



Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale N°47 (RD47) : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso

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

SPECIALITE Génie Civil – Bâtiment et Travaux Publics

Présenté et soutenu publiquement le 24/07/2025 par

Sambo Armand NOMBRE (20180621)

Directeur de mémoire 2iE : Mr Amadou SIMAL, Enseignant-Institut 2iE

Maître de stage : Mr Garba HAMA, chef de service Génie Civil et transport, GTA H
Ingénieurs Conseils

Structure d'accueil du stage : GTA H Ingénieurs Conseils

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr Lawani Adjadi MOUNIROU

Membres : Dr Arnaud Louis Sountong-Noma OUEDRAOGO

M. Daroche G. NGOUDIMAMBA SAH

Promotion 2024- 2025

Dédicace

À mes chers parents, je dédie ce travail en témoignage de ma profonde gratitude pour tout ce que vous avez accompli pour moi. Votre amour sans limite, votre soutien inébranlable et vos sacrifices continus ont été les piliers de ma force, de mon inspiration et de ma persévérance tout au long de ce parcours.

Remerciements

Au terme de ce stage réalisé dans le cadre de l'obtention du diplôme d'ingénieur, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à sa réalisation. Leurs conseils avisés, leur disponibilité ainsi que leur soutien constant ont été d'une grande valeur tout au long de cette expérience. Nous adressons des remerciements particuliers à :

- L'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), ainsi que l'ensemble de son personnel administratif et enseignant, pour la qualité de l'enseignement reçu tout au long de ces cinq années de formation, et pour leur engagement dans notre encadrement académique.
- Monsieur Amadou SIMAL, enseignant à 2iE et directeur de ce mémoire, pour son encadrement, ses orientations pertinentes et son accompagnement tout au long de la période de stage ;
- GTAH INGENIEURS CONSEILS, pour nous avoir permis d'effectuer notre stage de fin d'étude et pour l'expérience reçue pendant notre stage ;
- Monsieur Garba HAMA, Chef de Service Génie Civil et Transport au sein de GTAH INGENIEURS CONSEILS et maître de stage, pour ses conseils avisés, son encadrement rigoureux et ses recommandations précieuses qui ont largement contribué à la réalisation de ce mémoire ;
- Ingénieur HASSAN NOUHOU Hassane pour son partage d'expérience et son soutien ;
- Les membres de ma famille, dont le soutien moral, les encouragements et l'appui constant ont, de près ou de loin, facilité l'accomplissement de ce stage ;
- L'ensemble de nos amis et collègues, pour leur présence bienveillante, leur soutien indéfectible et leur accompagnement tout au long de notre parcours, ayant abouti à la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Le présent mémoire porte sur l'**étude d'Avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale n°47 (RD47) : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso**. Ce projet répond à l'une des priorités du gouvernement burkinabé notamment le développement et l'entretien des infrastructures de transport. Son objectif principal est de fournir un dossier technique complet en vue de l'exécution des travaux projetés. La phase de conception a abouti à la définition d'une route de 21.053 mètres, classée T100 en rase campagne et R60 en zone agglomérée, avec des vitesses de référence respectives de 100 km/h et 60 km/h. La structure de chaussée retenue est de type souple, composée d'une couche de roulement en béton bitumineux de 4 cm, d'une couche de base en GLN amélioré aux concassés de 15 cm, et d'une couche de fondation en GLN de 20 cm. L'étude d'assainissement a permis le dimensionnement de plusieurs ouvrages hydrauliques, notamment des dalots de dimensions variables, des caniveaux en béton de 0,80×0,80 m² dans les zones urbanisées, et des fossés en terre à section triangulaire de pente 2/3 et 3/2 confectionnés au grader dans les zones rurales. Le volet portant sur l'impact environnemental et social a mis en évidence les impacts potentiels du projet, tout en proposant des mesures d'atténuation adaptées. En parallèle, la signalisation, les équipements de sécurité et l'aménagement de la route ont été conçus conformément aux normes et prescriptions techniques en vigueur. Enfin, l'estimation financière du projet, réalisée sur la base de la mercuriale des prix BTP 2025 de la région de la Boucle du Mouhoun, a permis d'évaluer le coût total des travaux à 11 831 392 757 FCFA TTC.

Mots Clés

1 – Assainissement

2 - Bitumage

3 - Construction

4 – Dimensionnement

5 - Impact environnemental

Abstract

This thesis focuses on the detailed preliminary design study of the construction and asphaltting works of departmental road No. 47 (RD47): case of the Gana-Ipelcé section with a length of 21 km in Burkina Faso. This project meets one of the priorities of the Burkinabe government, namely the development and maintenance of transport infrastructure. Its main objective is to provide a complete technical file for the execution of the planned works. The design phase led to the definition of a 21,053-meter-long road, classified as T100 in open country and R60 in urban areas, with respective reference speeds of 100 km/h and 60 km/h. The chosen pavement structure is flexible, composed of a 4 cm bituminous concrete wearing course, a 15 cm GLN improved with crushed stone base course, and a 20 cm GLN subbase course. The drainage study made it possible to design several hydraulic structures, including culverts of varying dimensions, 0.80×0.80 m² concrete gutters in urban areas, and earthen ditches with triangular cross-sections and slopes of 2/3 and 3/2, shaped with a grader in rural areas. The environmental and social component highlighted the potential impacts of the project, while proposing appropriate mitigation measures. At the same time, road signs, safety equipment, and road layout were designed in accordance with current standards and technical specifications. Finally, the financial estimate of the project, carried out based on the 2025 BTP price list of the Boucle du Mouhoun region, allowed the total cost of the works to be evaluated at 11 831 392 757 francs including taxes.

Key words

1 - Asphaltting

2 - Construction

3 - Drainage

4 - Dimensioning

5 - Environmental impact

Liste des sigles et abréviations

ARP : Aménagement des Routes Principales

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

BB : Beton Bitumineux

BCEOM : Bureau d'Etudes pour les Equipements d'Outre Mer

BV : Bassin versant

CBR : Californian Bearing Ratio

CEBTP : Centre Expérimental de recherche et d'études du Bâtiment et des travaux publics

DQE : Devis Quantitatif et estimatif

ELS : Etats Limites de Service

ELU : Etats Limites Ultime

GTAH : Génie Civil-Transport-Aménagement Hydraulique

HA : Haute Adhérence

HT : Hors taxe

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

LNBT : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics

NF : Norme Française

ORSTROM : Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer

PK : Point Kilométrique

PL : Poids Lourds

SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

TDR : Termes De Référence

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

TN : Terrain Naturel

TTC : Toute Taxe Comprise

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée

Table des matières

Dédicace	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
Liste des sigles et abréviations	v
Table des matières	vi
Liste des tableaux	x
Liste des figures	xiii
Introduction	1
Chapitre I. Présentation de la structure d'accueil et du projet.....	3
I.1. Présentation de la structure d'accueil	3
I.1.1. Historique	3
I.1.2. Domaines d'intervention	3
I.1.3. Structuration de GTAH-IC	4
I.1.4. Organigramme de GTAH-IC	6
I.2. Présentation du projet	7
I.2.1. Contexte et justification du projet	7
I.2.2. Localisation et description du projet	8
I.2.3. Climat et relief de la zone.....	9

I.2.4.	Végétation	10
I.3.	Objectifs de l'étude.....	10
I.3.1.	Objectif général	10
I.3.2.	Objectifs spécifiques	10
I.4.	Données de base	11
I.4.1.	Données topographiques	11
I.4.2.	Données géotechniques	11
I.4.3.	Données relatives au trafic	11
I.4.4.	Données hydrologiques	11
I.4.5.	Données géométriques	11
Chapitre II.	Etude géométrique de la route et dimensionnement structurel de la chaussée	13
II.1.	Etude géométrique	13
II.1.1.	Choix du type et de la catégorie de la route	13
II.1.2.	Tracé en plan	14
II.1.3.	Tracé du profil en long	15
II.1.4.	Tracé du profil en travers	16
II.2.	Dimensionnement structurel de la chaussée	17
II.2.1.	Généralités sur les chaussées.....	17
II.2.2.	Données de l'étude	20
II.2.3.	Méthodologie de dimensionnement de chaussée	25

Chapitre III.	Etude hydrologique, hydraulique et dimensionnement structurel des ouvrages	35
III.1.	Etude hydrologique	35
III.1.1.	Caractéristiques des bassins versants	35
III.1.2.	Evaluation des débits	37
III.1.3.	Choix des débits de projet	42
III.2.	Etude hydraulique	43
III.2.1.	Critères et hypothèses de calcul des ouvrages transversaux.....	43
III.2.2.	Dimensionnement des ouvrages longitudinaux	45
III.3.	Dimensionnement structurel des ouvrages	47
III.3.1.	Références et normes de calcul	47
III.3.2.	Hypothèses de calcul	47
III.3.3.	Résultats des dalots.....	49
III.3.4.	Résultats du caniveau	50
Chapitre IV.	Notice d'impact environnemental et social	51
IV.1.	Méthodologie	51
IV.2.	Cadre législatif et réglementaire	52
IV.3.	Impacts du projet.....	53
IV.3.1.	Sources d'impacts du projet	53
IV.3.2.	Impacts négatifs	53
IV.3.3.	Impacts positifs.....	53

IV.4.	Mesures d'atténuation	54
IV.5.	Plan de gestion environnemental et social	54
Chapitre V.	Signalisation et sécurité routière.....	55
V.1.	Signalisation temporaire	55
V.2.	Signalisation permanente	55
V.3.	Sécurité routière	57
Chapitre VI.	Avant métré et devis estimatif du projet.....	58
Conclusion.....		59
Bibliographie		61
Annexes		I

Liste des tableaux

Tableau 1 : Références de GTAH	3
Tableau 2 : Caractéristiques techniques pour l'aménagement ¹	12
Tableau 3 : Paramètres du tracé en plan.....	15
Tableau 4 : Paramètres du profil en long	16
Tableau 5 : Paramètres du profil en travers.....	16
Tableau 6 : Classes de portance du sol.....	20
Tableau 7 : Épaisseur minimale de purge selon la qualité du matériau	21
Tableau 8 : Paramètres de calcul du trafic	23
Tableau 9 : Classe de trafic CEBTP.....	24
Tableau 10 : Paramètres de dimensionnement de la chaussée	26
Tableau 11 : Tableau des différentes variantes de chaussée	26
Tableau 12 : Valeurs des déformations et contraintes admissibles	30
Tableau 13 : Comparaison des contraintes variante 1	31
Tableau 14 : Comparaison des contraintes variante 2.....	32
Tableau 15 : Comparaison des contraintes variante 3.....	33
Tableau 16 : Caractéristiques des bassins versants	37
Tableau 17 : Calcul des débits selon la méthode rationnelle	39
Tableau 18 : Calcul des débits selon ORSTROM et CIEH.....	41
Tableau 19 : Débits de projet retenu	42
Tableau 20 : Sections d'ouvrages hydrauliques retenues	45

Tableau 21 : Coefficients de pondération	48
Tableau 22 : Résultats du dimensionnement structurel du dalot de section $2 \times 2 \times 2$	49
Tableau 23 : Résultats du dimensionnement structurel des caniveaux	50
Tableau 24 : Récapitulatif du devis estimatif.....	58
Tableau 25 : Axe en plan.....	II
Tableau 26 : Récapitulatif des sondages	VII
Tableau 27 : Résultats détaillés méthode rationnelle	VII
Tableau 28 : Pluies maximales journalières	IX
Tableau 29 : Pluies journalières	XI
Tableau 30 : Pluie annuelle moyenne	XII
Tableau 31 : Analyse fréquentielle des pluies annuelles.....	XIV
Tableau 32 : Dénivelées issues des courbes hypsométriques.....	XV
Tableau 33 : Résultats de Kr10	XXIII
Tableau 34 : Equations de détermination du débit selon CIEH	XXVIII
Tableau 35 : Paramètres de calcul du débit selon la méthode CIEH	XXVIII
Tableau 36 : Equations de calcul du débit selon la méthode CIEH	XXVIII
Tableau 37 : Dimensionnement hydraulique des sections des dalots	IX
Tableau 38 : Valeur de a_1	XIII
Tableau 39 : Valeur de V_0 en fonction de la classe du pont.....	XIII
Tableau 40 : Coefficient de pondération b_c	XIV
Tableau 41 : Récapitulatif des surcharges routières.....	XXIV

Tableau 42 : Récapitulatif des charges permanentes.....	XXIV
Tableau 43 : Sources d'impact du projet	LXI
Tableau 44 : Plan de Gestion Environnemental et Social	LXII
Tableau 45 : Mesures d'atténuations proposées	LXIII
Tableau 46 : Panneaux de signalisation	LXIV
Tableau 47 : Devis estimatif et quantitatif	LXVI

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la structure d'accueil	6
Figure 2 : Carte de la zone d'étude	9
Figure 3 : Classe de trafic LCPC.....	23
Figure 4 : Lecture du CAM	25
Figure 5 : Classe de plateforme.....	27
Figure 6 : Résultat du dimensionnement de la variante 1	30
Figure 7 : Résultat du dimensionnement de la variante 2	32
Figure 8 : Résultat du dimensionnement de la variante 3	33
Figure 9 : Présentation des bassins versants.....	36
Figure 10 : Types de lignes	56
Figure 11 : Coefficient de ruissellement	IX
Figure 12 : Analyse fréquentielle des pluies maximales journalières	XI
Figure 13 : Analyse fréquentielle des pluies annuelles	XIV
Figure 14 : Courbe hypsométrique du bassin versant 3	XV
Figure 15 : Courbe de la hauteur réduite en fonction du débit.....	XXX
Figure 16 : Courbe de la pente critique en fonction du débit.....	XXXI
Figure 17 : Courbe de calcul de la vitesse de sortie	XXXII
Figure 18 : Diagramme du moment fléchissant	XXVI

Introduction

Le Burkina Faso, pays enclavé d'Afrique de l'Ouest, est confronté à de nombreux défis socio-économiques qui freinent son développement. Parmi ceux-ci, les problématiques liées à la mobilité et à l'accessibilité, tant en milieu rural qu'urbain, constituent des obstacles majeurs au progrès économique, social et culturel. L'insuffisance d'infrastructures de transport performantes, en particulier dans les zones périphériques, limite considérablement les échanges commerciaux, l'accès aux services publics essentiels et l'amélioration des conditions de vie des populations.

Dans ce contexte, la réalisation d'une route bitumée sur l'axe Gana-Ipelcé, d'une longueur de 21 kilomètres, s'inscrit comme une intervention stratégique en matière de renforcement des infrastructures routières nationales. Ce projet a pour objectif principal de désenclaver les localités situées dans la région du Centre-sud et de faciliter les échanges entre ces zones rurales et les principaux pôles économiques du pays.

L'axe Gana-Ipelcé constitue un corridor de transport essentiel pour la circulation des personnes et des marchandises. Il dessert des zones rurales où les populations sont souvent confrontées à de grandes difficultés d'accès, ce qui a des répercussions notables sur l'accès à l'éducation, aux soins de santé, ainsi que sur la performance des activités agricoles et commerciales. La modernisation de cette route permettra non seulement de réduire les coûts liés au transport, mais aussi de dynamiser l'économie locale en facilitant l'écoulement des productions vers de nouveaux marchés, tout en créant un environnement favorable à l'investissement.

L'enjeu de ce projet dépasse ainsi la seule amélioration de la connectivité routière ; il s'inscrit dans une vision plus large de développement durable et de réduction des inégalités territoriales. C'est dans cette dynamique que s'insère le présent travail de fin de cycle, qui porte sur : **l'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale N°47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso.**

L'objectif principal est de fournir un dossier d'exécution complet pour les travaux d'aménagement. La réalisation de l'objectif général repose sur l'atteinte de plusieurs objectifs spécifiques, à savoir : la conception géométrique de la route, le dimensionnement structurel de la chaussée, l'étude de l'assainissement, l'élaboration d'une notice d'impact environnemental

et social, ainsi que l'évaluation estimative du coût du projet. Ce travail vise à produire, en priorité, un rapport de synthèse, accompagné d'une description détaillée des méthodes de conception et de dimensionnement employées, de notes de calcul pour les différentes structures, ainsi que des plans de coffrage, d'aménagement et d'exécution.

