écoulement, y la hauteur d'eau, z la côte du fond du lit, q_s le débit solide transporté et p la porosité des grains. Pendant la phase de dégradation l'écoulement est fluvial et considéré comme quasi uniforme. Le calcul, pour être valide, doit se faire sur une longueur supposée assez grande ($L \geq 3R_h/j$). Une des solutions des équations de Saint-Venant et Exner est le modèle parabolique qui s'exprime par l'équation 10 suivante :

Équation 10 :

$$\frac{\partial z}{\partial t} - K \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0$$

$$\text{Avec } \begin{cases} K = \frac{1}{3} * q_s * b_s * \frac{1}{1-p} * \frac{1}{j_o} \\ \text{et} \\ b_s = 5.04 \\ j_o \approx i \text{ (pente du fond)} \end{cases}$$

$$\text{Avec les conditions : } \begin{cases} \text{à la limite : } z(\forall x, t = 0) = 0 \text{ et } z(x \rightarrow +\infty, t) = 0 \\ \text{initiale : } z(x = 0, t \rightarrow +\infty) = \Delta h \end{cases}$$

La solution du modèle parabolique est donnée par l'équation 11 ci-dessous :

Équation 11 :

$$z_{(x,t)} = \Delta h \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{Kt}} \right)$$

III. Etude de faisabilité technique

III.1 Etude hydrologique

III.1.1 Détermination des paramètres physiques du bassin

La délimitation du bassin versant s'est faite à l'aide du logiciel ARCGIS et la représentation ci-dessous par le logiciel GOOGLE EARTH. Les illustrations de la figure 6 montre le périmètre aménagé, le fleuve, le bassin versant drainant les eaux de la zone du projet ainsi que la dépression.

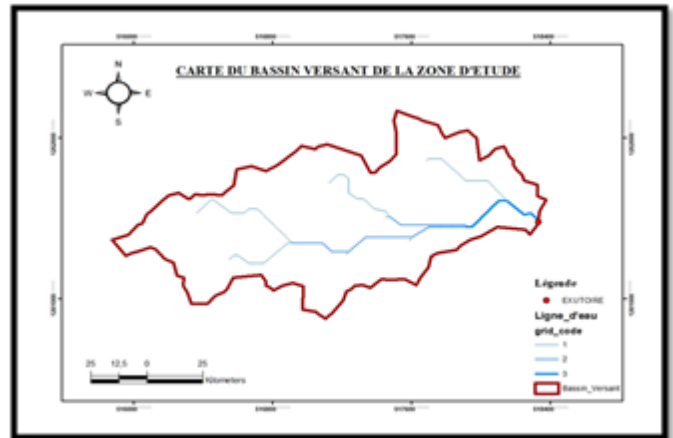


Figure 6 : Vue spatiale du bassin versant du site de Haba

Figure 7 : Carte de délimitation du bassin versant du site de Haba

III.1.2 Caractéristiques physiques du bassin versant

La détermination des caractéristiques du bassin a consisté à évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à la mise en œuvre de la méthode proposée. Les résultats des calculs des caractéristiques physiques du bassin versant sont résumés dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Caractéristiques physiques du bassin versant du site de Haba

<u>Paramètres (unité)</u>	<u>Valeurs</u>
Surface du bassin versant (km ²)	1.58
Périmètre du bassin versant (km)	7.23
Longueur du rectangle équivalent (km ²)	3.10
Largeur du rectangle équivalent (km)	0.5
Indice de compacité (m/km)	1.62
Pente global (m/km)	6.77
Pente transversale (m/km)	4.21
Pente globale corrigé (m/km)	5.49
Pente longitudinale (m/km)	0.009
Dénivelée spécifique (m)	8.52

Les données obtenues nous montrent que le relief de la zone est faible avec des zones juger assez imperméables donc de classe RI et un bassin versant drainant les eaux de forme allongée.

III.1.3 Analyses statistiques des pluies

III.1.3.1 Pluviométrie maximale journalière

Pour cette étude, nous nous sommes servis des pluies maximales journalières enregistrées par l'Agence Nationale de la Météorologie à la station synoptique de Boromo. Ces données ont été ajustées à la loi de GUMBEL.

La courbe d'ajustement est obtenue à partir du traitement des données pluviométriques par le logiciel HyfranPlus.

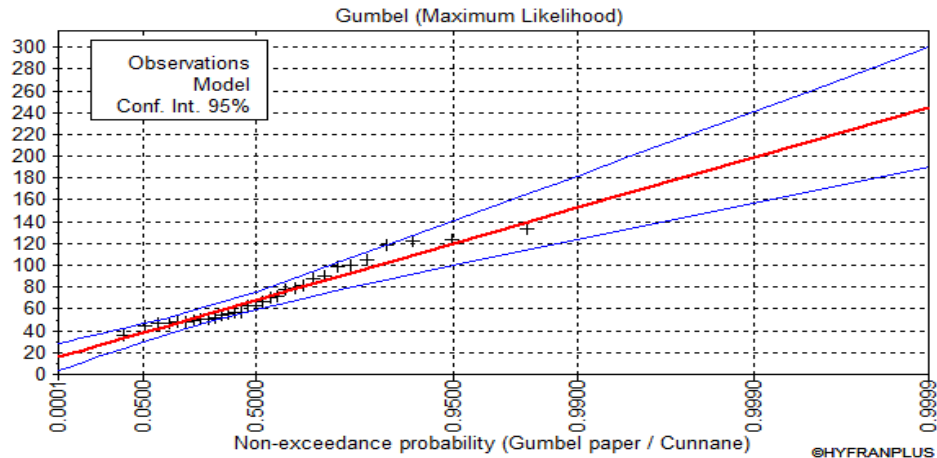


Figure 8 : Courbe d'ajustement par Gumbel

La synthèse de cette analyse donne les résultats suivants :

- Pluie journalière quinquennale humide = 90.4 mm
- Pluie journalière décennale humide = 105 mm
- Pluie journalière centennale humide = 153 mm

III.1.3.2 Débit de crue (Q_{10})

La crue qui est caractérisée par un débit de fréquence rare exprime une augmentation instantanée du volume d'eau qui transite par le cours d'eau. La crue du projet adoptée est celle que l'ouvrage doit être capable d'évacuer sans dommage. Compte tenu des caractéristiques du bassin, l'ouvrage de Haba sera dimensionné pour évacuer au moins la crue décennale, c'est-à-dire la crue susceptible d'arrivée au droit du site une fois tous les 10 ans.

Après calcul on obtient un débit de crue Q_{10} de $0.24 \text{ m}^3/\text{s}$. Tous les calculs sont résumés dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Calcul du débit de crue

<u>Paramètres (unité)</u>	<u>Valeurs</u>
Longueur chemin hydraulique Lh (m)	2338.24
Dénivelée H (m)	20
Temps de concentration (mn)	46.11
Intensité de pluie (mm/h)	78.57
Coefficient de ruissellement	0.7
Débit Q₁₀ [m³/s]	0.24

III.2 Etude hydraulique

Le canal recueille les eaux venant directement des zones environnantes. Les sections du canal seront proposées rectangulaires car leur mise en œuvre est très facile. La section de l'ouvrage hydraulique à projeter est déterminée en fonction du débit calculé et correspondant au bassin versant à drainer. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3 :

Tableau 3 : Dimensions géométriques du canal de drainage

<u>Paramètres (unité)</u>	<u>Valeurs</u>
<i>b (m)</i>	0,70
<i>ks</i>	70
<i>i</i>	0,0085
<i>Q (m³/s)</i>	0,24
<i>y (m)</i>	0,21
<i>H (m)</i>	0,51
<i>Revanche r (m)</i>	0,30
<i>V (m/s)</i>	1,65

On obtient un canal rectangulaire de dimensions largeur au radier $b = 70$ cm et de hauteur maximale $H = 51$ cm avec une vitesse V de 1.65 m/s respectant les conditions de vitesse limite maximale en fonction de la nature de la canalisation pour éviter l'érosion.

Afin d'être sûr de la bonne tenue du canal dimensionné, on a simulé plusieurs conditions dans lesquelles le canal pourrait se retrouver par exemple en cas de vieillissement ($k_s = 45$) et de crue extrême (Q_{100}) comme le montre les tableaux 4, 5, et 6.

✚ Scénario 1 : Cas de vieillissement ($k_s = 45$)

En cas de vieillissement du canal c'est-à-dire avec une rugosité de béton k_s de 45, il est à prévoir une augmentation du tirant d'eau et une réduction de la vitesse d'écoulement. Les résultats sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Dimensions du canal en cas de vieillissement pour $K_s = 45$

<u>Paramètres (unité)</u>	<u>Valeurs</u>
Q (m^3/s)	0,24
k_s	45
i	0,0085
b (m)	0,70
y (m)	0,28
V (m/s)	1,20

✚ Scénario 2 : En cas de crue centennale Q_{100}

Le débit pour une crue extrême Q (100) a été obtenu par la formule $Q_{100} = c \cdot Q_{10}$. Le coefficient majorateur a été pris $c = 2$ (Dr H. A. ANDRIANISA 2017). En cas de survenue de cette crue extrême, il est à prévoir une augmentation de la hauteur d'eau et une hausse considérable de la vitesse. Les calculs sont résumés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Dimensions du canal en cas de crue centennale Q_{100}

<u>Paramètres (unité)</u>	<u>Valeurs</u>
Q (m^3/s)	0,48
ks	70
i	0,0085
b (m)	0,70
y (m)	0,34
V (m/s)	2,00

✚ Scénario 3 : En cas de vieillissement et de crue centennale

On a observé également dans le tableau 6, un bon fonctionnement du canal même en cas de pluie extrême et de vieillissement du canal c'est-à-dire $Ks = 45$.

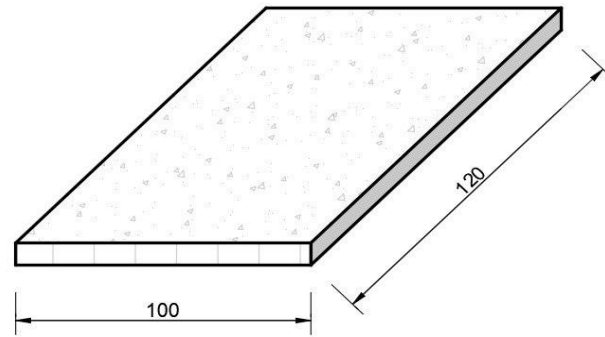
Tableau 6 : Dimensions du canal en cas de crue centennale + vieillissement

<u>Paramètres (unité)</u>	<u>Valeurs</u>
Q (m^3/s)	0,48
ks	45
i	0,0085
b (m)	0,70
y (m)	0,48
V (m/s)	1,43

III.2.1 Dimensionnement de la dalle de franchissement

Il avait été prévu de dimensionner un dalot comme ouvrage de franchissement, mais au vu des dimensions du canal obtenues ($y = 21$ cm, $b = 70$ cm, $H = 50$ cm) qui sont modestes, on a donc décidé de placer une dalle de franchissement pour faciliter le passage des populations.

Après calcul, on obtient une dalle de franchissement de dimension $120 \times 100 \times 10$.



Dalle de franchissement
100 x 120 x 10

Figure 9: Dalle de franchissement

III.2.2 Protection contre l'érosion en aval du canal

Pour une bonne évaluation de l'érosion, il faudrait déterminer le pouvoir de transport de solide des eaux qui transiteront le canal. Pour se faire, il faudrait vérifier la relation entre τ * et τ_{cr}^* par la formule de Manning Strickler.

❖ Paramètre de rugosité K_s

Équation 12 : formule de Strickler

$$K_s \approx \frac{21.1}{d_{50}^{1/6}}$$

Le sol du site étant à dominance sableuse on a $d_m = 1\text{mm}$

Granulométrie est uniforme c'est-à-dire : $d_m \approx d_{50}$

On obtient $K_s = 67$

❖ Calcul du paramètre de Shields

Équation 13 : formule de Shields

$$\tau^* = \frac{R_h * i}{(S_s - 1)d_m}$$

$$\text{Pour } \begin{cases} Q = 0.24 \text{ m}^3/\text{s} \\ K_s = 67 \\ \tau_{cr}^* \approx 0.047 \\ i = 0.009 \\ b = 0.3 \text{ m} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} y_n = 0.52 \text{ m} \\ Fr = 0.6 \\ R_h = 0.12 \text{ m} \end{cases} \text{ on obtient } \tau^* = 0.66 > \tau_{cr}^*$$

Conclusion : on peut dire qu'il y'a transport car $\tau^* > \tau_{cr}^*$

❖ **Calculons le débit solide total**

Équation 14: formule de Engelund et Hansen (1963)

$$q_s = 0.05 \sqrt{g(s_s - 1)d_m^3} * \left(\frac{K_s^2 * R_h^{\frac{1}{3}}}{g}\right) \tau^{*5/2}$$

$$\underline{q_s \approx 4,827 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}}$$

On peut alors calculer K en faisant l'hypothèse que $p(\text{porosité}) \approx 0.35$

$$\text{Équation 15 : } K = \frac{1}{3} * q_s * b_s * \frac{1}{1-p} * \frac{1}{j_o} \text{ avec } j_o \cong i$$

$$\underline{K = 0.134}$$

La longueur de dégradation est connue (fin canal – entrée cours d'eau)

$L_d = 250 \text{ m}$, hors par définition :

$$\text{Équation 16 : } L_d \approx 3.605 \sqrt{K \Delta T} \text{ avec } \Delta T = 35769.2 \text{ s}$$

La profondeur creusée à la sortie du canal est donnée par l'équation 17 :

Équation 17 :

$$\Delta h = \frac{K_s * \Delta T}{1.13(1 - p)\sqrt{K\Delta T}}$$

$$\Delta h = 0.34 \text{ m}$$

Les calculs sont résumés dans le tableau 15 à l'annexe 02

On obtient donc la figure 8 qui montre l'évolution de la dégradation ainsi que les limites de pose gabions pour protéger l'ancrage de l'érosion.

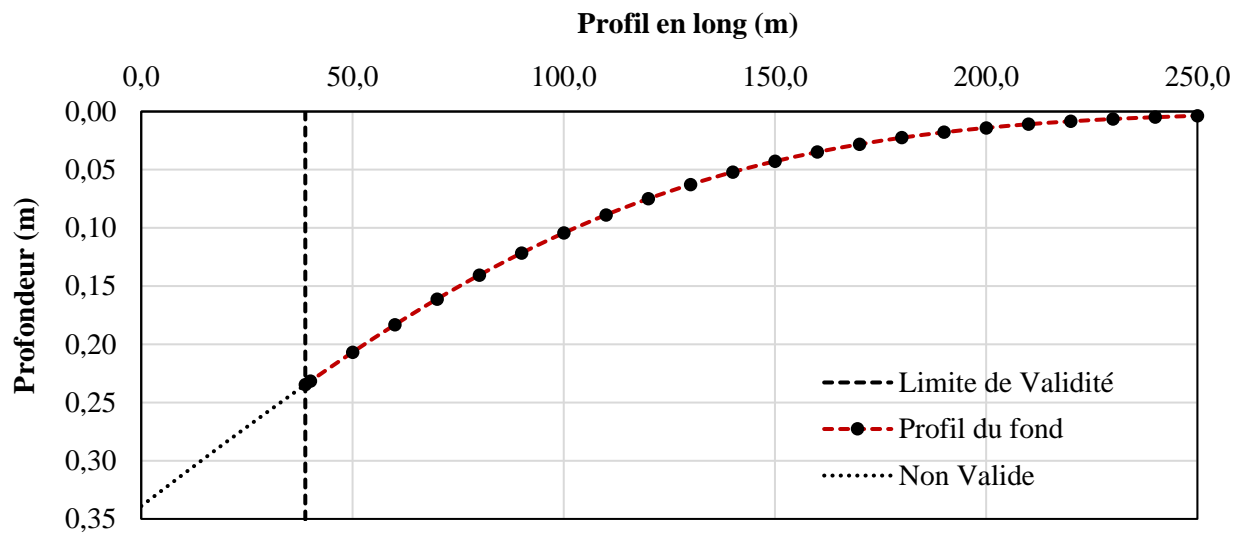


Figure 10 : Courbe d'évolution de la dégradation

IV. Etude de faisabilité financière

Le devis estimatif d'un ouvrage est élaboré à partir du devis quantitatif, qui permet d'avoir une idée du coût de réalisation des ouvrages. Il est obtenu à partir des prix unitaires de mise en œuvre des ouvrages. Les prix unitaires dans le cadre de l'étude financière ont été fixés en considérant la moyenne de prix généralement utilisée dans la mercuriale de l'année 2021 du Burkina Faso. Une évaluation judicieuse du devis quantitatif et estimatif est nécessaire en vue d'établir des bénéfices équitables pour l'entreprise sans surprises entre une estimation avant construction et le montant réel à payer et d'éviter un prolongement de temps de réalisation des ouvrages.

En ce qui concerne la dalle de couverture, le prix d'une dalle a été estimée en tenant compte du béton armé employé dans la confection ainsi que de la main d'œuvre. Le tableau 7 résume le devis quantitatif et estimatif réalisé.