Ce mémoire s'organise en six (06) chapitres principaux, structurés de la manière suivante :

- Le **premier chapitre** est consacré à la présentation de la structure d'accueil ainsi qu'à la description générale du projet ;
- Le **deuxième chapitre** traite de la conception géométrique de la route et du dimensionnement structurel de la chaussée ;
- Le **troisième chapitre** porte sur l'étude de l'assainissement de la zone concernée par le projet ;
- Le **quatrième chapitre** est dédié à l'analyse de l'impact environnemental et social du projet ;
- Le **cinquième chapitre** examine les dispositifs de signalisation, les équipements de sécurité routière à prévoir, ainsi que les aménagements à réaliser le long du tronçon étudié ;
- Enfin, le **sixième chapitre** présente l'avant-métré des travaux ainsi que l'estimation prévisionnelle des coûts.

Chapitre I. Présentation de la structure d'accueil et du projet

I.1.Présentation de la structure d'accueil

GTAH-IC est un bureau d'études pluridisciplinaire intervenant dans divers secteurs tels que le génie civil, l'hydraulique et d'autres domaines connexes. Présent dans plusieurs pays africains, il met son expertise au service de projets d'envergure continentale.

I.1.1. Historique

Fondée en 1988 à Ouagadougou, au Burkina Faso, la société GTAH-IC a été transformée en Société à Responsabilité Limitée (SARL) en 1995. Forte de plus de 25 années d'expérience, elle a étendu son rayonnement à l'international, avec des implantations désormais présentes au Mali, au Niger et au Togo. Inscrit au registre de commerce sous le numéro RCCM BF OUA 2011 M4531 dont les références sont les suivantes :

Tableau 1: Références de GTAH

Tél : (226) 25 38 83 12 Fax :(226) 25 39 77 23
N°I.F. U : 00000 422 N
N° immatriculation CNSS : 23182Y
Boite Postale : 01 BP 4814 Ouagadougou 01
Adresse géographique : Rue 15.330 Porte 51, secteur 15
E-Mail : gtah@fasonet.com
N° agrément Fournisseur de l'état : 472/2004

I.1.2. Domaines d'intervention

- ❖ Bâtiments, génie civil ;
- ❖ Infrastructures de transport, VRD ;

- ❖ Développement urbain
- ❖ Aménagement de l'espace rural ;
- ❖ Aménagement hydro-agricole et foncier ;
- ❖ Approvisionnement en eau potable (AEP) ;
- ❖ Hydraulique fluviale ;
- ❖ Energies (énergie hydraulique, énergie nouvelle et énergie renouvelable) Il assure les missions suivantes :
 - ❖ Ingénierie ;
 - ❖ Supervision des travaux (gestion et conduite de chantiers, pilotage des opérations, vérification de l'exécution) ;
 - ❖ Organisation opérationnelle et appui technique (planification et suivi des interventions sur site) ;
 - ❖ Elaboration de plans sectoriels et régionaux de développement ;
 - ❖ Réalisation d'études de faisabilité technique, économique et sociale ;
 - ❖ Conduite d'activités de sensibilisation, de formation et de diffusion de l'information ;
 - ❖ Réalisation d'études spécialisées : topographie, pédologie, géotechnique, hydrologie, géologie, agro-climatologie, agronomie, économie, sociologie, agro-socio-économie, ainsi qu'analyses de marché ;
- ❖ Education et communication.

I.1.3. Structuration de GTAH-IC

L'entreprise GTAH est organisée en :

- Une direction générale
- Une direction technique
- Un Département des Infrastructures et du Développement Urbain (DIDU)
- Un Département des Aménagements et du Développement Rural (DADER)
- Un Département, Prospection et Développement (DPD)

Ces départements sont soutenus par des services et cellules techniques qui sont :

- Le secrétariat de direction
- Le secrétariat des départements techniques
- Les services topographie et dessin
- Le Service administratif et financier

I.1.4. Organigramme de GTAH-IC

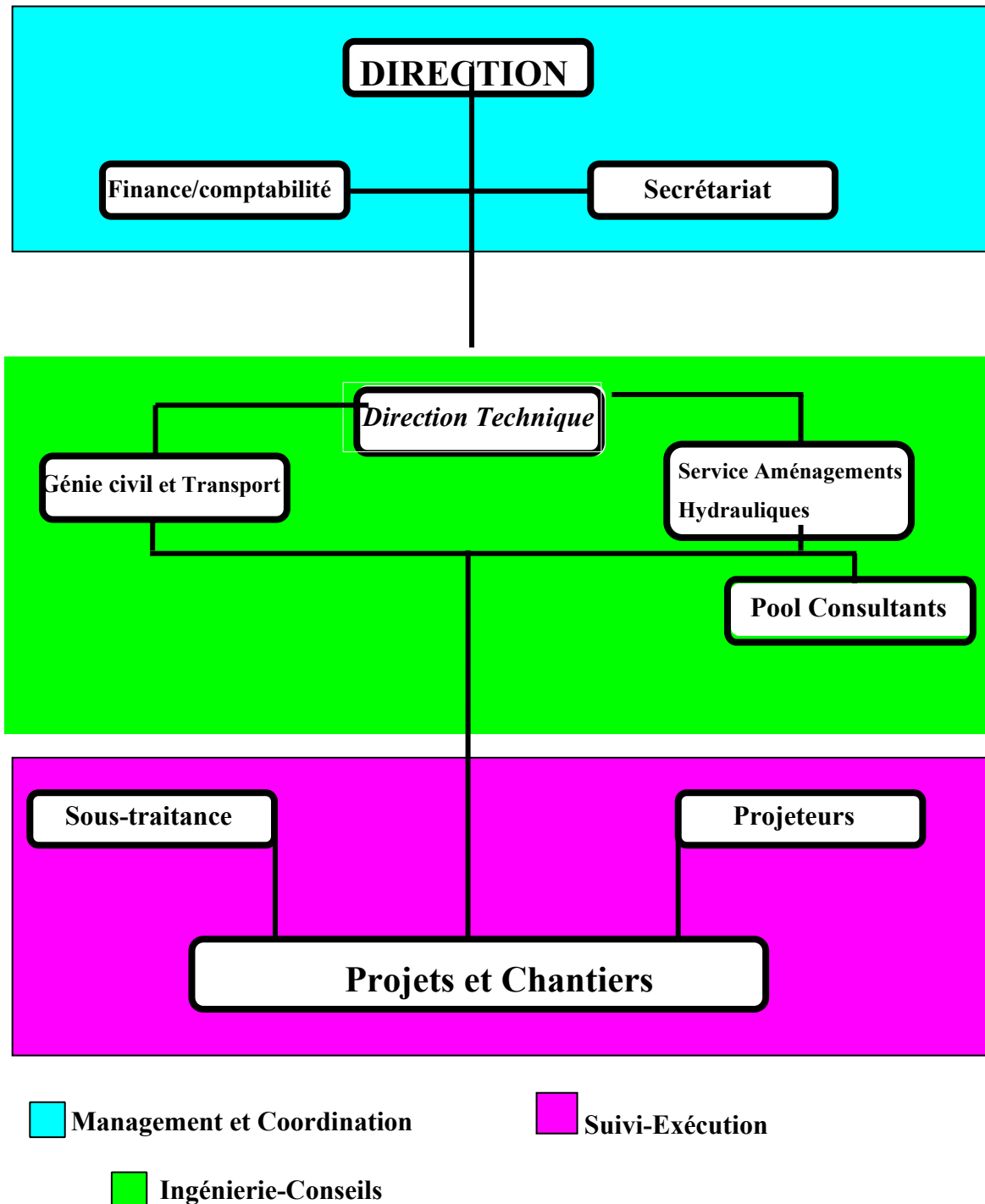


Figure 1 : Organigramme de la structure d'accueil

I.2.Présentation du projet

I.2.1. Contexte et justification du projet

Au Burkina Faso, comme dans de nombreux pays à travers le monde, le secteur des transports constitue un levier fondamental du développement économique et social. Il facilite les échanges de biens et la mobilité des personnes, contribuant ainsi à la croissance économique et à l'amélioration des conditions de vie. Le transport routier y occupe une place prépondérante, représentant le principal mode de liaison entre les différentes régions du pays. Toutefois, le réseau routier national présente un état de dégradation avancé et demeure particulièrement vulnérable face aux conditions environnementales défavorables, qui compromettent sa durabilité. Par ailleurs, la faiblesse du réseau ferroviaire, tant en termes de couverture que de praticabilité, limite fortement les capacités logistiques du pays.

Face à ce constat, le gouvernement de transition a fait du développement et de l'entretien des infrastructures de transport une priorité stratégique. Le Ministère des Infrastructures et du Désenclavement a ainsi mis en œuvre plusieurs programmes ambitieux portant sur l'entretien, la construction et le bitumage de routes, ainsi que la réalisation d'ouvrages de franchissement, de voiries urbaines et de postes de péage. Ces actions visent à améliorer durablement la qualité du réseau routier et à renforcer la connectivité entre les différentes régions.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet d'aménagement et de bitumage de la route départementale n°47 (RD47), qui répond aux besoins spécifiques de la localité concernée en matière de mobilité et d'accès aux services essentiels. Ce projet poursuit plusieurs objectifs : stabiliser le trafic routier, améliorer l'attractivité du pays sur le plan régional et international, et moderniser les infrastructures de transport.

En effet, des routes modernisées et bien entretenues permettent de réduire les temps de trajet, d'optimiser le transport de marchandises, et d'améliorer la sécurité des usagers. Elles constituent également un facteur clé pour dynamiser l'économie locale et nationale. Ce projet, en particulier, devrait contribuer à réduire les accidents liés à l'état dégradé des chaussées, tout en fluidifiant la circulation et en facilitant une meilleure répartition du trafic urbain. À terme, cela favorisera une organisation plus efficiente de l'espace urbain, limitera les embouteillages et participera à l'amélioration du cadre de vie.

L'aménagement de la RD47 apportera également une transformation notable de l'image de la ville, en lui conférant un aspect plus structuré et attractif. Ce type d'infrastructure est en effet indispensable pour attirer les investissements, encourager le développement du tourisme, et stimuler la croissance économique locale. En outre, la modernisation du réseau routier peut avoir un effet positif sur l'environnement, notamment par la réduction des émissions de gaz à effet de serre liées à la congestion et à la dégradation des voies de circulation. Ainsi, ce projet s'inscrit pleinement dans une vision globale de développement durable et constitue une étape clé dans la stratégie nationale d'amélioration des infrastructures de transport au Burkina Faso.

I.2.2. Localisation et description du projet

Le Burkina Faso est un pays situé en Afrique de l'Ouest, limitrophe du Mali au nord-ouest, de la Côte d'Ivoire au sud-ouest, du Ghana au sud, du Togo et du Bénin au sud-est, ainsi que du Niger au nord-est. Il se trouve entre les latitudes 9° et 15° nord, et les longitudes 6° et 3° ouest, occupant ainsi une position géographique stratégique au cœur de la région sahélienne.

D'une longueur de 21km, la route GANA-IPELCE est un tronçon de la route départementale N°47 (RD47) reliant Gana à l'embranchement de la RD39 et sa fin à Ipelcé embranchement RN6.

Elle est située dans la région du Centre-sud et plus précisément dans la province de Bazèga en traversant les principaux villages de Seloghun, Doulougou et Bangleongo.

La localisation de la zone d'étude est présentée par la figure ci-après :

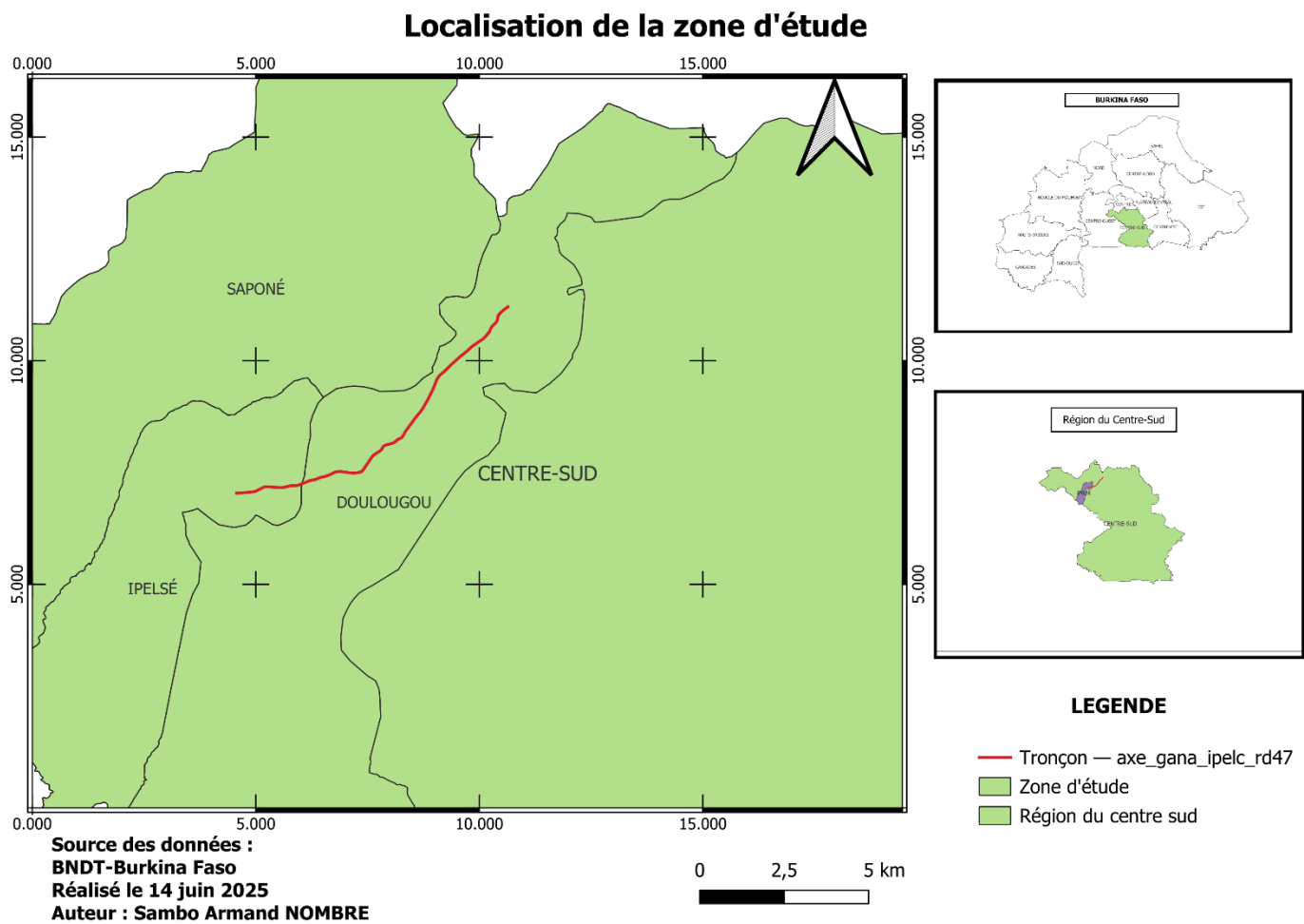


Figure 2 : Carte de la zone d'étude

I.2.3. Climat et relief de la zone

Le Burkina Faso présente un climat tropical de type soudano-sahélien, caractérisé par une forte variabilité des précipitations. Les niveaux pluviométriques moyens varient sensiblement selon les régions, allant d'environ 350 mm annuels dans les zones septentrionales à plus de 1 000 mm dans le sud-ouest. Ce climat se divise en deux saisons bien distinctes : une saison des pluies, s'étendant généralement de mai-juin à septembre, avec des précipitations oscillantes entre 300 mm et 1 200 mm, et une saison sèche dominée par l'harmattan, vent chaud et sec en provenance du désert saharien.