Tableau 7 : Devis estimatif et quantitatif

<i>N° des prix</i>	<i>Désignations</i>	<i>Unité</i>	<i>Quantités</i>	<i>Prix unitaire (FCFA)</i>	<i>Prix total (FCFA)</i>
A	INSTALLATION SERVICE				
	Installation de chantier	ff	1	5 000 000	5000000
	Installation des bureaux et équipement de la mission de contrôle	ff	1	15 000 000	15000000
	Amené et repli du matériel de chantier	ff	1	5 000 000	5 000 000
	Sous total A				25 000 000
B	TRAVAUX PREPARATOIRES				
	Débroussaillage et nettoyage des emprises des ouvrages	ff	1	860 000	860 000
	Abattage d'arbre	ff	50	40 000	2 000 000
	Implantation des collecteurs et des dalots	ff	1	800 000	800 000
	Sous total B				3 660 000
C	CANIVEAU ET DALLE				
	Béton armé du caniveau	m ³	0,40	150000	60 000
	Déblai + évacuation en décharge	m ³	1.98	4000	7 903.72
	Béton de propreté	m ³	0,055	70000	3 850
	Prix d'un ml de collecteur	m ³			71 753.72
	Fournitures et pose gabion	m ³	13,192	17500	230 860

Conception d'un canal de drainage pour l'assainissement pluvial du périmètre aménagé de Haba

<i>N° des prix</i>	<i>Désignations</i>	<i>Unité</i>	<i>Quantités</i>	<i>Prix unitaire (FCFA)</i>	<i>Prix total (FCFA)</i>
	Sous total				72 022 460
D	Suivi et surveillance				
	Surveillance / control des travaux	Mois	6	600000	3 600 000
	Suivi des plantations d'arbres	Campagne	2	1000000	2 000 000
	Sous total D				5 600 000
	Montant HTVA				106 282 460
	TVA (18%)				19 130 843
	Montant Total TTC				125 413 303

V. Etude d'impact environnemental et social

V.1 Introduction

La présente Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES), relative au projet de réalisation des ouvrages de drainage dans le village de HABA a été réalisée dans le but d'apporter une connaissance détaillée des enjeux environnementaux du projet et des mesures d'atténuation des impacts négatifs associées à la mise en œuvre dudit projet. Le projet est situé dans la commune de Koti, région des Hauts-Bassins (Burkina Faso).

L'EIES a été réalisée conformément aux dispositions du code de l'environnement en vigueur au Burkina Faso et dans le strict respect de la réglementation en vigueur en matière de protection de l'environnement. Elle vise à apprécier et évaluer les effets directs ou indirects, à court, moyen et longs termes des activités liées au projet sur l'environnement, mais aussi s'assurer que les mesures nécessaires seront prises en vue de maintenir les impacts potentiels du projet à des niveaux de seuils environnementaux acceptables.

V.2 Cadre législatif et réglementaire de gestion environnementale et sociale

Les problèmes environnementaux auxquels le Burkina Faso est confronté ces dernières décennies ont conduit à la mise en place d'un cadre institutionnel et juridique qui a permis d'élaborer des textes législatives et réglementaires qui visent le respect de l'environnement et des principes du développement durable. Les principales lois et les textes sur lesquels se fondent les textes relatifs aux Etudes d'Impacts Environnementale (EIE) et l'élaboration des Notices d'Impacts Environnementales (NIE) répondent à des dispositions en vigueur au Burkina Faso. Le code de l'environnement tel qu'il est appliqué au Burkina Faso se fonde sur les principes fondamentaux de préservation de l'environnement ainsi formulés (article 2 de la loi n°005/97/ADP du 30 janvier 1997) :

- ❖ La lutte contre la désertification ;
- ❖ L'assainissement et l'amélioration du cadre de vie des populations urbaines et rurales ;
- ❖ La mise en œuvre des Accords Internationaux ratifiés par le Burkina Faso en matière de préservation de l'environnement ;
- ❖ La préservation et la gestion des catastrophes.

Les principales lois et les textes sont complétés par des approches pratiques (approches participatives) de mise en œuvre des projets, ceci dans le souci de l'atteinte effective des objectifs recherchés. L'étude a également pris en compte les autres aspects du cadre réglementaire en vigueur au Burkina Faso à travers :

- ❖ Le décret n°2015 1187 /PRESTANS / PM / MERH / MATD / MME / MS / MARHASA / MRA / MICA/ MHU / MIDT / MCT 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 ;
- ❖ Le décret n°2013-406 / PRES promulguant la loi n°006-2013 /AN du 02 avril 2013 portant code de l'environnement au Burkina Faso. L'article 12 dit que « les collectivités territoriales participent à la gestion de l'environnement par la mise en œuvre des compétences qui leur sont transférées. Elles exercent ces compétences conformément à la réglementation en vigueur ;
- ❖ La loi 23-94 du 19 mai 1994 portant Code de la Santé Publique insiste sur la protection et la promotion de la santé de l'individu, de la famille et de la collectivité par l'amélioration des conditions de vie et de travail à travers la promotion de la salubrité, de l'environnement et de la promotion de bonnes conditions alimentaires et nutritionnelles ;
- ❖ La loi n°002-2001 /AN du 06 février 2001 portant loi d'orientation à la gestion de l'eau au Burkina Faso ;
- ❖ Le décret n°98-323 / PRES / PM / MME / MATS / MIHU / MS / MTT du 27 juillet 2008, portant réglementation de la collecte, du stockage, du transport, du traitement et de l'élimination des déchets urbains ;
- ❖ Le décret n°2001-185 / PRES / PM / MEE du 07 mai 2001 portant fixation des normes de rejets de polluants dans l'air, l'eau, et le sol ;
- ❖ Le décret n°98-321 / PRES / PM / MEE / MATS / MEF / MEM du 28 juillet 1998 portant réglementation des aménagements paysagers ;
- ❖ Le décret n°2011-306 / PRES promulguant la loi n°003-2011 / AN du 05 avril 2011 portant Code de forestier au Burkina Faso ;

V.3 Description du projet

Le projet consiste à la réalisation d'ouvrages de drainage des eaux de ruissellement pour assainir les champs et les habitations se trouvant dans la zone du projet (province du TUY, Haba). Dans la conception, nous avons prévu la réalisation d'ouvrages hydrauliques en surface libre d'où l'abattement de certains arbres dans la zone. Ce projet permettra de résoudre les récurrentes inondations au niveau du site d'Haba.

V.4 Impacts du projet sur les différents domaines de l'environnement

Un impact est toute modification de l'environnement, négative ou bénéfique résultant totalement ou partiellement, des activités, produits ou service d'un organisme. Les impacts dans une notice d'impact sur l'environnement sont caractérisés par leurs sources et leurs récepteurs.

Les sources d'impacts sont définies comme l'ensemble des activités prévues lors des travaux des différentes phases (préparation, construction et exploitation).

Les récepteurs d'impact désignent les composantes du milieu naturel susceptibles d'être affectées par le projet et correspondent aux éléments sensibles de la zone, c'est-à-dire ceux susceptibles d'être modifiés de façon significative par les activités (ou sources d'impacts) liées au projet comme les sols, l'eau, la végétation, l'habitat, la faune, la population, etc. L'analyse des impacts a été subdivisée en trois étapes : l'identification des impacts associés aux activités de chaque phase, l'évaluation de l'importance des impacts et la prévision des impacts.

V.5 Identification des impacts

X = Impact (Interaction entre l'activité et le milieu récepteur)

0 = Aucune interaction entre l'activité et le milieu récepteur

Tableau 8 : Matrice d'identification des impacts

IDENTIFICATION DES IMPACTS												
Phase du projet	Activités	Impacts générés	Description des impacts	Nature	MILIEU RECEPTEUR							
					Milieu biophysique						Milieu socio-économique	
					Sol	Faune	Flore	Air	Eau	Paysage	Economie	Santé
Préparation	Installation de la base vie	Destruction de la flore	Désherbage et abattage des arbres	Négative	X	X	X	X	0	X	X	X
		Pollution	Déversement d'hydrocarbure	Négative	X	X	X	X	X	0	0	X
	Transport des équipements	Pollution	Nuisance sonore, poussière, Déversement d'hydrocarbure	Négative	X	0	X	X	X	0	0	X
Construction	Implantation des tranchées	Destruction de la végétation et l'habitat faunique	Désherbage	Négative	X	X	X	X	0	X	X	X
		Destruction du sol	Excavation	Négative	X	X	X	X	X	0	X	X
	Prélèvement d'eau	Assèchement des points d'eau	Utilisation excessive	Négative	X	X	X	X	X	0	X	X
		Pollution	Souillure	Négative	X	X	0	0	X	X	0	X
	Construction du canal	Pollution et destruction du sol	Poussière, bruit et vibration, désorganisation de la structure du sol	Négative/positive	X	0	0	X	0	X	X	X
Exploitation	Entretien et réfection des ouvrages	Encombrement	Curage	Positive	X	0	0	0	X	X	X	X
		Pollution	Pollution de l'air, du sol	Négative	X	X	X	X	0	X	X	X
	Raccordement clandestin des ménages	Pollution des eaux de pluies	Pollution, contamination	Négative	0	X	X	0	X	0	X	X

V.6 Evaluation des impacts

L'identification des conséquences d'un projet sur son environnement constitue l'étape clé de toute étude d'impact sur l'environnement. L'identification de ces impacts s'effectue en mettant en relation les activités du projet en phase de construction et d'exploitation avec les composantes du milieu récepteur. L'évaluation des impacts est basée sur une approche matricielle d'interrelations entre les activités du projet, les sources d'impact et les éléments des milieux récepteurs en l'occurrence les milieux physiques, biologiques et humains. L'importance des impacts environnementaux a été évaluée sur la base des critères que sont la durée, l'étendue et l'intensité de l'impact (présentées dans les tableaux

V.6.1 Résultats de l'évaluation des impacts

Une synthèse des impacts du projet sur l'environnement est présentée ainsi qu'il suit. Il est fonction de la matrice de Fecteau (Tableau 26, annexe 4)

Tableau 9 : Matrice d'évaluation des impacts

MATRICE D'EVALUATION DES IMPACTS						
Milieux récepteur	Impacts	Nature	Intensité	Etendue	Durée	Importance absolue
Flore	Dégradation végétation brousse, perte d'arbres	Négative	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Faune	Fuite/ dégradation des gîtes	Négative	Faible	Locale	Moyenne	Mineur
Paysage	Risque de transformation du canal en dépotoir	Négative	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Air	Pollution dû aux gaz d'échappement des véhicules	Négative	Faible	Locale	Moyenne	Mineur
	Pollution de l'air par la poussière	Négative	Faible	Locale	Moyenne	Mineur
	Pollution de l'air par les odeurs issues des résidus de curage	Négative	Faible	Locale	Courte	Mineur
Sol	Risque d'érosion au niveau des points de rejet	Négative	Faible	Locale	Moyenne	Mineur
	Modification de la structure et la texture du sol	Négative	Moyenne	Locale	Courte	Mineur
	Contamination des eaux de surface par l'eau du canal	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
Ressources en eaux	Pollution des eaux par déversement accidentel d'hydrocarbure et substances	Négative	Faible	Locale	Moyenne	Mineur
	Prolifération d'insectes vecteurs de maladies liées à l'eau	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne

MATRICE D'EVALUATION DES IMPACTS						
Milieux récepteur	Impacts	Nature	Intensité	Etendue	Durée	Importance absolue
Santé	Nuisances sonores	Négative	Faible	Locale	Moyenne	Mineur
	Intensification des activités économiques et commerciales	Positive	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
Economie	Augmentation de la prolifération des populations	Positive	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
	Risque de perturbation économique	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
	Renforcement des liens de solidarité entre les populations	Positive	Moyenne	Locale	Court	Moyenne
Social	Création d'emploi	Positive	Moyenne	Locale	Court	Moyenne
Emploi	Accident de circulation	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
Sécurité	Accident de travail	Négative	Moyenne	Ponctuelle	Moyenne	Moyenne
	Amélioration du cadre de vie des populations	Positive	Forte	Locale	Longue	Majeur
Cadre de vie	Dégradation végétation brousse, perte d'arbres	Négative	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne

VI. Plan de gestion environnementale du projet

Le plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) est un outil de gestion environnemental qui présente les impacts, les sources d'impacts, les récepteurs, les actions environnementales retenues, leurs objectifs et taches, les acteurs impliqués, et la localisation des actions. Il est consacré à la formulation d'un ensemble de mesures destinées à réduire voire éliminer les impacts du projet sur l'environnement pendant et après les travaux.

Il comprend :

- Le suivi environnemental ;
- La surveillance environnementale.

Le tableau ci-dessous résume le plan de gestion environnemental et social du projet

Tableau 10 : Plan de gestion environnemental

Récepteurs du milieu	Impacts	Actions environnementales et mesures	Objectif de l'action	Acteurs de l'action	Acteur de suivi	Lieu de mise en œuvre de l'action	Cout de mise en œuvre	Calendrier	Indicateur de suivi l'effectivité de l'action et acteur de suivi de l'efficacité
Flore	Perte de quantité importante d'arbre	Minimisation de l'abattage d'arbre	Réduire le déboisement des arbres	Entreprise	Environnementaliste de la mission de contrôle	Sur le chantier	pm	Pendant les travaux	Vérification du nombre d'arbre planté et entretenu
Paysage	Risque de transformation des collecteurs en dépotoir	Retrait d'arbre terrassé pour être valorisés (énergie, artisanat, etc.) ; retrait des terres issus de l'excavation du chantier ; sensibilisation de la population sur les bonnes pratiques d'hygiène	Réduire les déchets sur le site	Entreprise	Environnementaliste de la mission de contrôle	Sur le chantier	pm	Pendant les travaux et lors de la mise en service	Vérification du retrait d'arbres terrassés, des terres, et du nombre de séances de sensibilisation des populations
Air	Pollution de l'air par les odeurs	Curage des caniveaux	Réduire les quantités d'odeur émises	Entreprise	Environnementaliste de la mission de contrôle	Dans les collecteurs	pm	Lors de la mise en service	Vérification de la mise en place du dispositif de ventilation ou l'utilisation des produits chimiques contre les odeurs

Conception d'un canal de drainage pour l'assainissement pluvial du périmètre aménagé de Haba

Récepteurs du milieu	Impacts	Actions environnementales et mesures	Objectif de l'action	Acteurs de l'action	Acteur de suivi	Lieu de mise en œuvre de l'action	Cout de mise en œuvre	Calendrier	Indicateur de suivi l'effectivité de l'action et acteur de suivi de l'efficacité
Sol	Pollution du sol par déversement d'hydrocarbures	Utiliser des moyens pour éviter le contact des hydrocarbures avec le sol	Eviter le contact des hydrocarbures avec les couches du sol	Entreprise	Entreprise de suivi et contrôle	Chantier	pm	Durant les travaux	Vérification de la mise en place des polyanes
Economie et emploi	Développement d'activités économiques	Embauche de la main d'œuvre locale ; Contribution à la réduction de la pauvreté	Réduire la pauvreté au niveau local Entreprise de construction et d'exploitation La cellule de la mission de contrôle	Entreprise de construction et d'exploitation	La cellule de la mission de contrôle	Sur le site	pm	Pendant la construction et l'exploitation	Vérification du nombre de main d'œuvre locale embauchée
Emploi	Création d'emploi	Embauche de la main d'œuvre locale	Diminuer le chômage et lutter contre la pauvreté	Entreprise	Cellule de la mission de contrôle	Dans l'entreprise	pm	Avant et pendant les travaux	Vérification du recrutement de la main d'œuvre
Sécurité	Risque d'insécurité et d'accident de travail	Sensibilisation des employés au respect des mesures de sécurité au chantier ; Mise en place des panneaux de signalisation	Prévenir et réduire le nombre d'accident de travail et de circulation	L'entreprise de construction	La cellule de la mission de contrôle	Sur le site	pm	Avant et pendant les travaux	Vérification du nombre de séances de sensibilisation, l'existence des panneaux de signalisation
	Accident de circulation								

Conclusion et recommandations

Dans l'intention de pallier aux problèmes d'inondation l'AGETEER a procédé à la réalisation d'un canal d'assainissement pluvial pouvant désengorger les champs des riverains. En tenant compte des données topographiques et pluviométriques de la région, nous avons donc proposé un réseau simple composé d'un drain d'évacuation et d'une dalle de franchissement selon la pente et le débit les traversant. Le coût total de réalisation des ouvrages est estimé à cent vingt-cinq million quatre cent treize mille trois cent trois Francs CFA Toutes Taxes Comprises (**125 413 303 FCFA TTC**). Des mesures de bonification et d'atténuation des impacts environnementales du projet sur la zone ont été proposées, ainsi qu'un plan de gestion des ouvrages.