Sur le plan géomorphologique, la région du Centre-Sud est principalement constituée d'une pénéplaine, caractérisée par un relief globalement plat à faiblement vallonné. Ce paysage est ponctué par quelques collines résiduelles, témoins d'un ancien socle précambrien érodé. Le sol, riche en latérite, présente une teinte ocre typique de la région. Toutefois, la relative planéité du relief limite la capacité de rétention des eaux pluviales, ce qui se traduit par une disponibilité hydrique souvent insuffisante et une vulnérabilité accrue aux épisodes de sécheresse.

I.2.4. Végétation

La végétation de la région est typique des zones de savane, dominée par des espèces herbacées, des arbustes, ainsi que quelques essences arborées telles que le karité (*Vitellaria paradoxa*), le néré (*Parkia biglobosa*), le baobab (*Adansonia digitata*) et le caïlcédrat (*Khaya senegalensis*). Toutefois, cette couverture végétale subit une dégradation progressive en raison des activités anthropiques, notamment la déforestation et l'extension des superficies agricoles, qui exercent une pression croissante sur l'équilibre de l'écosystème.

I.3. Objectifs de l'étude

I.3.1. Objectif général

L'objectif principal de ce travail est de constituer un dossier technique complet pour l'exécution des travaux d'aménagement et de bitumage de la route départementale 47 (RD47) entre Gana et Ipelcé, sur une longueur de 21 kilomètres.

I.3.2. Objectifs spécifiques

Pour atteindre notre objectif général, plusieurs objectifs spécifiques ont été établis :

- Décrire la zone du projet en précisant l'ensemble des données utilisées (climatiques, hydrologiques, géotechniques, géométriques, etc.) ;
- Analyser les propriétés géotechniques des matériaux constituant la chaussée existante ainsi que des matériaux d'emprunt, puis réaliser le dimensionnement structurel de la chaussée ;
- Concevoir la géométrie des aménagements routiers (profils en travers types, tracé en plan, profil en long et plans types des aménagements des zones particulières) ;
- Réaliser une étude de l'assainissement et dimensionner les ouvrages nécessaires ;
- Mener une étude de signalisation et de sécurité routière ;
- Effectuer une synthèse de l'étude d'impact environnemental et social (notice) ;

- Élaborer un devis estimatif et quantitatif.

I.4. Données de base

Dans le cadre de notre étude, il a été nécessaire de collecter un ensemble de données essentielles, dont les principales sont les suivantes :

I.4.1. Données topographiques

Un plan topographique de base intégrant l'ensemble des levés de détail a été fourni par le bureau d'études, servant de support à la conception géométrique du projet. Les logiciels Covadis et AutoCAD ont été utilisés pour la modélisation et le traitement des données topographiques.

I.4.2. Données géotechniques

Les études géotechniques indispensables pour le dimensionnement de la chaussée ont été réalisées par le LNBTP du Burkina Faso en partenariat avec le bureau d'étude GTAH-IC.

I.4.3. Données relatives au trafic

Dans le cadre de cette étude, un comptage a été effectué en 2024 afin de définir un trafic moyen journalier annuel (TMJA).

I.4.4. Données hydrologiques

Dans le cadre de cette étude, les données provenant de l'imagerie satellitaire ainsi que celles recueillies par les stations météorologiques de Ouagadougou ont permis de dimensionner de manière adéquate nos ouvrages hydrauliques, afin de prévenir les effets néfastes d'une éventuelle crue sur la chaussée.

I.4.5. Données géométriques

Les caractéristiques géométriques, indispensables à la conception de ce projet d'aménagement, se présentent comme suit :

- La vitesse de référence VR ;
- Nombre de chaussées et voies de circulation ;
- Accotement ;

- Devers

Tableau 2 : Caractéristiques techniques pour l'aménagement¹

PROFILS EN TRAVERS				
Désignation du Paramètre		Symbole (unité)	Rase Campagne	Zone d'agglomération
Largeur de plate-forme		(m)	10,20	12,20
Largeur de chaussée		(m)	7,20	8,20
Accotements		(m)	1,50 x 2	2,00 x 2
AXE EN PLAN				
Désignation Paramètre		Symbole (unité)	Rase Campagne	Zone d'agglomération
Dévers minimal		δ m(%)	2,5	2,5
Dévers maximal		δ M (%)	6	6
Rayon en Plan (RH)	Minimal absolu	RHm (m)	450	120
	Minimal normal	RHN (m)	665	240
	au dévers minimal	RH" (m)	900	450
	non déversé	RH' (m)	1300	450
PROFIL EN LONG				
Désignation Paramètre		Symbole (unité)	Rase Campagne	Zone d'agglomération
Déclivité maximale		δ M (%)	5	-
Rayon en angle saillant	Minimal absolu	RVm (m)	10000	1600
	Minimal normal	RVN' (m)	17000	4500
Rayon en angle rentrant	Minimal absolu	RVm (m)	3000	1500
	Minimal normal	RVN' (m)	4200	2200
Le rayon minimal en plan est fixé à 450 mètres en milieu rural et à 120 mètres en zone urbaine, tandis que le dévers maximal est limité à 6 %, sauf en cas de contraintes particulières validées par le Maître d'œuvre. En section courante, la chaussée ainsi que les accotements présenteront une pente transversale de 2,5 %. Les pentes des talus de déblais (1H/1V) et de remblais (3H/2V), ainsi que les largeurs des bermes éventuelles prévues dans le projet, pourront être ajustées par ordre de service du Maître d'œuvre durant l'exécution des travaux.				

Chapitre II. Etude géométrique de la route et dimensionnement structurel de la chaussée

II.1. Etude géométrique

La conception géométrique d'une infrastructure routière représente une phase clé dans le développement d'un projet d'aménagement. Elle vise à déterminer les paramètres fondamentaux de la route, tels que la configuration du profil en travers (y compris le nombre de voies), la vitesse de conception, ainsi que le type et la classification de la voie. Ces choix initiaux permettent ensuite de définir les éléments géométriques détaillés, notamment le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers. Cette démarche vise à garantir des conditions optimales de sécurité, de confort et de visibilité pour les usagers. Pour le présent projet, les critères géométriques seront établis conformément aux directives du manuel technique Aménagement des Routes Principales (ARP)², qui fait référence en matière de conception routière dans le contexte considéré.

II.1.1. Choix du type et de la catégorie de la route

Le choix du type de route dépend surtout de la nature de la liaison à réaliser entre deux villes ou agglomérations importantes. Il est essentiel que l'infrastructure réponde aux besoins de circulation locale et de transit à plus grande échelle.

On distingue généralement trois grands types de routes :

- Les routes de type L : ce sont les autoroutes, conçues pour relier des grandes villes entre elles. Elles offrent un service de haute qualité, avec un trafic rapide, fluide et sécurisé.
- Les routes de type T : appelées aussi routes express à une chaussée, elles permettent un bon écoulement du trafic sur des distances moyennes ou longues, mais avec un niveau d'équipement inférieur à celui des autoroutes.
- Les routes de type R : ce sont les routes les plus courantes dans les zones rurales. Elles assurent à la fois le trafic de transit et la desserte des localités traversées.

Ensuite, pour chaque type de route, on choisit une catégorie en fonction de la vitesse de référence, qui est la vitesse qu'on peut maintenir en sécurité sur toute la longueur du tracé, mais aussi selon les contraintes du terrain et les aspects économiques. Chaque catégorie a des exigences techniques précises, surtout pour le tracé en plan et en profil, qui influencent le confort de conduite.

Pour les routes de type R, on distingue deux grandes catégories :

- R60 : utilisée dans les zones à relief marqué (terrain vallonné), avec un tracé adapté aux contraintes du terrain.
- R80 : réservée aux zones plus plates, permettant une vitesse plus élevée.

De la même manière, pour les routes de type T, il existe deux catégories :

- T80 : adaptée aux zones vallonnées, avec une vitesse modérée.
- T100 : utilisée dans les zones peu accidentées, permettant une vitesse plus élevée et un trafic plus fluide.

Dans le cadre de ce projet, et selon les Termes de Référence (TDR), les choix suivants ont été faits :

- En agglomération : une route de type R, catégorie R60, a été retenue. Ce choix est adapté à la fonction de desserte urbaine tout en assurant le passage du trafic interurbain.
- En rase campagne : une route de type T, catégorie T100, a été choisie, car elle permet une vitesse plus élevée et une bonne fluidité du trafic sur de longues distances.

II.1.2. Tracé en plan

Le tracé en plan, constitué d'une succession d'alignements droits et de courbes, joue un rôle essentiel dans la sécurité et le confort de conduite. Un tracé bien conçu permet une conduite fluide, limite les manœuvres brusques et réduit les risques d'accident.

Il est important de noter que plus le rayon des courbes est réduit, plus l'inconfort ressenti par les usagers est élevé, notamment en termes de sollicitations latérales et de variations de

trajectoire. Ainsi, le choix des rayons et des longueurs d'alignement est fondamental pour garantir un niveau de confort acceptable.

Le tableau ci-après présente les principaux paramètres du tracé en plan retenus pour le projet, conformément aux prescriptions des termes de référence (TDR) :

Tableau 3 : Paramètres du tracé en plan

Catégorie de route	R60	T100
Rayon minimal absolu (m)	120	425
Rayon minimal normal (m)	240	665
Rayon au devers minimal (m)	450	900
Rayon non déversé (m)	450	1300

Les raccordements progressifs sont employés lorsque le rayon choisi est déversé. Leur conception dépend à la fois du rayon de la courbe retenu et de la vitesse de référence correspondante. Ils se caractérisent par deux paramètres principaux : la longueur L et le paramètre A . Ces deux grandeurs sont liées par la relation suivante :

$$A^2 = L \times R$$

La longueur de raccordement est quant à elle déterminée par la formule suivante :

$$L = \min (6R^{0.4}; 67.0 \text{ m})$$

Nous avons été amenés à modifier le tracé en plan initial. En effet, afin de respecter les exigences définies dans les TDR, il a été nécessaire d'élargir la chaussée. Ainsi, la largeur de la route a été portée à **12,2 mètres en agglomération** et à **10,2 mètres en rase campagne**.

II.1.3. Tracé du profil en long

Le profil en long, également appelé calage de la « ligne rouge », correspond à une coupe verticale réalisée suivant l'axe principal du tracé planimétrique. Cette représentation intègre la configuration de la structure de la chaussée ainsi que les ouvrages prévus, tout en respectant les normes de conception en vigueur. Elle fournit des données précises sur les altitudes et les pentes de la voie. L'établissement du calage de la ligne rouge doit viser une optimisation des volumes

de terrassements, en équilibrant au mieux les déblais et les remblais, afin de minimiser les coûts liés au transport et à la gestion des matériaux. Toutefois, il est souvent préférable que la route soit positionnée en remblai, ce qui facilite le drainage naturel des eaux pluviales

Les principaux paramètres régissant le tracé du profil en long sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Paramètres du profil en long

Désignation du Paramètre		Symbole (unité)	V _r = 100 km/h	V _r = 60 km/h
Déclivité maximale		δ M (%)	5	7
Rayon en angle saillant	Minimal absolu	RVm (m)	10000	1600
	Minimal normal	RVN' (m)	17000	4500
Rayon en angle rentrant	Minimal absolu	RVm (m)	3000	1500
	Minimal normal	RVN' (m)	4200	2200

II.1.4. Tracé du profil en travers

Les paramètres du profil en travers sont renseignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Paramètres du profil en travers

Désignation du Paramètre	Unité	V _r = 100 km/h	V _r = 60 km/h
Largeur de plate-forme	m	10,20	12,20
Largeur de chaussée	m	7,20	8,20
Accotements	m	1,50 x 2	2,00 x 2
Pente de la chaussée	%	2,5	2,5
Pente du fond de forme	%	2,5	2,5
Pente des accotements	%	4	4
Pente de talus de déblais	/	1/1	1/1
Pente de talus de remblais	/	2/3	2/3

II.2. Dimensionnement structurel de la chaussée

II.2.1. Généralités sur les chaussées

II.2.1.1. Définition de la chaussée

La chaussée constitue la partie de la route ou de la rue spécialement aménagée pour la circulation des véhicules et, dans certains cas, des piétons. Elle se compose principalement de la couche de roulement, de la couche d'assise incluant la couche de base et la couche de fondation, ainsi que de la plateforme de support et, éventuellement, d'autres couches complémentaires. La couche de roulement, élément supérieur de la structure, est conçue pour supporter le passage répété des véhicules. Elle est généralement réalisée à partir de matériaux bitumineux ou hydrauliques, afin de garantir à la fois le confort et la sécurité des usagers. Cette couche doit également présenter une bonne durabilité, c'est-à-dire une capacité à conserver ses performances sur le long terme, en résistant aux sollicitations imposées par le trafic pour lequel elle a été dimensionnée.

II.2.1.2. Rôle des couches de chaussée

L'objectif principal de la chaussée est de supporter les charges induites par le trafic routier. Sa structure repose sur un sol support et se compose de plusieurs couches superposées, chacune jouant un rôle spécifique dans la répartition des charges et la durabilité de l'ensemble.

- La couche de surface : Située à la partie supérieure de la chaussée, elle comprend généralement une couche de roulement et une couche de liaison. Souvent désignée sous le terme de "revêtement routier", cette couche est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et exposée aux conditions climatiques. Son rôle est multiple : résister aux sollicitations mécaniques induites par le passage des véhicules, assurer l'étanchéité de la chaussée afin de limiter l'infiltration de l'eau, et garantir le confort ainsi que la sécurité des usagers.

- La couche de base : Positionnée sous la couche de surface, elle fait partie, avec la couche de fondation, de l'assise de la chaussée. Elle a pour fonction de répartir les contraintes générées par le trafic vers les couches inférieures, contribuant ainsi à la stabilité et à la longévité de l'ouvrage.

-La couche de fondation : Reposant directement sur le sol naturel, cette couche offre un appui stable aux couches supérieures. Elle est particulièrement importante lorsque le sol en place présente une faible portance ou une instabilité, car elle permet une distribution homogène des charges vers le sol support.

Sous la structure de la chaussée proprement dite se trouve la partie terrassement, également constituée de plusieurs éléments :

- La plateforme support de chaussée, qui assure la transition entre la chaussée et les terrassements. Elle correspond à la surface supérieure de la couche de forme.
- La couche de forme, destinée à améliorer la portance du sol support. Elle peut être omise si la portance naturelle des terrassements est suffisante (entre 50 MPa et 200 MPa). Une couche de finition, composée de gravier clouté ou de bitume liquide, peut être ajoutée pour la protéger.
- L'arase de terrassement, une couche complémentaire de la plateforme.
- Le sol support, qui constitue la partie supérieure des terrassements. Il peut s'agir de remblais (sols rapportés et surélevés) ou de déblais (sols naturels abaissés). La nature du sol support varie selon la géologie locale : sols argileux fins, sols marno-calcaires, sables, graviers, etc.

II.2.1.3. Les types de structures de chaussée

Chaque type de structure de chaussée est conçu pour répondre aux exigences spécifiques d'une route, en tenant compte de plusieurs paramètres tels que l'intensité du trafic, la nature des véhicules empruntant l'axe, les conditions climatiques locales, ainsi que les caractéristiques géotechniques du sol. On distingue plusieurs grandes catégories de chaussées, chacune présentant des particularités structurales diverses :

- Les chaussées souples à couverture bitumineuse mince sont composées d'une couche de surface d'épaisseur inférieure à 15 cm, pouvant parfois se réduire à un simple enduit dans le cas de voies à très faible trafic. Cette couche repose sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités. L'épaisseur totale de ces structures varie généralement entre 30 et 60 cm.
- Les chaussées bitumineuses épaisses intègrent une couche de roulement en matériaux bitumineux, reposant sur un corps de chaussée constitué de matériaux traités avec des

liants hydrocarbonés. Elles comprennent généralement une ou deux couches (base et fondation), dont l'épaisseur totale oscille entre 15 et 40 cm.