La réalisation d'un réseau d'assainissement des eaux pluviales est très couteuse. Une attention particulière doit donc être accordée à l'entretien pour assurer le bon fonctionnement et la pérennité des ouvrages. Le manque d'entretien peut entraîner des risques sanitaires et environnementaux très graves. Nous recommandons par conséquent :

- ❖ Le curage des caniveaux deux fois dans l'année aux périodes suivantes :
 - Mois de Mai avant le début de la saison pluvieuse
 - Mois de d'Octobre après la saison pluvieuse
- ❖ La sensibilisation de la population riveraine : Une campagne de sensibilisation devrait être tenue afin d'éviter les dépôts d'ordures dans le canal par la population.
- ❖ L'alerte du Maître d'ouvrage en cas d'incident pour d'éventuelles réhabilitations

BIBLIOGRAPHIE

- CIEH et J. Rodier. 1996. « Estimations des débits de crues décennales pour les petits et moyens bassins versants en Afrique de l'Ouest et Centrale. ORSTOM ».
- Conseil Régional des Hauts Bassins. s. d. « Régions des Hauts-Bassins ».
- Dr H. A. ANDRIANISA. 2017. « Assainissement Pluvial ».
- Dr M. LAWANI. s. d. « hydraulique en surface libre, essentiel d'hydraulique à surface libre cours et exercice corrigé ».
- ENVIRO-BF. 2013. « Guide général de réalisation des Etudes et Notices d'Impact sur l'Environnement ».
- Groupe des écoles EIER – ETSHER et al. 2001. « Hydrologie Urbaine Quantitative – Assainissement pluvial, version 2.0 ».
- H. W. Graf, et A. M. Siddik. 2000. « PPUR presses polytechniques 16 ».
- J. M. Gresillon et C. Puech. 1996. « Estimation des débits des crues sur les petits bassins versants en zones sahéliennes et tropicales. Analyse de données et suggestions pour le dimensionnement. IAHS Press ».
- J. Rodier et P. Ribstein. 1988. « Estimation des caractéristiques de la crue décennale pour les petits bassins versants du Sahel couvrant de 1 à 10 km² ».
- M. GUINAUDEAU et P. GINESTE. 1983. « Poly_hydro_tome1 ».
- M. Roche. 1964. « Généralités sur les caractéristiques physiques des bassins, hydrologie de l'Office de la recherche scientifique et technique outre-mer ».
- Ministère des infrastructures. 2021. « MERCURIALE, BTP ».

ANNEXES

<i>Annexe 1</i> : Données hydrologiques	43
<i>Annexe 2</i> : Donnée hydrauliques	47
<i>Annexe 3</i> : Etude d'impact environnementale.....	48
<i>Annexe 4</i> : Dimensionnement du caniveau et de la dalle de couverture du caniveau en béton armé	53
<i>Annexe 5</i> : Métré du caniveau et devis estimatif.....	61
<i>Annexe 6</i> : Devis estimatif et profil en long	64

Annexe 1: Données hydrologiques

Tableau 11 : Coefficient de ruissellement dans la méthode rationnelle

Nature de la couverture végétale	Petits bassins de 0 à 10 ha présentant une pente de				Bassins moyens de 10 à 400 ha présentant une pente de			
	Moins de 5%	De 5 à 10%	De 0 à 30%	Plus de 30%	Moins de 5%	De 5 à 10%	De 0 à 30%	Plus de 30%
Plates formes et chaussées de routes : cours.....	0.95	»	»	»	»	»	»	»
Terrains dénudés ou à végétations non couvrante... Terrains déjà attaqués par l'érosion Labours frais	} 0.80	0.85	0.90	0.95	0.70	0.75	0.80	0.85
Cultures couvrantes, céréales hautes.... Terrains de parcours, chiendent ras	} 0.75	0.80	0.85	0.90	0.52	0.60	0.72	0.80
Petite brousse clairsemée								
Prairies Brousse dense, savane à sous – bois	} 0.70	0.75	0.80	0.85	0.30	0.36	0.12	0.50
Forêt ordinaire en futaie. Sous – bois touffus	0.30	0.50	0.60	0.70	0.13	0.20	0.25	0.30
Grande forêt primaire ...	0.20	0.25	0.30	0.40	0.15	0.18	0.22	0.25

Coefficient de MONTANA

Tableau 12 : Coefficient de Montana

T = 10 [ans]						
Stations	T < 1 [h]			T > 1 [h]		
	a	b	b'	a	b	b'
Ouagadougou	9,1	-0,47	0,53	48	-0,89	0,11
Bobo Dioulasso	8,9	-0,44	0,56	62	-0,9	0,1
Ouahigouya	8	-0,41	0,59	46	-0,89	0,11

Source: Guinaudeau & Gineste (1983)

PLUIES MAXIMALES JOURNALIERES

Tableau 13 : Données Hyfranplus – pluie maximale journalière

T (ans)	q	Xt	Ecart-type	Intervalle de confiance
10000.0	0.9999	245	27.9	190 - 300
2000.0	0.9995	213	23.3	167 - 259
1000.0	0.9990	199	21.4	157 - 241
200.0	0.9950	167	16.8	134 - 200
100.0	0.9900	153	14.8	124 - 182
50.0	0.9800	139	12.9	113 - 164
20.0	0.9500	120	10.3	99.7 - 140
10.0	0.9000	105	8.43	89.0 - 122
5.0	0.8000	90.4	6.53	77.6 - 103
3.0	0.6667	78.5	5.19	68.3 - 88.6
2.0	0.5000	67.7	4.21	59.4 - 76.0
1.4286	0.3000	56.6	3.65	49.5 - 63.8
1.2500	0.2000	50.8	3.61	43.7 - 57.9
1.1111	0.1000	43.6	3.82	36.1 - 51.1
1.0526	0.0500	38.3	4.14	30.2 - 46.4
1.0204	0.0200	33.0	4.57	24.0 - 41.9
1.0101	0.0100	29.7	4.87	20.2 - 39.3
1.0050	0.0050	26.9	5.15	16.8 - 37.0
1.0010	0.0010	21.6	5.72	10.3 - 32.8

1.0005	0.0005	19.7	5.94	8.00 - 31.3
1.0001	0.0001	15.8	6.39	3.27 - 28.3

PLUIE MOYENNE ANNUELLE

Tableau 14 : Données HYFRAN plus-Pluie Moyenne Annuelle

T (ans)	q	Xt	Ecart type	Intervalle confiance
10000.0	0.9999	1430	73.6	1290 - 1580
2000.0	0.9995	1370	66.2	1240 - 1500
1000.0	0.9990	1340	62.8	1220 - 1470
200.0	0.9950	1270	54.3	1160 - 1380
100.0	0.9900	1230	50.3	1130 - 1330
50.0	0.9800	1190	46.0	1100 - 1280
20.0	0.9500	1130	39.9	1060 - 1210
10.0	0.9000	1080	35.1	1010 - 1150
5.0	0.8000	1020	30.1	960 - 1080
3.0	0.6667	960	27.0	908 - 1010
2.0	0.5000	899	25.8	848 - 949
1.4286	0.3000	823	27.6	769 - 877
1.2500	0.2000	778	30.1	719 - 837
1.1111	0.1000	715	35.1	646 - 783
1.0526	0.0500	662	39.9	584 - 741
1.0204	0.0200	604	46.0	514 - 694
1.0101	0.0100	565	50.3	466 - 663
1.0050	0.0050	529	54.3	422 - 635
1.0010	0.0010	455	62.8	332 - 578
1.0005	0.0005	426	66.2	296 - 556
1.0001	0.0001	365	73.6	220 - 509

COURBE HYSOMETRIQUE

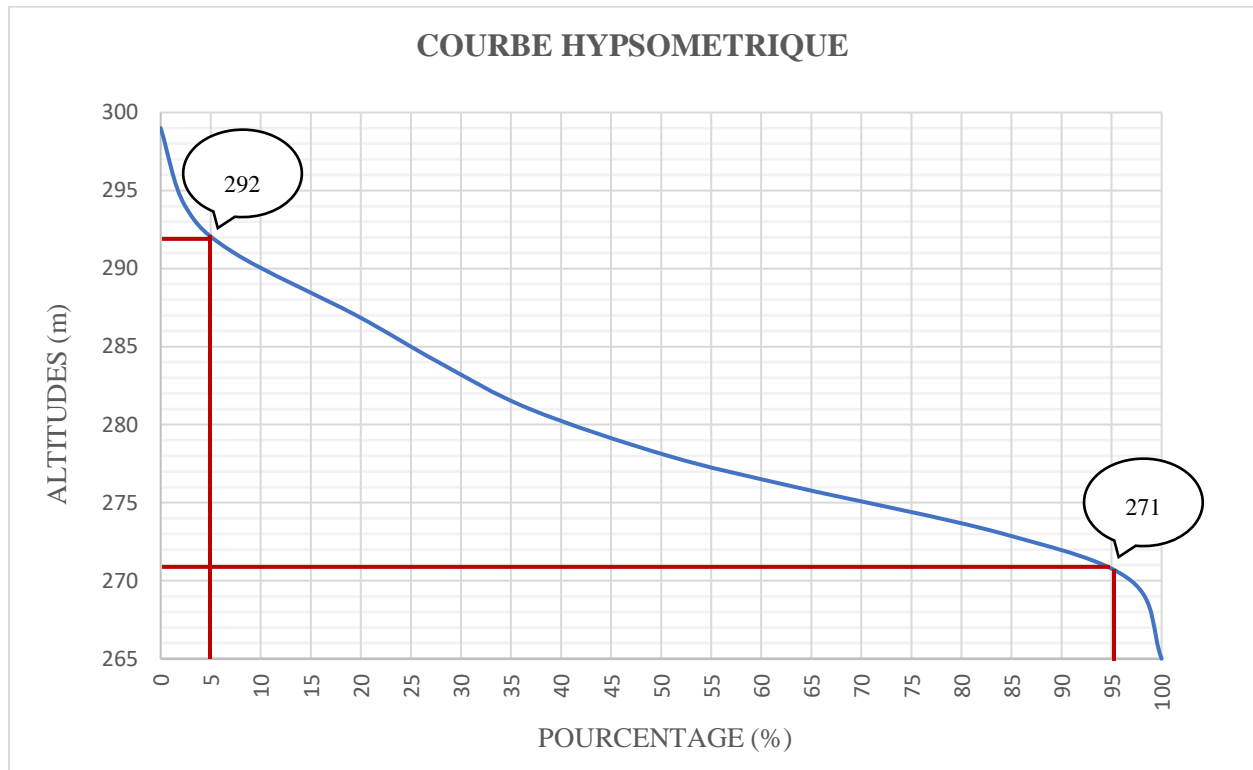


Figure 11 : Courbe hypsométrique

CALCUL DU NOMBRE DE FROUDE

Le nombre de Froude, Fr, qui définit le régime d'écoulement, est un nombre adimensionnel qui donne le ratio de la force d'inertie par rapport aux forces gravitationnelles.

Équation 18 :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * d_h}}$$

Où : Fr : nombre de Froude

V : vitesse d'écoulement, m/s

g : accélération de la pesanteur, g = 9,81 m/s²

dh : Profondeur hydraulique normale, m avec $dh = S/T$ où S est la section mouillée et T la largeur de la surface libre (miroir).

Annexe 2 : Donnée hydrauliques

PROTECTION CONTRE L'EROSION

Tableau 15 : Calcul des équations St Venant -Exner

DONNEES HYDRAULIQUES	
Q (m ³ /s)	0,24
b (m)	0,3
i	0,009
M	0,94
yn	0,52
S (y)	0,16
P (y)	1,34
Rh (m)	0,12
U (m/s)	1,53
Fr	0,68
Jo	0,0093
Hypotheses granulo	
Dm	1
Ks	67
T^*, cr	0,047
Ss	2,6
p	0,35
τ^*	0,66

Tableau 16 : Détermination de la dénivelée

	E&H	G&A
q_s (m ³ /s/m)	4,83E-04	2,01E-03
k (m ² /s)	0,134	0,56
$lagg, max$ (m)	250	
Δt (s)	35769,2	8592
Δt (j)	0,4	0,1
Δh (m)	0,34	0,34

Annexe 3 : Etude d'impact environnementale

Méthodologie pour la conduite de l'étude

L'objectif du présent projet est de mettre à la disposition des habitants de sa zone d'influence un ouvrage d'assainissement destiné à drainer les eaux de ruissellement stagnants dans la dépression. De ce fait, la démarche méthodologique adoptée pour conduire les investigations s'est basée sur notre compréhension des termes de références, les exigences du commanditaire et les objectifs de la consultation. Des concertations ont alors été conduites avec la pleine participation des producteurs de la zone du projet. L'étude a été conduite de façon participative afin de favoriser une compréhension commune des enjeux du projet et son insertion dans la politique en matière de contribution du gouvernement et des partenaires techniques et financiers du secteur. La démarche participative a permis d'intégrer les préoccupations pertinentes des populations locales. Aussi, pour conduire à bien les investigations ayant abouties à l'élaboration de la présente notice d'impact sur l'environnement, trois (03) étapes ont été identifiées :

Etape 1 : recherche documentaire

Dès la notification du contrat, une harmonisation de la compréhension des termes de référence a été faite. Les éléments collectés au cours des séances d'harmonisation et d'appropriation des termes de référence ont permis de procéder à la revue des données secondaires. Pour conduire cette revue documentaire, on a élaboré des outils de collecte des données qui permettaient de capitaliser les informations pertinentes au regard des objectifs de la mission. Les principaux documents consultés ont été les documents de base sur le village :

- ❖ Les données cartographiques de la zone de projet ;
- ❖ Les données socioéconomiques dudit projet ;
- ❖ Les documents d'analyse des données topographiques, les données climatologiques, les bases de données géométriques ;

Etape 2 : collecte des données

Elle a consisté en la collecte d'informations sur le village et sur le site. Cette phase a permis de procéder à l'identification et la hiérarchisation des impacts potentiels négatifs du projet en phase

de réalisation du projet et en phase de mise en exploitation. Les impacts positifs ont été également identifiés de manière à proposer des mesures de renforcement. Cette phase de collecte de données a pris en compte les acquis sur le site à aménager.

De façon pratique, cette deuxième phase de la mission a permis de réaliser les activités suivantes :

- ❖ Collecte des données auprès de personnes ressources de Haba ;
- ❖ Inventaire « floristique » sur le site et évaluation des impacts du projet sur la végétation du milieu récepteur, les biens. Les données ont été collectées sur le terrain avec l'appui des représentants de la communauté.
- ❖ Collecte de données sur la trame foncière et description des activités menées actuellement sur le site.

Étape 3 : Analyse des données et élaboration du rapport

Pour une intégration harmonieuse des données collectées sur le terrain et des résultats de la recherche documentaire, il a été procédé à l'analyse et à la rédaction du présent rapport. Les données socio-économiques sur la zone du projet ont fait l'objet d'une analyse avec les producteurs. Le plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) contient les propositions de mesures d'atténuation des impacts négatifs. Ces mesures tiennent compte du contexte législatif et institutionnel, ainsi que des réalités locales

Evaluation des impacts

La durée de l'impact

La durée de l'impact correspond au temps que peut mettre le changement apporté par l'activité. La signification de ces changements est présentée dans le tableau ci-dessous :

[Tableau 17 : Durée des impacts \(Étude d'impact sur l'environnement, déc. 2012\)](#)

La durée de l'impact	
Courte	Le changement apporté par l'activité cesse après l'arrêt de l'activité. Il dure moins de 6 mois
Moyenne	Le changement apporté par l'activité est continu sur une période mais cesse lorsque la réalisation du projet est terminée. Il dure 6 mois à 2 ans
Longue	L'impact apporté par l'activité persiste après la mise en place du projet. Il dure plus de 2 ans

L'étendue de l'impact

L'étendue de l'impact correspond à l'ampleur spatiale de la modification de l'élément affecté. La cotation de l'ampleur est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 18 : L'étendue de l'impact (Étude d'impact sur l'environnement, déc. 2012)

L'étendue de l'impact	
Ponctuelle	L'impact sur un élément est ressenti dans un espace réduit et circonscrit ou par un nombre peu élevé de personne
Locale	L'impact sur un élément touche une portion limitée de la zone d'étude ou de sa population.
Régionale	L'impact sur un élément est ressenti sur un vaste territoire ou s'il touche une grande portion de sa population.

L'intensité de l'impact

L'intensité de l'impact est fonction de l'ampleur des modifications sur la composante du milieu touchée par une activité du projet ou encore des perturbations qui en découleront. Le degré de qualification est présenté dans le tableau ci- dessous

Tableau 19 : L'intensité de l'impact (Étude d'impact sur l'environnement, déc. 2012)

L'intensité de l'impact	
Mineure	L'impact altère faiblement l'élément sans modifier véritablement sa qualité, sa répartition générale ou son utilisation dans le milieu.
Moyenne	L'impact modifie l'élément touché sans mettre en cause son intégrité ou son utilisation, ou qu'il entraîne une modification limitée de sa répartition générale dans le milieu.
Majeure	L'impact détruit l'élément touché, met en cause son intégrité ou son utilisation ou entraîne un changement majeur de sa répartition générale ou de son utilisation dans le milieu.