- Les structures de chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques, couramment désignées comme semi-rigides, sont constituées d'une couche de roulement bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités, généralement organisée en deux niveaux : la base et la fondation. L'épaisseur globale de ce type de structure varie habituellement entre 20 et 50 cm.
- Les chaussées en béton de ciment se distinguent par une couche de roulement en béton, d'une épaisseur comprise entre 15 et 40 cm. Cette dernière peut être recouverte d'une fine couche bitumineuse, et repose soit sur une fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques ou en béton de ciment, soit sur une couche drainante en grave non traitée, ou encore sur un enrobé reposant lui-même sur une couche de forme traitée.
- Les chaussées à structure mixte associent une couche de roulement et une base en matériaux bitumineux (la base mesurant entre 10 et 20 cm d'épaisseur), sur une fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques (épaisseur comprise entre 20 et 40 cm). Ces structures sont qualifiées de mixtes lorsque l'épaisseur des couches bitumineuses représente environ la moitié de l'épaisseur totale de la chaussée.
- Les chaussées à structure inverse sont constituées de couches bitumineuses totalisant environ 15 cm d'épaisseur, disposées sur une couche intermédiaire en grave non traitée (environ 12 cm), elle-même reposant sur une fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques. L'ensemble de la structure atteint une épaisseur comprise entre 60 et 80 cm.

Par ailleurs, certaines chaussées en béton peuvent être réalisées sous forme de dalles continues avec armature longitudinale (béton armé continu), ou discontinues, avec ou sans liaison au niveau des joints. Ces structures combinent les avantages du béton de ciment notamment sa durabilité et sa rigidité élevée avec ceux des matériaux bitumineux, appréciés pour leur souplesse et leur capacité à absorber les déformations. Leur intérêt réside dans la qualité de l'interface entre les différentes couches, garantissant une adhérence mécanique durable et performante, tant sur le plan technique qu'économique.

II.2.2. Données de l'étude

II.2.2.1. La durée de vie

La méthode de dimensionnement repose sur les résultats des essais CBR, ainsi que sur le nombre cumulé d'essieux standard estimé sur la durée de vie de la chaussée (soit 20 ans). Ces paramètres permettent de déterminer l'épaisseur optimale des différentes couches de la structure.

II.2.2.2. La plateforme

La **portance de la plate-forme (PF)** correspond à la capacité des couches situées sous le corps de chaussée à résister aux sollicitations mécaniques (contraintes et déformations) induites par le trafic et transmises via les couches supérieures de la structure.

La plate-forme constitue le support fondamental de la chaussée ; sa qualité structurelle conditionne donc directement l'épaisseur et la performance des couches supérieures.

Dans le Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP)³, cinq classes de sols de plate-forme sont définies, chacune étant caractérisée par une plage d'indice CBR. Ces classifications permettent d'orienter le choix des matériaux et des épaisseurs à adopter en fonction des conditions de sol rencontrées.

Tableau 6 : Classes de portance du sol

S1	CBR < 5	Portance très faible
S2	5 < CBR < 10	Portance faible
S3	10 < CBR < 15	Portance moyenne
S4	15 < CBR < 30	Portance bonne
S5	CBR > 30	Portance très bonne

II.2.2.3. Résultats des sondages géotechniques

Les sondages ont été réalisés à des distances régulières, espacées de 500 mètres en agglomération et de 1 kilomètre en milieu rural, en stricte conformité avec les termes de référence (TDR). Les échantillons prélevés ont ensuite été soumis à des essais en laboratoire, conformément aux normes ci-dessous :

- **Analyse granulométrique** : NF P 94-056
- **Limites d'Atterberg** : NF P 94-051
- **Essai Proctor modifié** : NF P 94-093
- **Essai de portance CBR** : NF P 94-078

Les résultats des essais géotechniques sont répertoriés dans le tableau 23 en annexe 2 (Etude géotechnique).

Les investigations géotechniques ont mis en évidence des classes de portance S5, S4 et S2 sur l'ensemble du tracé. Pour le dimensionnement de la structure, la classe de portance S4 a été retenue comme référence pour l'ensemble du projet. Ce choix se justifie par la prédominance des sols S4 de très bonne qualité, tandis que les zones localement moins performantes feront l'objet de purges et seront remplacées afin de garantir une homogénéité du support. Un CBR de 25 sera retenu afin de considérer une plateforme présentant une très faible déformabilité pour la suite de l'étude.

Tableau 7 : Épaisseur minimale de purge selon la qualité du matériau

Nouvelle classe de plate-forme	Qualité du matériau	Epaisseur minimale
S2	S3	35 cm
S2	S4	30 cm

Le sol en place, classé S2, sera remplacé par un matériau de classe S4 sur une profondeur de 30 cm. Cette substitution est réalisée conformément aux recommandations du CEBTP, et plus précisément au tableau indiquant les épaisseurs minimales de purge en fonction de la qualité du sol extrait.

II.2.2.4. Le trafic

Dans le cadre du dimensionnement de la structure de chaussée pour notre projet d'aménagement routier, la détermination du trafic constitue une étape essentielle permettant d'évaluer la sollicitation mécanique que subira la chaussée au cours de sa durée de vie. Cette sollicitation est exprimée en nombre d'essieux standard équivalent, rapportée en essieux équivalents de 13t, conformément aux méthodes de dimensionnement usuelles, telles que celles préconisées par le Guide de dimensionnement des structures de chaussées (SETRA-LCPC)⁴.

Pour ce faire, un comptage routier a été effectué sur le tronçon concerné afin d'obtenir des données représentatives de la circulation actuelle. Ce comptage, réalisé dans les deux sens de circulation, a permis de recenser un total de **237 véhicules/jour**, tous types confondus.

L'analyse de la composition du trafic révèle que les véhicules poids lourds (VPL) représentent 33 % du volume total, soit une part significative. Cette proportion est particulièrement déterminante dans le dimensionnement de la chaussée, les poids lourds étant les plus contraignants en termes de sollicitations mécaniques transmises à la structure.

Toutefois, il est important de souligner que ce trafic a été observé dans des conditions actuelles où la route est encore en état non aménagé, ce qui limite son attractivité et son usage potentiel. En effet, l'amélioration de l'infrastructure, notamment par la mise en œuvre d'un revêtement bitumineux, entraînera une augmentation prévisible du trafic. Ce phénomène est désigné sous le terme de trafic induit, et correspond aux véhicules supplémentaires qui circuleront du fait de la meilleure accessibilité, du confort de conduite accru, ainsi que de l'attractivité économique générée par l'aménagement.⁵

Dans le cadre de cette étude, et à partir d'une analyse contextuelle tenant compte de projets similaires et des caractéristiques socio-économiques locales, un taux de trafic induit de 32,5 % a été retenu. Ce pourcentage est appliqué au trafic existant pour estimer le trafic futur auquel la chaussée sera réellement soumise après aménagement.

Le rapport économique préconise une valeur du taux d'accroissement de trafic de 6,62%.

Tableau 8 : Paramètres de calcul du trafic

Trafic total	237 véhicules
% de véhicules poids lourds	33%
Trafic induit	32,50%
Coefficient de répartition transversale	0,5

- Le nombre de poids lourds à l'année de comptage 2024 :

TMJA (année de comptage) = Nombre total de véhicules × % de poids lourds × % trafic induit × CRT où CRT représente le coefficient de répartition transversale égale à 0.5 pour les chaussées de plus de 6m de largeur selon le guide LCPC-SETRA.

$$TMJA = 237 \times 0,33 \times 1,325 \times 0,5$$

$$TMJA = 52 \text{ PL}$$

Classe du TMJA = **T3⁻** selon le guide Lcpc-SETRA

<i>Tableau VI.2.1. Définition des classes de trafic</i>													
Classe	T5	T4	T3		T2		T1		T0		TS		TEX
			T3 ⁻	T3 ⁺	T2 ⁻	T2 ⁺	T1 ⁻	T1 ⁺	T0 ⁻	T0 ⁺	TS ⁻	TS ⁺	
MJA	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1 200	2 000	3 000	5 000

Figure 3 : Classe de trafic LCPC

Calculons le Trafic moyen journalier pour l'année de mise en service (2026)

$$t_{2026} = t_0 (1+i)^n$$

$$t_{2026} = 52 (1+0.0662)^{2026-2024}$$

$$t_{2026} = \mathbf{59 \text{ PL}}$$

avec :

- t_0 : le trafic moyen journalier à l'année de comptage
- i : coefficient d'accroissement géométrique pris égale à 6,62% conformément au rapport économique
- n : nombre d'années considéré
- t_{2026} : le trafic moyen journalier à l'année de mise en service

Calculons le Trafic cumulé de poids lourds :

$$N = 365 \times t_{2026} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$N = 365 \times 59 \times \frac{(1+0,0662)^{20} - 1}{0,0662}$$

$$N = 8,47 \times 10^5 \text{ PL}$$

- N : le trafic cumulé de poids lourds
- i : coefficient d'accroissement géométrique
- n : nombre d'années considéré
- t_{2026} : le trafic moyen journalier a l'année de mise en service

La norme CEBTP en trafic cumulé sur la durée de vie.

Tableau : Classe de trafic cumulé

Tableau 9 : Classe de trafic CEBTP

Classe de trafic	Trafic cumulé poids lourds
T1	$T < 5.10^5$
T2	$5.10^5 < T < 1,5.10^6$
T3	$1,5.10^6 < T < 4.10^6$
T4	$4.10^6 < T < 10^7$
T5	$10^7 < T < 2.10^7$

En nous basant sur le tableau ci-dessus, nous pouvons dire que notre Trafic cumulé est de **classe T2**.

D'après le guide LCPC-SETRA, nous aurons CAM = 0.7 pour un trafic T3-

*Tableau VI.2.2.
Coefficients d'agressivité selon le trafic et le type de chaussée*

	CAM	0,4	0,5	0,7	0,8
Chaussées à faible trafic	Classe	T5	T4	T3-	T3+
	CAM	0,8	1	1,3	
Chaussées à trafic moyen et fort		Couches hydrocarbonées des structures mixtes et inverses	Chaussées bitumineuses d'épaisseur supérieure à 20 cm	Couches de matériaux traités aux liants hydrauliques et en béton de ciment	
		Couches hydrocarbonées d'épaisseur au plus égale à 20 cm des chaussées bitumineuses	Couches non liées et sol support		

Figure 4 : Lecture du CAM

En nombre cumulé d'essieux standard de 13t,

On a $NE = N \times CAM$

$NE = 8,47.10^5 \times 0,7$

$NE = 5,92.10^5$ essieux standards de 13t

- NE : nombre d'essieux standards
- N : le trafic cumulé de poids lourds
- CAM : coefficient d'agressivité moyen

II.2.3.Méthodologie de dimensionnement de chaussée

II.2.3.1. Dimensionnement selon le guide CEBTP

L'utilisation du catalogue présente un avantage certain, en offrant aux ingénieurs projeteurs des structures précalculées, validées par l'expérience terrain. Ce recours permet de se dispenser des calculs numériques complexes tout en évitant le piège d'une confiance excessive dans la précision apparente d'une formule mathématique appliquée mécaniquement. Dans ce cadre, nous nous appuierons sur le catalogue des structures de chaussées neuves issu du manuel de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP, 1971), révisé en 1980, afin de définir les épaisseurs et compositions des différentes couches structurales de notre projet.

Tableau 10 : Paramètres de dimensionnement de la chaussée

Désignation	Classe
Trafic	T2
Portance du sol (CBR)	S4

En combinant les paramètres présentés dans le tableau précédent, nous déterminons les épaisseurs respectives de chaque couche de la chaussée :

Tableau 11 : Tableau des différentes variantes de chaussée

Variante	Couches de chaussée	Matériaux constitutifs	Epaisseurs des couches (cm)
1	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm
	Base	Graveleux latéritique naturel amélioré aux concassés	15 cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
2	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm
	Base Fondation	Concasse	30 cm
3	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm
	Base	Grave naturel amélioré au ciment	15 cm
	Fondation	Grave naturel	20 cm

Calcul du module élastique

Le guide nous propose d'estimer le module statique des sols et matériaux non traité à partir du CBR, à l'aide des relations suivantes :

- E (MPa) = 5 CBR pour les matériaux à gros éléments ;
- E (MPa) = 3 CBR pour les matériaux à fraction fine importante.

De ces relations nous calculons le module de young de notre plateforme (CBR=25)

$E = 5 \times 25 = 125 \text{ MPa}$ correspondant à une classe de plateforme PF3 selon le SETRA LCPC⁴.

Module EV_2 ou E_{DYN2} (MPa)	20		50	80	120	200
Classe de plateforme		PF1	PF2	PF2 ^{qs}	PF3	PF4

Figure 5 : Classe de plateforme

Contrainte verticale admissible $\sigma_{zadm} = \frac{0,3 \times CBR}{1 + 0,71 \times \log(N)}$

$$\sigma_{zadm} = \frac{0,3 \times 25}{1 + 0,71 \times \log(847000)}$$

Avec :

N : Trafic cumulé de poids lourds,

CBR : indice portant sur la capacité portante du matériau utilisé pour la couche considérée.

$$\sigma_{zadm} = \mathbf{1,41 \text{ MPa}}$$

La déformation admissible est déterminée en fonction de la classe de trafic, et son calcul s'effectue selon la relation suivante :

$\varepsilon_{zadm} = A \times NE^{-0,222}$ s'exprimant avec le coefficient A, défini en fonction de la classe de trafic et égale à 16000 selon le guide Lcpc SETRA pour notre cas.

II.2.3.2. Méthode rationnelle

Ces méthodes essayent d'appliquer les théories de la mécanique rationnelle à l'analyse du comportement des chaussées. Cette modélisation devant permettre de calculer les contraintes et les déformations en différents points de la chaussée.

Ici, c'est le logiciel Alize LCPC qui nous permettra de réaliser un dimensionnement de la chaussée à travers la vérification de nos différentes variantes.

❖ Les données de dimensionnement

• Le module des matériaux

Les modules d'élasticité ont été sélectionnés sur la base des valeurs de référence présentées en annexe du guide CEBTP, en tenant compte des caractéristiques propres à chaque matériau utilisé dans la structure de chaussée.

➤ Matériaux pour couche de fondation

- Graves non traitées = 3000 Bars
- Sable argileux = 3000 Bars
- Sols-ciment = 4500 Bars
- Sols-bitume = 3500 Bars
- Sols-chaux = 3500 Bars

➤ Matériaux pour couche de base

- Graves non traitées = 3000 Bars
- Concassés = 5000 Bars
- Grave-ciment = 80000 Bars
- Grave-bitume = 40000 Bars
- Sols-ciment = 15000 Bars

NB: 1 Bar = 0,1 MPA

• La plateforme

La plateforme est de classe PF3 selon le guide LCPC-SETRA

• Le coefficient de poisson

Le coefficient de poisson est pris égal à 0,35 pour les couches non traitées et 0,25 pour les couches traitées aux liants hydrauliques

• La température

Pour le dimensionnement des chaussées au Burkina Faso, une température équivalente de 30 °C est généralement retenue comme référence.

• Les interfaces des couches

Les interfaces entre les couches sont collées.

- **La durée de vie**

La durée de vie de la chaussée est de 20 ans comme indiqué dans les termes de référence.

- **Le taux d'accroissement du trafic**

Le taux d'accroissement géométrique du trafic est de 6,62 %

- **Le risque pris égale à 5 %**

❖ **Dimensionnement avec alize-lcpc**

Les paramètres d'entrée de vérification ainsi que les valeurs admissibles retenues pour la justification dimensionnelle sont consignées dans la figure 6 et le tableau 12 ci-dessous.