Tableau 20 : Grille de détermination de l'importance absolue d'un impact

Intensité	Etendue	Durée	Pondération globale	Signification de l'impact
Forte (3)	Régionale (3)	Longue (3)	3*3*3=27	Majeure
		Moyenne (2)	18	Moyenne
		Courte (1)	9	Mineure
	Locale (2)	Longue (3)	18	Moyenne
		Moyenne (2)	12	Moyenne
		Courte (1)	6	Mineure
	Ponctuelle (1)	Longue (3)	9	Mineure
		Moyenne (2)	6	Mineure
		Courte (1)	3	Mineure
Moyenne (2)	Régionale (3)	Longue (3)	18	Moyenne
		Moyenne (2)	12	Moyenne
		Courte (1)	6	Mineure
	Locale (2)	Longue (3)	12	Moyenne
		Moyenne (2)	8	Mineure
		Courte (1)	4	Mineure
	Ponctuelle (1)	Longue (3)	6	Mineure
		Moyenne (2)	4	Mineure
		Courte (1)	2	Mineure
Faible (1)	Régionale (3)	Longue (3)	9	Mineure
		Moyenne (2)	6	Mineure
		Courte (1)	3	Mineure
	Locale (2)	Longue (3)	6	Mineure
		Moyenne (2)	4	Mineure
		Courte (1)	2	Mineure
	Ponctuelle (1)	Longue (3)	3	Mineure
		Moyenne (2)	2	Mineure
		Courte (1)	2	Mineure

Annexe 4 : Dimensionnement du caniveau et de la dalle de couverture du caniveau en béton armé

Dimensionnement du caniveau en béton armé

Soit P_d le poids de poussée de terre

$$P_d = K_A * \gamma_d * h$$

Avec :

- K_A (coefficient de poussée) = 0.33
- γ_d (poids volumique de la terre) = 20 kN/m³
- h (hauteur de terre) = 0.66 m

On obtient $P_d = 4.36 \text{ kN/ m}^2$

- Dimensionnement piédroits (flexion composée)

$$M_A = \frac{1,35 P_d * H^2}{6} = 0,427 \text{ kN.m}$$

- * $N_B = 1.35 P_p = 1.35 * \gamma_{\text{béton}} * H * b * 1 \text{ ml}$

$$N_B = 3,341 \text{ kN}$$

- * Vérification de la section (entièrement ou partiellement comprimé ?)

$$(0.337h - 0.81d')bh * \sigma_{bc} \leq N_u(d - d') - M_u$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (0.337h - 0.81d')bh * \sigma_{bc} = (0.337 * 0.15 - 0.81 * 0.015) * 1 * 0.15 * \frac{0.85 * 25}{1 * 1.5} \\ \quad \quad \quad = 0.0816 \text{ kN.m} \\ N_u(d - d') - M_u = (1.35 * 2.475) * (0.8 * 0.15) - 0.427 \\ \quad \quad \quad = -0.178 \text{ kN.m} \end{array} \right.$$

Ainsi

$$(0.337h - 0.1d')bh * \sigma_{bc} > N_u(d - d') - M_u$$

Donc la section est partiellement comprimée

$$* \mu = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot \gamma_{be}} \rightarrow \mu = \frac{0.427 \cdot 10^{-3}}{0.15 \cdot 0.135^2 \cdot 114.17} = 0.0014$$

$$\mu_r = \begin{cases} 0.391 \rightarrow FeE 400 \\ 0.372 \rightarrow FeE 500 \end{cases}$$

Donc $\mu = 0.0014 < \mu_{rFeE 400}$ d'où pas d'acier comprimé

$$* \alpha = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) \rightarrow \alpha = 0.001$$

$$* z = d(1 - 0.4\alpha) = 0.135(1 - 0.4 \cdot 0.030) = 0.135 \text{ m}$$

Section d'acier A_{St} pour le piédroit

$$* A_{St} = \left[\frac{M_u}{z} - N_u \right] \cdot \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$$= \left[\frac{0.427}{0.135} - 3.341 \right] \cdot \frac{1.15 \cdot 10^{-3}}{400}$$

$$A_{St} = -5.119 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

$A_{St} < 0$, alors le ferrailage se fera avec la section d'acier minimale A_{min}

$$* A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}; \text{ Avec } f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 2.1 \text{ MPa}$$

$$= 0.23 \cdot 1 \cdot 0.135 \cdot \frac{2.1}{400}$$

$$A_{min} = 1.63 \cdot 10^{-4} \cong 1.63 \text{ cm}^2$$

On choisit 6 HA 08 pour 3.02 cm^2 espacé de 15 cm

Nous prendrons les aciers de répartition HA 08 espacé de 15 cm, pour ne pas avoir des aciers inférieurs à HA 08

- Dimensionnement radier

$$P_{ser} = P_p + R_T$$

$$P_{ser} = (25*0.15*1) + (20*0.2*1)$$

$$= 7.75 \text{ kN/ ml}$$

- * Moment sur appui

$$M_A = \frac{P_{ser} * l^2}{12}$$

$$M_A = \frac{7.75 * 0.66^2}{12}$$

$$M_A = 0.281 \text{ kN.m}$$

- * $M_{ser} = \frac{1}{2} * d^2 * b * \bar{\sigma}_{bc} * \bar{\alpha}_{ser} (1 - \frac{1}{3} * \bar{\alpha}_{ser})$
- * $\bar{\sigma}_{st} = 176.36 \text{ pour } \varnothing 8 \text{ mm}$
- * $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 * f_{c28} = 15 \text{ MPa}$
- * $\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 * 15}{15 * 15 + 176.36} = 0.56$

$$\text{Donc } M_{ser} = \frac{1}{2} * 0.135^2 * 1 * 15 * 0.56 * (1 - \frac{1}{3} * 0.56)$$

$$M_{ser} = 0.06226 \text{ MN.m} \cong 62.26 \text{ kN.m}$$

$M_A = 0.281 \text{ kN.m} < M_{ser}$, donc pas d'acier comprimé

Ainsi :

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{M_A}{d \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \sigma_{st}} \\ &= \frac{0.281 * 10^{-3}}{0.135 \left(1 - \frac{0.56}{3}\right) * 176.36} \\ &= 1,45. 10^{-5} m^2 \cong 0.145 cm^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{min} &= 0.23 * \frac{f_{t28}}{f_e} bd \\ &= 1.63 cm^2 \end{aligned}$$

$A_{st} < A_{min}$, donc le ferrailage se fera avec A_{min} ; et sera identique au ferrailage du voile (6 HA 08 espacé de 15 cm).

Dimensionnement du couvercle du caniveau (dalle au niveau de la traversée) :

- **Prédimensionnement de la dalle :**

Pour une dalle en panneau isolé, et portant dans un seul sens, on a

$$h_0 \geq \frac{l_x}{20}$$

Avec h_0 l'épaisseur de la dalle en cm

l_x la petite portée de la dalle en cm

Ainsi $h_0 \geq \frac{85}{20} = 4.25 \text{ cm}$

En tenant compte d'une épaisseur d'enrobage minimale de 4 cm, on prendra l'épaisseur de la dalle $h_0 = 10$ cm.

- **Détermination des sollicitations sur la dalle :**

$$P_{ser} = P_p + Q$$

$$P_{ser} = (25 * 0.10 * 1) + (5 * 1)$$

$$= 7,5 \text{ kN/ml}$$

- * Moment sur appui

$$M_A = \frac{P_{ser} * l^2}{12}$$

$$M_A = \frac{7,5 * 0.85^2}{12}$$

$$M_A = 0.452 \text{ kN.m}$$

- * $M_{ser} = \frac{1}{2} * d^2 * b * \bar{\sigma}_{bc} * \bar{\alpha}_{ser} (1 - \frac{1}{3} * \bar{\alpha}_{ser})$

- * $\bar{\sigma}_{st} = 176.36$ pour $\varnothing 8 \text{ mm}$

- * $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 * f_{c28} = 15 \text{ MPa}$

- * $\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 * 15}{15 * 15 + 176.36} = 0.56$

Donc $M_{ser} = \frac{1}{2} * 0.09^2 * 1 * 15 * 0.56 * (1 - \frac{1}{3} * 0.56)$

$$M_{ser} = 0.02767 \text{ MN.m} \cong 27.67 \text{ kN.m}$$

$M_A = 0.452 \text{ kN.m} < M_{ser}$, donc pas d'acier comprimé

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{M_A}{d \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \sigma_{st}} \\ &= \frac{0.452 * 10^{-3}}{0.09 \left(1 - \frac{0.56}{3}\right) * 176.36} \\ &= 3,501. 10^{-5} \text{ m}^2 \cong 0.350 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{min} &= 0.23 * \frac{f_{c28}}{f_e} bd \\ &= 0.23 * \frac{2.1}{400} 100 * 9 \\ A_{min} &= 1,087 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$A_{st} < A_{min}$, donc le ferrailage se fera avec A_{min} ;

On choisit 5 HA 08 pour 2.51 cm^2 espacé de 20 cm et les aciers de répartition également espacé de 20 cm

D'où le schéma suivant :

Conception d'un canal de drainage pour l'assainissement pluvial du périmètre aménagé de Haba