Figure 6 : Paramètres d'entrée de vérification

Tableau 12 : Valeurs des déformations et contraintes admissibles

Critère de comparaison	Désignation et valeur	Localisation / Couche concernée
Déformation horizontale maximale	$\epsilon_t = 234,2$	Couche de roulement (couche bitumineuse)
Déformation verticale maximale	$\epsilon_z = 836,6$	Plateforme et couches d'assises non traitées
Contrainte de traction maximale	$\sigma_t = 0,991$	Couches traitées aux liants hydrauliques

La flèche maximale admissible, conformément aux Termes de Référence (TDR)¹ fournis par le Ministère, est limitée à 60 mm/100 (mesure au deflectomètre) pour les ouvrages réalisés au Burkina Faso.

Vérification des contraintes avec ALIZE – LCPC

- Variante 1**

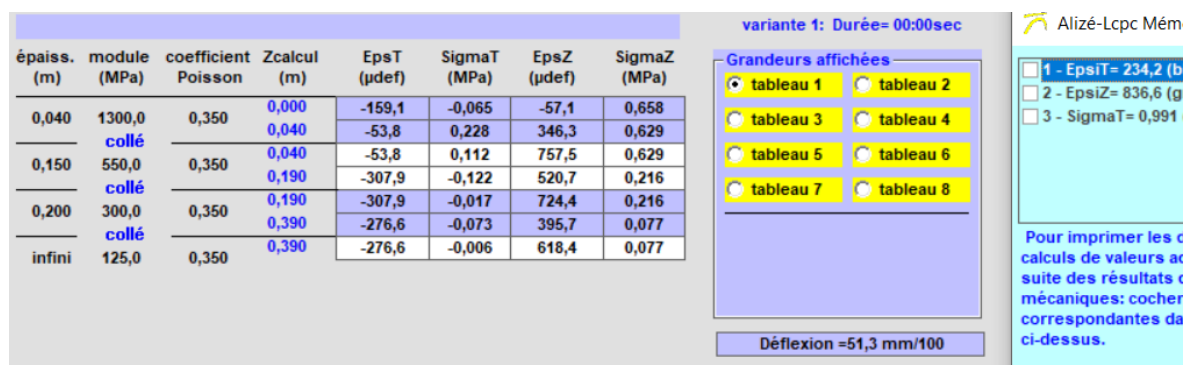


Figure 7 : Résultat du dimensionnement de la variante 1

Tableau 13 : Comparaison des contraintes variante 1

Couches	Valeurs admissibles	Valeurs calculées
	L'allongement ε_t	
Couche de revêtement (BB)	234,2 μdef	53,8 μdef
	L'allongement ε_z	
Plateforme	836,6 μdef	618,4 μdef
Couche de base		757,5 μdef
Couche de fondation		724,4 μdef

Dans le cadre de l'étude de dimensionnement structurel de la chaussée, une première variante a été modélisée et vérifiée à l'aide du logiciel **ALIZÉ-LCPC**, conformément à la méthode française de dimensionnement. L'analyse a permis de simuler le comportement mécanique de la structure sous l'effet du trafic prévu, en évaluant les sollicitations induites dans les différentes couches de chaussée.

Les résultats de cette simulation ont montré que cette première variante respecte l'ensemble des **contraintes admissibles**, aussi bien au niveau du revêtement que des couches inférieures :

- Les **contraintes horizontales** maximales dans la couche de roulement restent inférieures aux limites fixées par les critères de fissuration en traction.
- Les **contraintes verticales** dans les couches d'assise (couche de base et couche de fondation) sont conformes aux seuils admissibles, assurant ainsi une bonne résistance à la fatigue des matériaux granulaires.
- La **déflexion en surface**, paramètre clé de la durabilité de la chaussée, demeure inférieure à la valeur limite tolérée, garantissant un comportement global satisfaisant de la structure.

• **Variante 2**

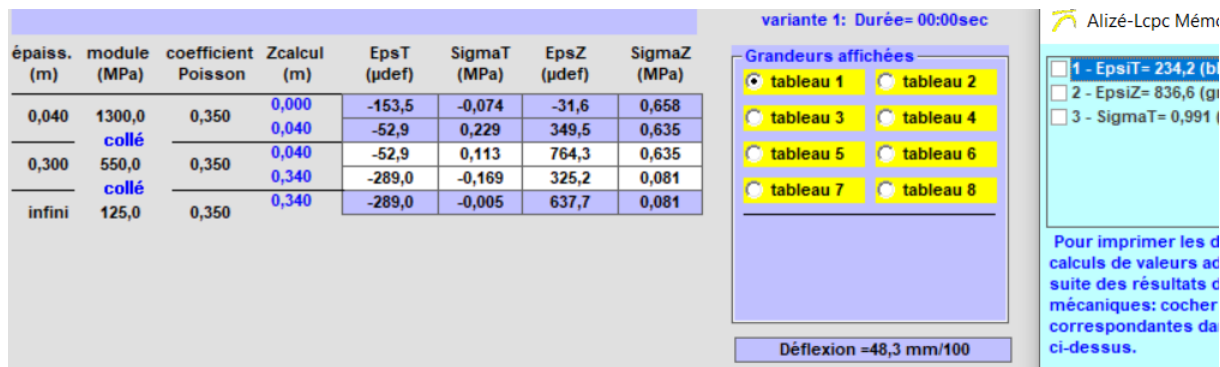


Figure 8 : Résultat du dimensionnement de la variante 2

Tableau 14 : Comparaison des contraintes variante 2

Couches	Valeurs admissibles	Valeurs calculées
	L'allongement ϵ_t	
Couche de revêtement (BB)	234,2 µdef	52,9 µdef
	L'allongement ϵ_z	
Plateforme	836,6 µdef	637,7 µdef
Couche de base/fondation		764,3 µdef

Dans un souci d'optimisation technique et de renforcement de la capacité portante de la structure, une variante a été étudiée en remplaçant le graveleux latéritique naturel initialement prévu en couche de base et en couche de fondation par des matériaux concassés conformes aux spécifications techniques en vigueur.

Cette nouvelle configuration a été modélisée et vérifiée à l'aide du logiciel ALIZÉ-LCPC. L'analyse des résultats montre que les matériaux concassés permettent également de satisfaire l'ensemble des contraintes mécaniques admissibles de la structure. En particulier :

- Les **contraintes horizontales** dans la couche de roulement restent inférieures aux seuils admissibles liés à la fissuration.
- Les **contraintes verticales** dans les couches d'assise sont compatibles avec les capacités mécaniques des matériaux mis en œuvre, assurant une bonne résistance à la fatigue.
- La **déflexion maximale en surface** est également maîtrisée, se maintenant en dessous de la valeur limite fixée par les normes de dimensionnement.

Ainsi, l'utilisation de matériaux concassés en substitution au graveleux latéritique naturel se révèle être une **solution techniquement fiable**, qui garantit le respect des critères de performance mécanique exigés tout en offrant une meilleure homogénéité et un comportement plus prévisible sous trafic répété.

• Variante 3

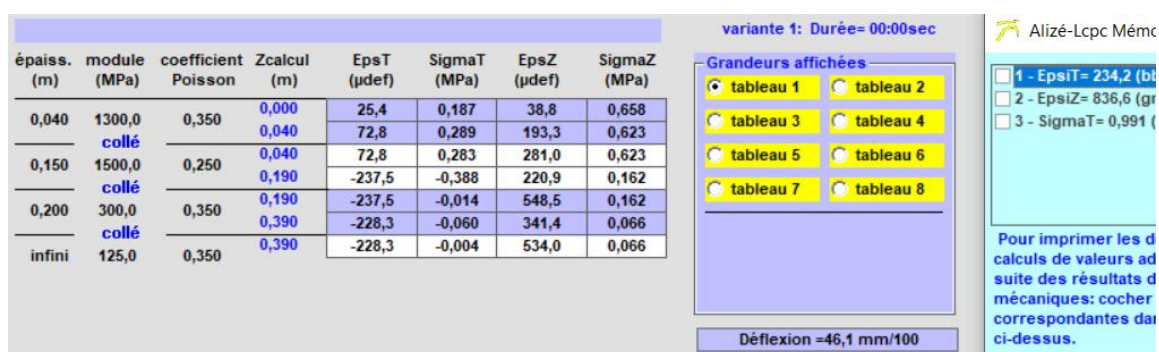


Figure 9 : Résultat du dimensionnement de la variante 3

Tableau 15 : Comparaison des contraintes variante 3

Couches	Valeurs admissibles	Valeurs calculées
	L'allongement ϵ_t	
Couche de revêtement (BB)	234,2 µdef	53,8 µdef
	L'allongement ϵ_z	
Plateforme		534 µdef
Couche de base	836,6 µdef	281 µdef
Couche de fondation		548,5 µdef
	Contrainte de traction par flexion σ_t	
Couche de base	0,991	0,38

Une troisième configuration a été analysée dans le cadre de l'optimisation de la structure de chaussée. Elle consiste à utiliser du graveleux latéritique naturel en fondation, associé à une grave naturelle traitée au ciment en couche de base. Ce choix vise à combiner la disponibilité locale de la latérite avec les performances mécaniques accrues offertes par le traitement au liant hydraulique.

Les résultats issus du dimensionnement à l'aide du logiciel ALIZE indiquent que cette variante respecte l'ensemble des critères de performance exigés, tant au niveau des déformations horizontales de la couche de roulement, des déformations verticales dans les couches d'assise que de la contrainte horizontale σ_t dans la couche de base traitée. L'amélioration du matériau de base par traitement au ciment confère à la structure une rigidité accrue, favorisant une meilleure distribution des charges et réduisant de manière significative les contraintes internes.

Cette solution se distingue donc par sa capacité à répondre aux exigences mécaniques tout en restant économiquement viable, notamment grâce à l'utilisation partielle de matériaux locaux. De plus, le traitement au ciment permet d'augmenter la durée de vie de la structure, tout en minimisant les risques de déformation permanente ou de fissuration prématurée.

Conclusion : À l'issue de l'étude comparative des différentes variantes de structure de chaussée, il ressort que la première solution, constituée de graveleux latéritique en fondation et de graveleux latéritique amélioré aux concassés en base, permet de satisfaire l'ensemble des exigences mécaniques requises pour la classe de trafic considérée. Cette variante présente l'avantage d'un bon compromis entre performance technique, disponibilité des matériaux et coût économique. Ainsi, elle a été retenue comme solution de base pour le dimensionnement de la chaussée dans le cadre du présent projet. La structure de chaussée est donc composée des matériaux suivants :

- Revêtement en Béton bitumineux d'épaisseur : 4cm
- Base en graveleux latéritique naturel amélioré aux concassés d'épaisseur : 15 cm
- Fondation en graveleux latéritique naturel d'épaisseur : 20 cm

Chapitre III. Etude hydrologique, hydraulique et dimensionnement structurel des ouvrages

III.1. Etude hydrologique

L'eau, sous ses différentes formes, constitue l'un des principaux facteurs de dégradation des infrastructures routières. Cette réalité met en évidence l'importance cruciale d'une gestion rigoureuse et efficace des eaux pluviales dans le cadre des projets routiers. L'assainissement routier a pour fonction essentielle d'évacuer non seulement les eaux de pluie, mais également les eaux usées ou industrielles pouvant compromettre la durabilité et la sécurité de la chaussée.

Pour mener à bien une étude hydrologique et hydraulique fiable, la disponibilité de données précises sur les précipitations ainsi que d'une cartographie détaillée des bassins versants s'avère indispensable. Toutefois, en l'absence de données hydrométéorologiques locales suffisantes, il est possible de recourir à des outils de télédétection et de géomatique, tels que Google Earth ou Global Mapper. Ces outils permettent de délimiter les zones de drainage, d'analyser les caractéristiques géométriques des bassins et d'estimer les débits d'écoulement.

Ces estimations de débits constituent une étape clé dans le processus de dimensionnement des ouvrages d'assainissement, afin d'assurer une protection optimale de la chaussée contre les effets néfastes du ruissellement.

III.1.1. Caractéristiques des bassins versants

L'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques des différents bassins versants en lien avec le tronçon routier étudié. Pour ce faire, nous avons utilisé deux outils principaux : **Google Earth**, qui nous a permis de localiser et délimiter notre tronçon d'étude, et **Global Mapper**, utilisé pour la délimitation des bassins versants et la détermination de leurs caractéristiques. La méthodologie suivie est la suivante :

- Le tronçon d'étude a été tout d'abord matérialisé à l'aide de Google Earth, puis exporté vers **Global Mapper** au format **KMZ**.

- Une fois dans **Global Mapper**, nous avons configuré l'outil en fonction des spécificités de la zone d'étude.
- Nous avons ensuite délimité les bassins versants de la région, et le logiciel a généré les caractéristiques physiques de ces bassins, telles que la superficie, la pente, et d'autres paramètres pertinents pour l'analyse hydraulique.

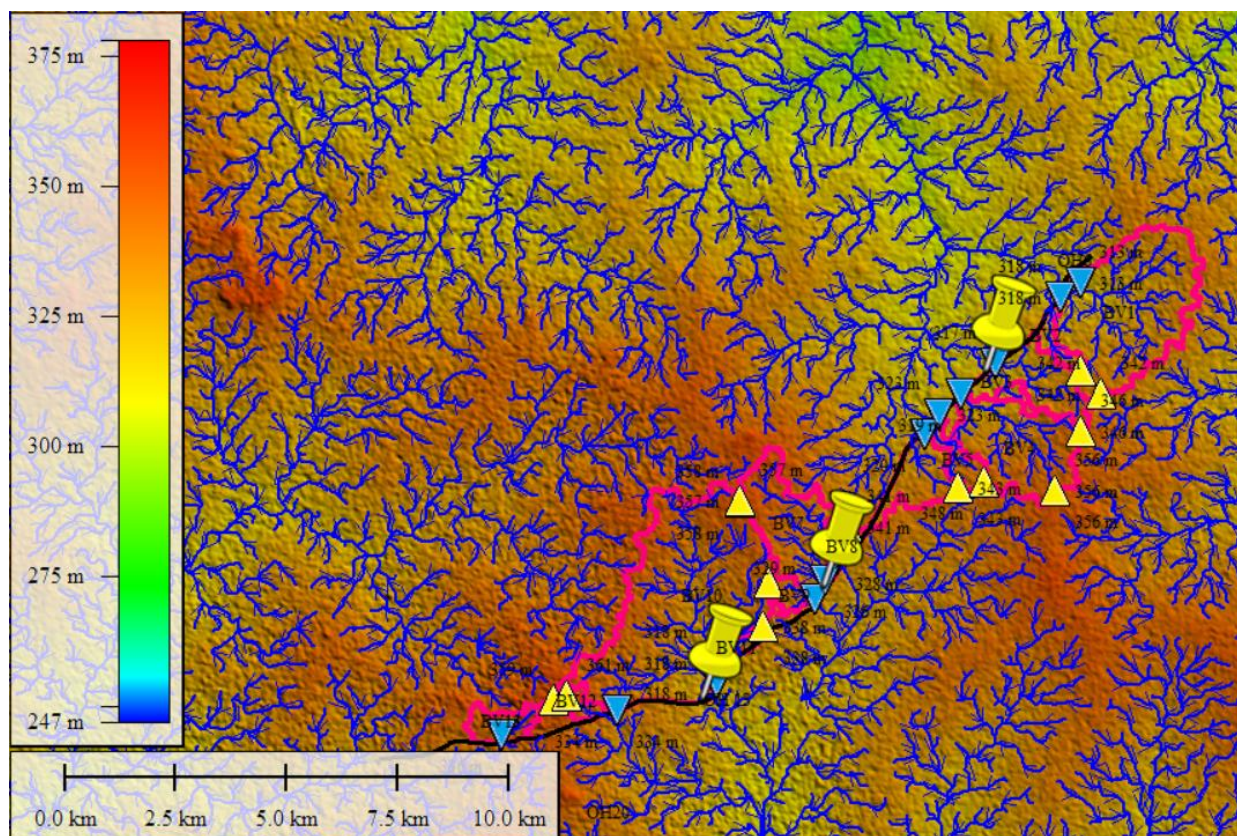


Figure 10 : Présentation des bassins versants

Après la délimitation nous avons retenu treize (13) bassins versants présents sur notre tronçon. Les caractéristiques de ces bassins versants sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Caractéristiques des bassins versants

Bassin versant	Superficie (km ²)	Périmètre (km)	Zmax (m)	Zmin (m)	Pente %	L'écoulement(m)
BV1	8,354	17,827	342	313	3,22	2960
BV2	0,603	6,342	337	318	2,78	1441
BV3	2,534	11,225	346	317	3,04	3058
BV4	4,731	14,186	356	319	3,08	2356
BV5	0,843	6,823	348	323	2,9	1785
BV6	1,209	7,134	343	320	3,17	1417
BV7	3,94	14,453	357	326	2,91	4120
BV8	0,503	4,333	341	328	3,06	715
BV9	0,547	4,324	345	329	3,34	835
BV10	13,69	24,647	358	318	3,77	5080
BV11	0,4085	5,422	338	316	4,97	1630
BV12	0,569	5,731	361	334	4,34	780
BV13	1,073	7,147	359	336	4,77	1175

III.1.2. Evaluation des débits

Il existe plusieurs méthodes pour la détermination des débits des crues notamment la méthode rationnelle, la méthode ORSTOM et la méthode CIEH.

Méthode rationnelle : cette méthode est utilisée pour les bassins versants dont la superficie se situe dans l'intervalle de 0 à 4 km²

Méthode ORSTOM : Cette méthode est utilisée pour les moyens et grands bassins comprise entre 0,2 ou 1-2 km² à 200 km²

Méthode CIEH : Cette méthode sera appliquée dans notre cas aux bassins versants de superficie inférieure à 1500 km².

Les trois méthodes présentées ci-dessus seront utilisés afin d'aboutir à l'obtention des débits de crue qui seront ensuite comparés pour retenir un débit de projet pour la suite de nos calculs.

III.1.2.1. Méthode rationnelle

Cette méthode s'applique sur les petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km². Après analyse, nous retenons dix bassins versants dont les débits seront estimés avec cette méthode.

Le débit de crue décennale est calculé par la formule suivante⁶ :

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

Avec

Q : débit de crue décennale (m³/S)

C : coefficient de ruissellement

I : Intensité de pluie (mm/h),

A : superficie du bassin versant (Km²)

❖ Coefficient de ruissellement C

Il fait référence à la quantité d'eau qui parvient à l'exutoire d'un bassin versant par rapport à la quantité d'eau précipitée. Il varie en fonction de la superficie et de la pente du terrain

❖ Intensité de pluie

Elle dépend du temps de concentration T_c et fait référence à la hauteur tombée pendant cette période de concentration. Elle peut être déterminée en utilisant la formule suivante:

$$I = a \times T_c^{-b}$$

Avec T_c : temps de concentration en min

a et b : coefficient de montana avec a= 9,4 et b=0,5 conformément aux TDR de notre projet.

❖ Temps de concentration

Le temps de concentration correspond à la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau parvienne du point le plus élevé d'un bassin versant jusqu'au point le plus bas (exutoire). La formule de KIRPICH a été choisie pour le calcul du temps de concentration dans le cadre de ce projet :

$$T_c = 0,01947 \times \frac{L^{0,77}}{I^{0,385}}$$

Avec, L : plus long chemin hydraulique (m)

I : pente moyenne

Le note de calcul détaillée des paramètres de détermination du débit par la méthode rationnelle est présentée en annexe 3 (Etude hydrologique).

Tableau 17 : Calcul des débits selon la méthode rationnelle

Bassin Versant	Superficie (km ²)	Pente %	Intensité de pluie (mm/h)	Débit en m ³ /s
BV2	0,603	3,22	157,41	7,92
BV3	2,534	2,78	119,87	25,33
BV5	0,843	3,04	146,14	10,27
BV6	1,209	3,08	129,18	13,03
BV7	3,94	2,9	105,98	34,82
BV8	0,503	3,17	210,01	8,81
BV9	0,547	2,91	201,2	9,18
BV11	0,4085	3,06	151,35	5,16
BV12	0,569	3,34	172,56	8,19
BV13	1,073	3,77	188,93	16,91

III.1.2.2. Méthode Orstrom et CIEH

➤ Méthode orstrom

La méthode ORSTOM, mise à jour et révisée, a été publiée en 1996 dans l'ouvrage intitulé « Crues et Apports ». Elle s'applique aux bassins versants dont la superficie varie de quelques dizaines d'hectares à plus de 1 500 km², tout en distinguant les bassins pour lesquels la crue

décennale n'est généralement pas unitaire. Le débit de pointe associé au ruissellement superficiel lors de la crue décennale est déterminé par la relation suivante⁷ :

$$Q_{r10} = m \times A \times P_{10} \times \alpha_{10} \times K_{r10} \times \frac{S}{T_{b10}}, \text{ Avec :}$$

m : le coefficient de majoration d'écoulement (estimé 1,03 et 1,15) ;

A : le coefficient d'abattement ;

P₁₀ : La hauteur de pluie journalière décennale ;

α₁₀ : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale ;

K_{r10} : le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale ;

S : la superficie du bassin versant ;

T_{b10} : Le temps de base correspondant à la crue décennale

Cette méthode sera utilisée pour tous les bassins versants étudiés.

Les différents paramètres sont déterminés à l'aide d'abaques ou de formules. Seul α₁₀ peut, dans de nombreux cas, être assimilé à une constante.

➤ Méthode CIEH

Elle est applicable aux bassins versants présentant une superficie comprise entre 10 km² et 2 500 km² en zone sahélienne, ainsi qu'à ceux dont l'étendue est inférieure à 1 500 km² en zone tropicale sèche. Le débit de pointe décennal Q₁₀ peut dès lors être déterminé à l'aide d'un modèle de régression multiple, défini par la relation suivante⁷ :

$$Q_{10} = a \times S^s \times P_{an}^p \times I_g^i \times K_{r10}^k \times D_d^d \dots$$

a, s, p, i, k, d... constituent des coefficients à déterminer ;

S : est la surface du bassin (km²) ;

I_g : est l'indice global de pente (m/km) ;

P_{an} : est la pluie annuelle moyenne (mm) ;

K_{r10} : est le coefficient de ruissellement décennal (%) ;

D_d : représentant la densité de drainage (km⁻¹) ;

D'autres paramètres sont aussi à déterminer :

- A : le coefficient d'abattement ; $A = 1 - \left[\frac{(161 - 0.042 \cdot P_{an})}{1000} \cdot \log S \right]$
- P₁₀ : la hauteur de pluie journalière décennale est de 95 mm
- P_{m10} : la pluie journalière moyenne ; $P_{m10} = A \cdot P_{10}$

Les coefficients **a, s, p, i, k, d, ...** utilisés dans le calcul des débits sont définis en fonction du **contexte géographique** du projet, ainsi que de l'**équation empirique** choisie pour l'estimation. Dans le cas spécifique du **Burkina Faso**, plusieurs formules sont disponibles, identifiées par les numéros **39 à 45**. Toutefois, seules les équations **39, 40, 41, 42 et 44** ont été retenues dans le cadre de cette étude, car elles sont les plus adaptées aux caractéristiques hydrologiques locales. Les expressions mathématiques associés, sont présentées en annexe 3 (Etude hydrologique).

Tableau 18 : Calcul des débits selon ORSTOM et CIEH

Bassin versant	S (km ²)	P10 (mm)	Pan (mm)	Pm10 (mm)	Kr10	Tb10 (s)	Q _{ORSTOM} (m ³ /S)	Q _{CIEH} (m ³ /S)
BV1	8,354	95	832	98,72	21,15	64143,18	7,35	16,36
BV2	0,603			115,96	25,34	28962,71	1,65	5,26
BV3	2,534			104,72	24,84	38205,35	4,67	10,75
BV4	4,731			99,83	23,81	46487,35	6,54	14,18
BV5	0,843			113,07	27,46	20221,32	3,5	6,93
BV6	1,209			110,51	23,11	39778,92	2,1	6,97
BV7	3,94			103,42	22,94	49058,48	5,15	12,21
BV8	0,503			116,3	23,17	24433,56	1,5	4,48
BV9	0,547			115,78	27,76	21467,98	2,21	5,58
BV10	13,69			91,51	17,99	62830,66	9,7	17,05
BV11	0,4085			119,01	27,3	21847,95	1,64	4,71
BV12	0,569			116,42	30,44	13698,2	3,98	6,32
BV13	1,073			111,56	25,5	29060,21	2,84	7,16

III.1.3. Choix des débits de projet

Pour chaque bassin versant étudié, le débit final retenu correspond à la valeur maximale parmi celles obtenues à l'aide des différentes méthodes d'estimation, à savoir : la méthode ORSTOM, la méthode CIEH et la méthode rationnelle. Cette approche permet de considérer le scénario le plus défavorable, garantissant ainsi une conception plus sécurisée des ouvrages hydrauliques associés.

Tableau 19 : Débits de projet retenu

Bassin Versant	Surface (km2)	Débit Q10 (m3/s)	Méthode
BV1	8,354	16,36	CIEH
BV2	0,603	7,92	RATIONNELLE
BV3	2,534	25,33	RATIONNELLE
BV4	4,731	14,18	CIEH
BV5	0,843	10,27	RATIONNELLE
BV6	1,209	13,03	RATIONNELLE
BV7	3,94	34,82	RATIONNELLE
BV8	0,503	8,81	RATIONNELLE
BV9	0,547	9,18	RATIONNELLE
BV10	13,69	17,05	CIEH
BV11	0,4085	5,16	RATIONNELLE
BV12	0,569	8,19	RATIONNELLE
BV13	1,073	16,91	RATIONNELLE

III.2. Etude hydraulique

Afin d'assurer une évacuation efficace des eaux pluviales de la plateforme routière et de prévenir les dommages potentiels sur la structure de la chaussée, une étude spécifique a été conduite portant sur le dimensionnement des ouvrages d'assainissement. Cette étude vise à permettre un drainage optimal des eaux de ruissellement, en les redirigeant vers les exutoires naturels, tout en préservant l'intégrité de l'infrastructure routière.

Deux grandes catégories d'ouvrages sont généralement mises en œuvre à cet effet : les ouvrages transversaux tels que les dalots, buses ou ponts, destinés à assurer le passage des eaux traversant perpendiculairement l'axe routier, et les ouvrages d'assainissement longitudinaux tels que les caniveaux et les fossés.

L'objectif principal de cette étude est donc de déterminer, pour le tronçon considéré, les dimensions appropriées ainsi que l'implantation optimale des différents ouvrages d'assainissement et de franchissement. Dans le cadre du présent projet, le choix s'est porté sur des dalots pour les ouvrages transversaux, ainsi que sur des caniveaux et fossés pour les ouvrages longitudinaux.

III.2.1. Critères et hypothèses de calcul des ouvrages transversaux

Tous ces équipements hydrauliques seront conçus pour une sortie libre. Dans le calcul des structures hydrauliques, nous prendrons en compte une vitesse maximale d'écoulement de l'eau : $V_{\max} = 3 \text{ m/s}$.

- ❖ D'abord, le dimensionnement implique de déterminer la section nécessaire pour évacuer le débit du projet ainsi que le nombre de cellules des dalots.
- ❖ Par la suite, nous déterminons la hauteur d'eau en amont (H_1).

Nous avons d'abord calculé le débit réduit $Q^* = \frac{Q}{S \sqrt{2gD}}$.

Grâce au débit calculé, nous avons fait la lecture de la hauteur H^* dans l'abaque 77 du BCEOM, "puis nous avons calculé $H_1 = H^* \times D$.

Et on vérifie que $H_1 \leq 1.25D$

- ❖ Détermination de la pente critique

Nous avons calculé le débit réduit à l'aide de la formule $Q^* = \frac{Q}{\sqrt{gB^5}}$

Grâce à ce débit, nous avons fait la lecture de la pente I^* dans l'abaque 82 du BCEOM, puis

nous avons calculé $I_c = \frac{I^* g}{K^2 B^{\frac{1}{3}}}$

❖ On s'assure que la condition de vitesse $V \leq V_{\max} = 3 \text{ m/s}$ est respectée.

En calculant le débit réduit $Q^* = \frac{Q}{K B^{\frac{2}{3}} \sqrt{I_c}}$,

Puis après lecture de la vitesse V^* sur l'abaque 84 du BCEOM, nous calculons la vitesse avec la formule $V = V^* \times K \times B^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I_c}$

Il faut vérifier que $V < V_{\max} (3 \text{ m/s})$

- K désigne le coefficient de Manning-Strickler du béton et vaut $67 \text{ s.l.m}^{-1/3}$;
- g est l'accélération de la pesanteur, prise égale à $9,81 \text{ m/s}^2$;
- B la largeur d'une cellule et D la hauteur d'une cellule
- Q^* , H^* , I^* et V^* sont des variables adimensionnelles.

Les abaques utilisés sont en annexe 4 (Etude hydraulique).

Nous avons effectué le dimensionnement de 13 dalots. Les sections retenues sont les suivantes :

Tableau 20 : Sections d'ouvrages hydrauliques retenues

Bassin versant	Débit en m ³ /s	ks	N	B(m)	Hm)	Surface du dalot(m ²)	Débit unitaire(m ³ /s)	Vitesse de sortie (m/s)	Vmax (m/s)
BV1	16,36	67	3	3	2	6	5,45	2,84	3
BV2	7,92	67	2	2	2	4	3,96	2,58	
BV3	25,33	67	4	3	2	6	6,33	2,97	
BV4	14,18	67	3	3	2	6	4,73	2,84	
BV5	10,27	67	2	3	2	6	5,14	2,91	
BV6	13,03	67	3	3	2	6	4,34	2,77	
BV7	34,82	67	4	4	3	6	8,71	2,8	
BV8	8,81	67	2	2	2	4	4,41	2,66	
BV9	9,18	67	2	2	2	4	4,59	2,73	
BV10	17,05	67	3	3	2	6	5,68	2,95	
BV11	5,16	67	1	3	2	6	5,16	2,91	
BV12	8,19	67	2	2	2	4	4,1	2,58	
BV13	16,91	67	3	3	2	6	5,64	2,91	

Conclusion partielle : Dans le cadre de l'étude hydrologique et hydraulique menée pour ce mémoire, un travail de prédimensionnement des ouvrages de franchissement a été réalisé, notamment des dalots, en s'appuyant sur les débits de pointe estimés pour chacun des bassins versants traversés par le tronçon étudié. Cette démarche a pour objectif de garantir une capacité d'écoulement suffisante des eaux pluviales, en conformité avec les normes de conception hydraulique et les exigences de sécurité de l'infrastructure routière.

À l'issue de cette phase de calcul, le dimensionnement préliminaire a permis d'identifier la nécessité d'implanter un total de 13 dalots le long du tronçon concerné. Ces ouvrages ont été positionnés en fonction des caractéristiques topographiques du site, ainsi que de la contribution hydrologique propre à chaque bassin versant.

III.2.2. Dimensionnement des ouvrages longitudinaux

Dans les zones urbanisées, la gestion des eaux pluviales est cruciale pour préserver la chaussée, garantir la sécurité des usagers et protéger l'environnement. Le dimensionnement des caniveaux y joue un rôle clé, car ils doivent capter efficacement les eaux de ruissellement issues de la chaussée, des accotements et des parcelles voisines. Dans notre étude, le tronçon concerné traverse Gana et Ipelcé, situé sur une ligne de crête, ce qui limite l'apport d'eaux en provenance

des habitations riveraines. Ainsi, l'analyse hydraulique se concentre sur les eaux issues de la chaussée. Une section minimale de caniveau de 0,80 m x 0,80 m a été retenue, sous réserve d'un dimensionnement précis tenant compte des contraintes hydrauliques et structurelles. En rase campagne, des fossés triangulaires seront réalisés à la niveleuse, avec des pentes de 2/3 en remblai et 1/1 en déblai pour assurer un bon drainage et la stabilité des talus.