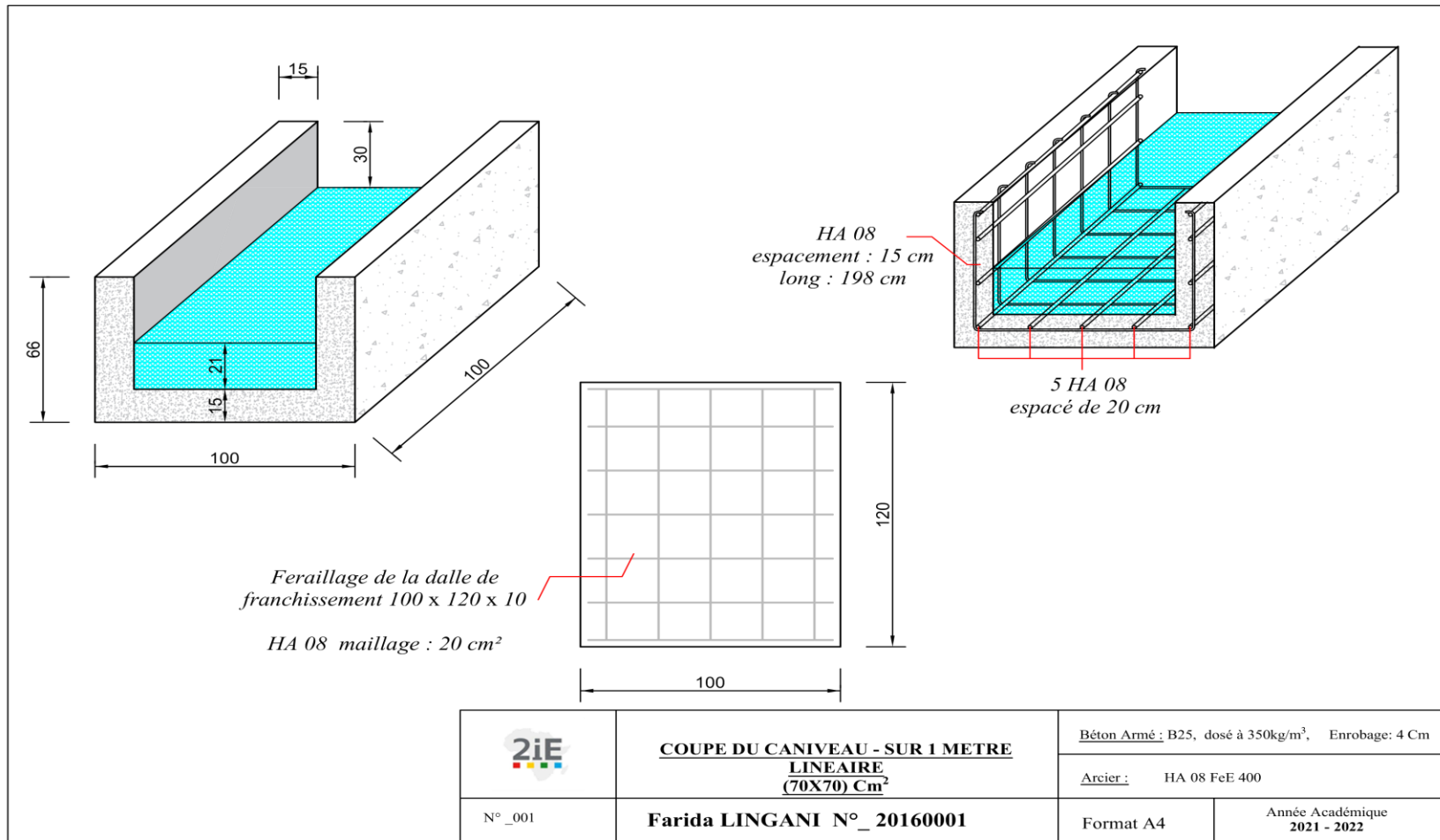


Figure 12 : Coupe transversale du canal et de la dalle de couverture

Annexe 5 : Métré du caniveau et devis estimatif

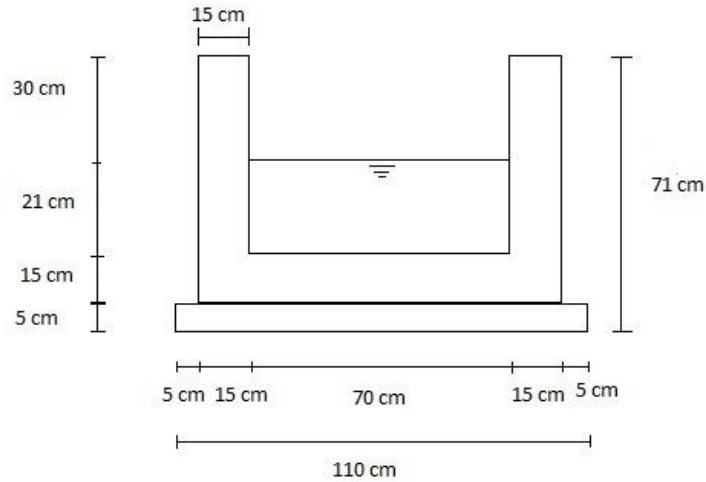


Figure 13 : Schéma d'une coupe transversale de caniveau

Evaluation du coût des collecteurs

✚ Calcul du volume par ml de béton armé

*** Calcul de la surface en m²**

$$S = (71 \times 2 + 100) \times 15$$

$$S = 0.4 \text{ m}^2$$

*** Volume par ml**

$$V = S \times 1$$

$$V = 0.4 \text{ m}^3$$

*** Calcul du prix de béton armé pour un ml de collecteur de 0.7*0.7**

1 m³ de béton armé donne 150.000CFA

0.40 m³ vont donner 60 000 FCFA

✚ Calcul du prix de déblai d'un ml de collecteur

Calcul du volume de déblai pour 1ml de collecteur

* **Calcul de la surface en m²**

$$S = 71 \times 110$$

$$S = 0.78 \text{ m}^2$$

* **Le volume V**

$$V = S \times 1$$

$$V = 0.78 \text{ m}^3$$

Le prix d'un m³ de déblai est de 4000F donc les 0.78 m³ vont coûter 3 124 FCFA

✚ Calcul du prix de béton de propreté pour un ml de collecteur

* **Calcul surface en m²**

$$S = 100 \times 110$$

$$S = 1.1 \text{ m}^2$$

* **Le volume V**

$$V = S \times e$$

$$V = 1.1 \times 0.05 = 0.055 \text{ m}^3$$

Le prix d'un ml de béton de propreté sera de 0.055 x 70 000 = 3850 FCFA

En conclusion le prix d'un ml de caniveau de 0.7*0.7 m² sera : **S1** = 60 000 + 3 124 + 3 850 = 66 974 **FCFA**

Evaluation du coût de la dalle de couverture

* **Calcul de la surface en m²**

$$S = 100 \times 120$$

$$S = 1.12 \text{ m}^2$$

* **Calcul du volume en m³**

$$V = S * e$$

$$V = 1.2 * 0.1 = 0.12 \text{ m}^3$$

Le prix d'un m³ de béton armé dosé à 350 kg/m³ est 150 000 Fcfa, donc 0.12 m³ * 150 000 = 18 000 Fcfa.

L'ensemble des calculs est résumé dans le tableau ci- dessous :

Tableau 21 : Evaluation du cout du collecteur et de la dalle

Désignations	Volume (m3)	Prix unitaire (FCFA)	Montant (FCFA)
BETON ARME	0,40	150 000	60 000
BETON DE PROPLETE	0,055	70 000	3 850
DEBLAI + EVACUATION EN DECHARGE	1.98	4000	7 903.72
PRIX D'UN ML DE COLLECTEUR			71 753.72
DALLE DE COUVERTURE	0,12	150 000	18 000
TOTAL			71 775 320

Annexe 6 : Devis estimatif et profil en long

Tableau 22 : Devis estimatif et quantitatif

<i>N° des prix</i>	<i>Désignations</i>	<i>Unité</i>	<i>Quantités</i>	<i>Prix unitaire (FCFA)</i>	<i>Prix total (FCFA)</i>
A	INSTALLATION SERVICE				
	Installation de chantier	ff	1	5 000 000	5000000
	Installation des bureaux et équipement de la mission de contrôle	ff	1	15 000 000	15000000
	Amené et repli du matériel de chantier	ff	1	5 000 000	5 000 000
	Sous total A				25 000 000
B	TRAVAUX PREPARATOIRES				
	Débroussaillage et nettoyage des emprises des ouvrages	ff	1	860 000	860 000
	Abattage d'arbre	ff	50	40 000	2 000 000
	Implantation des collecteurs et des dalots	ff	1	800 000	800 000
	Sous total B				3 660 000
C	CANIVEAU ET DALLE				
	Béton armé du caniveau	m ³	0,40	150000	60 000
	Déblai + évacuation en décharge	m ³	1.98	4000	7 903.72
	Béton de propreté	m ³	0,055	70000	3 850
	Prix d'un ml de collecteur	m ³			71 753.72

Conception d'un canal de drainage pour l'assainissement pluvial du périmètre aménagé de Haba

<i>N° des prix</i>	<i>Désignations</i>	<i>Unité</i>	<i>Quantités</i>	<i>Prix unitaire</i> <i>(FCFA)</i>	<i>Prix total (FCFA)</i>
	Fournitures et pose gabion	m ³	13,192	17500	230 860
	Sous total				72 022 460
D	Suivi et surveillance				
	Surveillance / control des travaux	Mois	6	600000	3 600 000
	Suivi des plantations d'arbres	Campagne	2	1000000	2 000 000
	Sous total D				5 600 000
	Montant HTVA				106 282 460
	TVA (18%)				19 130 843
	Montant Total TTC				125 413 303