III.3. Dimensionnement structurel des ouvrages

III.3.1. Références et normes de calcul

Les calculs ainsi que les justifications techniques seront réalisés conformément aux prescriptions et recommandations des documents de référence suivants

- Fascicule n° 61, Titre II : règles relatives à la conception, au dimensionnement et à la vérification des ouvrages d'art⁸ ;
- BAEL 91 modifié 99.⁹
- Fascicule n° 62, Titre V : dispositions techniques applicables à la conception et au calcul des fondations des structures de génie civil¹⁰ ;
- Guide de dimensionnement des ponts cadres et portiques, édité par le SETRA¹¹.

III.3.2. Hypothèses de calcul

Les hypothèses de dimensionnement ainsi que les propriétés mécaniques des matériaux utilisés (béton, acier, sol d'assise) sont considérées équivalentes pour les dalots et les caniveaux.

❖ Béton

Le béton utilisé pour les ouvrages devra être de classe B25, présentant les caractéristiques mécaniques suivantes :

- Résistance caractéristique à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 2\,500 \text{ t/m}^2$;
- Résistance caractéristique à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 210 \text{ t/m}^2$;
- Module d'élasticité instantanée : $E_i = 11\,000 \times f_{c28}^{1/3}$;
- Module d'élasticité différée : $E_v = E_i/3$.

❖ Acier

- Type : HA (Haute Adhérence) ;
- Nuance : FeE400 ;
- Enrobage : $e = 3\text{cm}$ dans tous les calculs de sections d'armatures conformément à l'article A.7.1 du BAEL (point 2) ;
- Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$;
- Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$;

- Contrainte limite des aciers à l'ELS : $\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{2}{3} F_e; \max \left(\frac{1}{2} F_e; 110 \sqrt{\eta F t_j} \right) \right\} = 201,63 \text{ MPa}.$

❖ Sol support

Les dalots cadres de faible portée présentent l'avantage de limiter les contraintes géotechniques, à la différence des ouvrages de type pont, plus sensibles aux phénomènes de tassement du sol. Dans cette étude, le sol d'assise est supposé constitué de sable dense, caractérisé par un module pseudo-élastique ε_{sol} de 150 MPa.¹²

- Poids volumique du remblai : $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;
- La contrainte admissible du sol est supposée égale à 15000 kPa, cas défavorable pour le sol de fondation ;
- Coefficient de poussée de terre au repos $(K_a) = tg^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{32}{2} \right) = 0,33.$

Tableau 21 : Coefficients de pondération

Charges	Coefficients	
	ELU	ELS
Charge permanente	1,35	1
Charge d'exploitation	1,5	1,2
Surcharge de type A	1,61	1,2
Surcharge de type Bc	1,61	1,2
Surcharge de Bc Niger	1,61	1,2
Surcharge de Bt	1,61	1,2
Surcharge Mc 120	1,35	1

III.3.3. Résultats des dalots

En ce qui concerne le dimensionnement structurel des dalots nous avons opté pour un dimensionnement manuel, appliqué au dalot de section $2 \times 2 \times 2$ dont les calculs développés sont présentés en annexe 5 (Dimensionnement structurel des ouvrages hydrauliques).

Tableau 22 : Résultats du dimensionnement structurel du dalot de section $2 \times 2 \times 2$

Désignations	Sections	Choix aciers principales	Esp (cm)	Choix aciers de répartitions	Esp (cm)
TABLIER	Travées A1-A2 et A2-A3	5HA10/face	20	5HA8/face	20
	Appuis	7HA12	15	-	
				-	
PIEDROITS	Piédroit central	5HA12/face	20	5HA8/face	20
	Piédroits de rives	5HA12/face	20	5HA8/face	
RADIER	Travées A4-A5 et A5-A6	6HA10/face	20	5HA8/face	20
	Appuis	8HA12	15	-	
				-	

III.3.4. Résultats du caniveau

Le dimensionnement des sections d'aciers est synthétisé dans le tableau ci-dessous, tandis que les détails complémentaires des calculs et plans d'exécution sont présentés en annexe 5 (Dimensionnement structurel des ouvrages hydrauliques).

Tableau 23 : Résultats du dimensionnement structurel des caniveaux

Section	Corps de caniveau	Sollicitations max	Valeur (kN.m et kN)		Aciers principaux		Espacement (cm)	Aciers de répartition		Espacement (cm)
			ELU	ELS	Théorique (cm ²)	Choix		Théorique (cm ²)	Choix	
Caniveau de 0,80x0,80	Dallette	Moment fléchissant	40,29	25,21	12,05	8HA14	10	4,11	6HA10	15
		Effort normal	85,41	64,05						
	Radier	Moment fléchissant	23,35	17,3	7,8	7HA12	10	2,6	6HA8	15
		Effort normal	98,34	72,84						
	Piédroit	Moment fléchissant	2,57	1,9	1,63	5HA8	20	0,54	5HA8	20
		Effort tranchant	2,14	1,58						
		Effort normal	88,48	56,28						

Chapitre IV. Notice d'impact environnemental et social

Les routes jouent un rôle essentiel dans le développement des territoires, en facilitant les déplacements, les échanges économiques et l'accès aux services. Dans cette optique, le projet d'aménagement de la route entre Gana et Ipelcé s'inscrit dans une démarche d'amélioration de la mobilité et du désenclavement des localités concernées. Ce type d'initiative est généralement porteur de nombreux avantages, notamment sur le plan économique et social.

Cependant, tout projet routier implique aussi des impacts, parfois importants, sur l'environnement naturel et le cadre de vie des populations riveraines. Il est donc important d'anticiper ces effets pour mieux les maîtriser.

C'est pourquoi cette étude d'impact environnemental et social (ÉIES) a été réalisée. Elle vise à analyser les conséquences possibles du projet sur l'environnement et les communautés, afin de proposer des mesures permettant de réduire les effets négatifs et de renforcer les retombées positives. L'enjeu principal est de garantir un développement durable, qui tienne compte à la fois des besoins d'infrastructures et de la préservation des ressources.

IV.1. Méthodologie

Pour mener cette étude, une méthode structurée et progressive a été suivie, en respectant les exigences nationales en matière d'évaluation environnementale, tout en s'appuyant sur des approches reconnues à l'échelle internationale.

Voici les principales étapes de la démarche :

- **Analyse documentaire** : Nous avons commencé par consulter les documents techniques du projet, les lois en vigueur, ainsi que des études déjà réalisées dans la zone. Cela nous a permis de mieux comprendre le contexte et les enjeux.
- **Travaux de terrain** : Des visites ont été effectuées sur le terrain pour observer directement les caractéristiques physiques (relief, sol, végétation), les aspects sociaux (habitat, activités économiques) et les dynamiques locales.

- **Enquêtes sociales** : Des entretiens ont été réalisés avec les habitants, les chefs coutumiers, les associations et d'autres parties prenantes. Ces échanges ont permis de recueillir les perceptions des communautés sur le projet et leurs attentes.
- **Analyse des impacts** : À partir des informations collectées, les différents impacts ont été identifiés pour chaque phase du projet (travaux, exploitation, etc.). Une grille d'analyse a été utilisée pour apprécier leur ampleur, leur durée, leur réversibilité et leur fréquence.
- **Proposition de mesures d'atténuation** : Enfin, des solutions concrètes ont été proposées pour éviter, réduire ou compenser les effets négatifs. Ces mesures sont organisées dans un plan de gestion environnementale et sociale (PGES), qui prévoit aussi un suivi régulier.

IV.2. Cadre législatif et réglementaire

La gestion de l'environnement au Burkina Faso repose principalement sur la **Loi n°006-2013/AN**, qui constitue le fondement du **Code de l'environnement** actuellement en vigueur. Cette loi définit les règles de base pour assurer une utilisation durable des ressources naturelles et préserver la qualité de vie des populations.¹³

Elle est structurée en plusieurs grandes parties, qui abordent notamment :

- les principes généraux liés à la gestion environnementale ;
- les mesures relatives à la lutte contre le changement climatique et à la préservation des équilibres naturels ;
- les sanctions et les moyens juridiques pour faire respecter la loi ;
- des dispositions complémentaires concernant l'interprétation et l'application des textes.

L'objectif principal de cette loi est de **protéger les êtres vivants** contre les atteintes à leur environnement et de garantir un cadre de vie sain. Elle reconnaît aussi que la protection de l'environnement est un enjeu collectif, qui concerne aussi bien les citoyens que les institutions publiques et privées.

IV.3. Impacts du projet

Au cours de la phase d'analyse préalable d'un projet, il est crucial d'examiner de manière détaillée les enjeux environnementaux et sociaux. Cette analyse permet de repérer les activités qui pourraient avoir des effets défavorables sur l'environnement entourant le projet, afin de prévoir ces impacts et d'élaborer des stratégies compensatoires adaptées.

IV.3.1. Sources d'impacts du projet

L'identification des impacts environnementaux et sociaux vise à recenser, analyser et caractériser les effets potentiels du projet sur le milieu naturel et humain. Cette étape essentielle permet de mettre en évidence aussi bien les effets bénéfiques que les conséquences négatives susceptibles d'être générées par les différentes phases du projet.

IV.3.2. Impacts négatifs

Malgré ses avantages, le projet présente aussi plusieurs risques et effets indésirables, parmi lesquels¹⁴ :

- La destruction de la végétation naturelle et la modification des habitats fauniques.
- L'érosion des sols causée par les travaux de terrassement.
- La pollution de l'air et des cours d'eau, due aux engins de chantier et aux rejets divers.
- Le danger potentiel associé à la circulation de véhicules lourds à proximité des zones résidentielles.
- La perturbation des activités économiques (agriculture, commerce) durant les travaux.
- Le déplacement involontaire de certaines populations ou l'expropriation de leurs terres.

IV.3.3. Impacts positifs

En contrepartie, plusieurs bénéfices sont attendus à court et moyen terme, notamment :

- La création d'emplois temporaires pour les jeunes et les ouvriers locaux.

- L'amélioration de l'accès aux services de base (santé, éducation, marché).
- La dynamisation des échanges entre les localités traversées.
- La réduction du temps de trajet et une meilleure sécurité pour les usagers.
- La valorisation du foncier dans les zones proches du tracé.

IV.4. Mesures d'atténuation

Dans le but de prévenir, de réduire ou de compenser les effets négatifs identifiés au cours de l'analyse des impacts environnementaux et sociaux, un ensemble de mesures d'atténuation a été proposé. Celles-ci sont présentées de manière détaillée dans le tableau 42 en annexe 6 du présent document, et sont organisées selon les sources spécifiques d'impact auxquelles elles se rapportent.

IV.5. Plan de gestion environnemental et social

Dans le cadre de ce projet routier, il est essentiel de suivre l'évolution des impacts environnementaux et sociaux, même après la mise en œuvre des mesures d'atténuation. C'est l'objectif du **Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES)**. Ce dispositif permet de vérifier que les engagements pris sont bien respectés sur le terrain, et d'ajuster les actions si nécessaire.

Ce plan comprend différentes activités de contrôle et de vérification qui doivent être menées tout au long du projet, depuis la phase des travaux jusqu'à l'exploitation de la route. Il permet aussi de mesurer l'efficacité des mesures mises en place, d'assurer la conformité avec la réglementation, et de détecter rapidement tout impact non anticipé.

Le tableau relatif au plan de suivi et de surveillance environnemental est présenté dans le tableau 41 en annexe 6 (Notice d'impact environnemental et social, signalisation et sécurité routière).

Chapitre V. Signalisation et sécurité routière

V.1. Signalisation temporaire

Pendant les phases de travaux, la circulation peut être perturbée par différents facteurs comme les engins de chantier, les déviations ou les ralentissements. Pour garantir la sécurité des usagers et du personnel, une signalisation temporaire a été mise en place sur le site¹⁵.

Trois catégories principales composent cette signalisation :

- **Signalisation d'approche et d'entrée de chantier** : elle permet d'annoncer la zone de travaux à venir et d'en localiser précisément l'accès.
- **Signalisation de jalonnement** : elle guide les conducteurs vers les itinéraires alternatifs et les aide à suivre les nouveaux trajets imposés par les travaux.
- **Signalisation de limitation de vitesse** : elle adapte les vitesses autorisées aux conditions spécifiques du chantier pour réduire les risques d'incident.

V.2. Signalisation permanente

❖ Signalisation horizontale

Les marquages au sol servent à structurer le déplacement des véhicules en délimitant clairement les voies, les zones de dépassement, les traversées piétonnes ou les espaces de stationnement. Dans ce projet, deux types de lignes longitudinales sont prévus :

- **Ligne discontinue (type T1)** : utilisée pour séparer les voies dans un même sens de circulation. Elle autorise les changements de voie tout en organisant les flux.
- **Ligne de rive (type T2)** : située en bordure de chaussée, elle aide les conducteurs à mieux percevoir les limites de la route, notamment de nuit ou en cas de mauvaise visibilité.

Tous ces marquages seront réalisés en peinture blanche, conformément aux normes en vigueur.

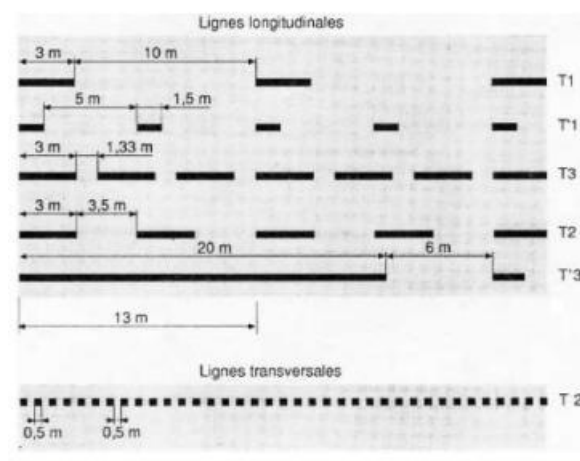


Figure 11 : Types de lignes

❖ Signalisation verticale

La signalisation verticale rassemble l'ensemble des panneaux installés le long des routes, qui servent à **informer, orienter et alerter** les usagers. Leur rôle est fondamental pour prévenir les dangers et faciliter la compréhension des règles de circulation.

Les panneaux suivants sont prévus dans le cadre du projet :

- **Panneaux de type A** : ils signalent les dangers potentiels (ex. virages, intersections dangereuses) et sont généralement de forme triangulaire.
- **Panneaux de type AB** : ils indiquent les règles de priorité, les stops, les passages piétons, etc. Leur forme varie entre octogone et cercle selon le message.
- **Panneaux de type EB** : ils annoncent les entrées et sorties d'agglomération, aidant ainsi les conducteurs à adapter leur comportement.

L'ensemble des panneaux de signalisation utilisés dans le cadre du projet est présenté dans le tableau 43 en annexe 6 (Notice d'impact environnemental et social, signalisation et sécurité routière).

V.3. Sécurité routière

❖ Les ralentisseurs

Les ralentisseurs routiers constituent des dispositifs efficaces pour limiter la vitesse des véhicules, en particulier dans les zones à forte fréquentation piétonne. Ils doivent être positionnés de manière stratégique afin de ne pas nuire à la fluidité de la circulation tout en maximisant leur efficacité sécuritaire.

❖ Eclairage public

L'éclairage des voies joue un rôle essentiel dans la sécurité nocturne et participe également à la mise en valeur des infrastructures. Pour garantir un éclairage efficace et durable, le projet prévoit l'installation de **candélabres en acier galvanisé**, alimentés par **panneaux solaires**, conformément aux principes de durabilité environnementale.

Les caractéristiques techniques de l'éclairage sont les suivantes :

- **Hauteur des candélabres** : 10 mètres, assurant une bonne diffusion lumineuse sur l'ensemble de la chaussée ;
- **Espacement entre dispositifs** : 30 mètres, garantissant une répartition régulière de la lumière ;
- **Luminance moyenne** : 2 cd/m², valeur adaptée aux voies urbaines à faible trafic.

Chapitre VI. Avant métré et devis estimatif du projet

L'estimation du débit constitue une étape essentielle dans tout projet, car elle permet de quantifier les matériaux nécessaires et d'évaluer le coût global des travaux. Cette estimation joue un rôle déterminant dans l'analyse de la faisabilité du projet. Le devis estimatif global est présenté en annexe 6.

Tableau 24 : Récapitulatif du devis estimatif

RECAPITULATIF DU DEVIS ESTIMATIF	
DESIGNATION	MONTANT (FCFA)
INSTALLATION GENERALE DU CHANTIER	522 144 021
TRAVAUX PREPARATOIRES	514 672 160
TRAVAUX PRELIMINAIRES-TERRASSEMENTS	2 241 796 000
CHAUSSÉE ET REVETEMENT	3 676 870 522
ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE	1 930 260 800
SIGNALISATION ET SECURITE ET ECLAIRAGE PUBLIC	856 767 040
MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES	35 500 000
TOTAL HORS TAXE	9 778 010 543
TVA (18%)	1 760 041 898
IMPREVUS (3%)	293 340 316
TTC	11 831 392 757
COÛT AU KM	563 399 655

Conclusion

Au terme de cette étude intitulée « Étude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale N°47 (RD47) : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso », dont l'objectif principal était de fournir un dossier technique d'exécution des travaux, nous pouvons affirmer que les objectifs fixés ont été pleinement atteints. En effet, l'ensemble des objectifs spécifiques définis au départ ont été traités méthodiquement à travers les différentes parties de ce mémoire.

L'étude a permis de présenter le cadre général du projet, en introduisant notamment la structure d'accueil GTAH-Ingénieurs Conseils ainsi que le contexte et la justification du projet. Un état des lieux a été dressé, mettant en évidence les données de base nécessaires à la conception. Le tronçon étudié s'étend sur 21 km, de Gana à Ipelcé en passant par Doulougou.

Sur le plan technique, la conception géométrique de la route a été définie avec une classification R60 en agglomération et T100 en rase campagne, et le tracé a été établi selon les normes en vigueur. La structure de chaussée retenue est constituée d'une couche de fondation en graveleux latéritique de 20 cm, d'une couche de base en graveleux latéritique amélioré aux concassés de 15 cm, et d'une couche de roulement en béton bitumineux de 4 cm.

Pour assurer la durabilité de l'infrastructure, une étude hydrologique et hydraulique a été réalisée, débouchant sur le dimensionnement des ouvrages d'assainissement. Treize dalots-cadres en béton armé ont été prévus, ainsi que des caniveaux de 0,80×0,80 m² en agglomération et des fossés en terre à section triangulaire en rase campagne.

En ce qui concerne la sécurité et le confort des usagers, des dispositifs de signalisation et des équipements de sécurité ont été prévus le long de l'axe, accompagnés d'un plan d'aménagement adapté.

L'analyse environnementale et sociale a permis d'identifier les impacts positifs et négatifs du projet, tout en proposant des mesures d'atténuation ou de bonification appropriées. Malgré certains effets négatifs, les bénéfices attendus de la réalisation de cette infrastructure sont largement prédominants.

Enfin, une estimation financière a été réalisée sur la base de la mercuriale des prix BTP 2025 et le coût global du projet a été évalué à 11 831 392 757 FCFA TTC.

Afin d'assurer l'efficacité et la durabilité de la route projetée, certaines dispositions doivent impérativement être prises. À cet effet, les recommandations suivantes sont formulées :

- Il est primordial de soumettre les matériaux destinés à la structure de la chaussée à des essais géotechniques rigoureux, afin de vérifier leur conformité aux spécifications de dimensionnement.
- Des opérations d'entretien régulier et périodique doivent être programmées pour la chaussée, les ouvrages hydrauliques et les équipements de signalisation, afin de garantir la pérennité et les performances de l'infrastructure dans le temps.

Bibliographie

- (1) Direction générale de la normalisation et des études techniques. Termes de Références d'études Technico-Économique (Kombissiri-Gana-Sabcin). **2024**.
- (2) SETRA, LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), CST, Ministère de la Coopération française. Aménagement Des Routes Principales En Afrique Intertropicale – Guide Technique. *Ministère Coop. SETRA* **1984**.
- (3) CEBTP. Guide de Dimensionnement de Chaussée Pour Les Pays Tropicaux.
- (4) Ministère de l'équipement, du transport et du tourisme. CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES DE CHAUSSEE SETRA LCPC.
- (5) CEBTP. Manuel Pour Le Renforcement Des Chaussées Souples En Pays Tropicaux.
- (6) BCEOM. Hydraulique Routière. **1997**.
- (7) Triboulet, J. P.; Chabi Gonni, D.; Nouvelot, J. F.; Lamachere, J. M.; Puech, C.; Faures, J. M. 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 et Tropicale Sèche. **1996**.
- (8) Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (France); (Direction des Routes). Ministère de l'Équipement. (1997). Fascicule 61 – Titre II : Ouvrages de Drainage – Dispositions Constructives. *J. Off. Répub. Fr.* **1997**.
- (9) *REGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES OUVRAGES ET CONSTRUCTIONS En Béton Armé, Suivant La Méthode Des États Limites: Règles BAEL 91, Révisées 99*; Centre Scientifique et Technique du Batiment: Paris, 2000.
- (10) Fascicule 62 Titre 5 Règles Techniques de Conception et de Calcul Des Fondations Des Ouvrages de Génie Civil.
- (11) Khac, V. L.; Millan, A. L.; Faure, E.; Gilcart, J. P. - Photothèque du C.T.O.A. du S.E.T.R.A. - D.DE. de l'Hérault - D.D E. de la Haute Garonne - D.D E. de la Seine Maritime - Scetauroute Bordeaux - Société EBAL - Société BOURACHOT.
- (12) Dieudonné, M. K. D. COURS D'ETUDES TECHNIQUES DES PONTS.
- (13) FASO, B.; LA MOBILITE, U. E. D. L.; ROUTIERE, S. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL. **2021**.
- (14) GTAH-Ingénieurs Conseils. Rapport Environnemental. **2024**.
- (15) Desire, J.-C.; Fleury, D.; Montel, M.-C. Gestion de La Ville et Sécurité Routière. *Cas Métrop. Lilloise Rapp. INRETS* **2001**, No. 238.

- (16) PISSARENKO, G.; A. YAKOVLEV; V. MATVEEV. *Aide Mémoire de Résistance Des Matériaux*; Editions de Moscou: Moscou, 1975.

- (17) Dr SORE. Cours de Béton Armé 2. **2024**.

Annexes

Annexe 1 : Etude géométrique de la chaussée	II
Annexe 2 : Etude géotechnique.....	VII
Annexe 3 : Etude hydrologique.....	VII
Annexe 4 : Etude hydraulique	XXX
Annexe 5 : Dimensionnement structurel des ouvrages hydrauliques	X
Annexe 6 : Notice d'impact environnemental et social, signalisation et sécurité routière ...	LXI
Annexe 7 : Devis estimatif et quantitatif du projet	LXVI
Annexe 8 : Tracé combiné.....	LXX

Annexe 1 : Etude géométrique de la chaussée

Tableau 25 : Axe en plan

Axe En Plan						
Nom du dessin	Mémoire Sambo.dwg					
Nom de l'axe	PFC - Axe GANA-IPELCE					
Table associée	ARP					
Date du listing	02/06/2025 à 22:44:31					
Els Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	256.14gr	513,010	0,000	674186,496	1333500,067
Arc 1	Rayon	600.000 m	353,363	513,010	673790,506	1333173,920
	Centre X	674171.957 m				
	Centre Y	1332710.784 m				
Droite 2	Gisement	218.65gr	209,637	866,373	673597,507	1332884,008
Arc 2	Rayon	-600.000 m	305,146	1076,011	673536,983	1332683,298
	Centre X	672962.532 m				
	Centre Y	1332856.523 m				
Droite 3	Gisement	251.02gr	127,491	1381,156	673379,930	1332425,502
Arc 3	Rayon	600.000 m	274,335	1508,647	673288,345	1332336,811
	Centre X	673705.743 m				
	Centre Y	1331905.791 m				
Droite 4	Gisement	221.91gr	13,896	1782,982	673140,941	1332108,273
Arc 4	Rayon	-600.000 m	215,718	1796,879	673136,252	1332095,191
	Centre X	672571.450 m				
	Centre Y	1332297.673 m				
Droite 5	Gisement	244.80gr	354,518	2012,597	673028,900	1331909,421
Arc 5	Rayon	-600.000 m	158,909	2367,115	672799,496	1331639,131
	Centre X	672342.046 m				
	Centre Y	1332027.383 m				

*Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route
départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso*

Droite 6	Gisement	261.66gr	727,976	2526,024	672681,915	1331532,925
Arc 6	Rayon	600.000 m	79,160	3254,000	672081,992	1331120,564
	Centre X	672421.862 m				
	Centre Y	1330626.105 m				
Droite 7	Gisement	253.26gr	1584,433	3333,161	672019,899	1331071,556
Arc 7	Rayon	600.000 m	30,802	4917,594	670843,588	1330010,085
	Centre X	671245.550 m				
	Centre Y	1329564.635 m				
Droite 8	Gisement	250.00gr	716,710	4948,396	670821,260	1329988,872
Arc 8	Rayon	-600.000 m	8,878	5665,106	670314,501	1329482,050
	Centre X	669890.210 m				
	Centre Y	1329906.287 m				
Droite 9	Gisement	250.94gr	206,760	5673,984	670308,177	1329475,818
Arc 9	Rayon	600.000 m	237,169	5880,745	670159,837	1329331,786
	Centre X	670577.804 m				
	Centre Y	1328901.317 m				
Droite 10	Gisement	225.77gr	1172,722	6117,913	670026,308	1329137,646
Arc 10	Rayon	-600.000 m	89,916	7290,635	669564,394	1328059,726
	Centre X	669012.897 m				
	Centre Y	1328296.055 m				
Droite 11	Gisement	235.31gr	1219,058	7380,552	669522,929	1327980,036
Arc 11	Rayon	-600.000 m	43,813	8599,610	668880,853	1326943,773
	Centre X	668370.822 m				
	Centre Y	1327259.791 m				
Droite 12	Gisement	239.96gr	1477,799	8643,423	668856,438	1326907,405
Arc 12	Rayon	-600.000 m	196,926	10121,222	667988,511	1325711,331
	Centre X	667502.894 m				
	Centre Y	1326063.718 m				
Droite 13	Gisement	260.86gr	431,555	10318,148	667848,997	1325573,603
Arc 13	Rayon	-600.000 m	183,844	10749,703	667496,479	1325324,665
	Centre X	667150.375 m				

Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso

	Centre Y	1325814.780 m				
Droite 14	Gisement	280.36gr	323,859	10933,547	667332,523	1325243,096
Arc 14	Rayon	600.000 m	369,047	11257,406	667023,948	1325144,779
	Centre X	667206.095 m				
	Centre Y	1324573.095 m				
Droite 15	Gisement	241.21gr	132,585	11626,453	666727,456	1324934,902
Arc 15	Rayon	-600.000 m	205,343	11759,038	666647,506	1324829,135
	Centre X	666168.866 m				
	Centre Y	1325190.942 m				
Droite 16	Gisement	262.99gr	195,802	11964,381	666498,326	1324689,488
Arc 16	Rayon	600.000 m	233,968	12160,183	666334,684	1324581,973
	Centre X	666664.144 m				
	Centre Y	1324080.519 m				
Droite 17	Gisement	238.17gr	822,419	12394,150	666168,795	1324419,088
Arc 17	Rayon	-600.000 m	476,105	13216,569	665704,718	1323740,114
	Centre X	665209.369 m				
	Centre Y	1324078.683 m				
Droite 18	Gisement	288.69gr	68,918	13692,674	665315,443	1323488,134
Arc 18	Rayon	-600.000 m	154,481	13761,593	665247,611	1323475,949
	Centre X	665141.536 m				
	Centre Y	1324066.498 m				
Droite 19	Gisement	305.08gr	804,949	13916,074	665093,741	1323468,405
Arc 19	Rayon	600.000 m	293,431	14721,023	664291,349	1323532,527
	Centre X	664243.554 m				
	Centre Y	1322934.433 m				
Droite 20	Gisement	273.94gr	586,003	15014,454	664004,769	1323484,871
Arc 20	Rayon	-600.000 m	88,721	15600,457	663467,172	1323251,656
	Centre X	663228.387 m				
	Centre Y	1323802.094 m				
Droite 21	Gisement	283.36gr	688,588	15689,179	663383,470	1323222,483
Arc 21	Rayon	600.000 m	42,919	16377,766	662718,281	1323044,502

Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso

	Centre X	662873.364 m				
	Centre Y	1322464.891 m				
Droite 22	Gisement	278.80gr	984,943	16420,685	662677,253	1323031,936
Arc 22	Rayon	-600.000 m	143,229	17405,628	661746,408	1322710,006
	Centre X	661550.297 m				
	Centre Y	1323277.051 m				
Droite 23	Gisement	294.00gr	519,404	17548,857	661606,766	1322679,714
Arc 23	Rayon	600.000 m	52,723	18068,261	661089,667	1322630,830
	Centre X	661146.137 m				
	Centre Y	1322033.493 m				
Droite 24	Gisement	288.41gr	300,449	18120,985	661037,463	1322623,570
Arc 24	Rayon	-600.000 m	202,747	18421,434	660741,983	1322569,152
	Centre X	660633.310 m				
	Centre Y	1323159.228 m				
Droite 25	Gisement	309.92gr	392,242	18624,180	660540,217	1322566,494
Arc 25	Rayon	600.000 m	345,712	19016,422	660152,726	1322627,352
	Centre X	660059.633 m				
	Centre Y	1322034.618 m				
Droite 26	Gisement	273.24gr	578,696	19362,134	659814,756	1322582,372
Arc 26	Rayon	-600.000 m	241,567	19940,830	659286,450	1322346,190
	Centre X	659041.573 m				
	Centre Y	1322893.944 m				
Droite 27	Gisement	298.87gr	133,146	20182,397	659052,248	1322294,039
Arc 27	Rayon	600.000 m	38,583	20315,543	658919,123	1322291,671
	Centre X	658929.797 m				
	Centre Y	1321691.766 m				
Droite 28	Gisement	294.77gr	699,342	20354,126	658880,594	1322289,745
				21053,469	658183,608	1322232,395
Longueur totale de l'axe 21053.469 mètre(s)						

Annexe 2 : Etude géotechnique

Les différentes classes de portances relatives aux différents sondages sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 26 : Récapitulatif des sondages

SONDAGE	POSITION	CLASSE DE PORTANCE DU SOL
Sondage 1	0+000	S4
Sondage 2	0+500	S4
Sondage 3	1+000	S2
Sondage 4	1+500	S2
Sondage 5	2+000	S5
Sondage 6	2+500	S5
Sondage 7	3+000	S4
Sondage 8	3+500	S5
Sondage 9	4+000	S5
Sondage 10	5+000	S4
Sondage 11	6+000	S5
Sondage 12	7+000	S4
Sondage 13	8+000	S5
Sondage 14	9+000	S4
Sondage 15	10+000	S5
Sondage 16	11+000	S4
Sondage 17	12+000	S5
Sondage 18	13+000	S4
Sondage 19	14+000	S5
Sondage 20	15+000	S4
Sondage 21	16+000	S5
Sondage 22	17+000	S2
Sondage 23	18+000	S5
Sondage 24	19+000	S4
Sondage 25	20+000	S4
Sondage 26	21+000	S5

Annexe 3 : Etude hydrologique

❖ Résultats détaillés de la méthode rationnelle

Tableau 27 : Résultats détaillés méthode rationnelle

Bassin versant	Superficie	Zmax(m)	Zmin(m)	Dénivelé	Lécoulement(m)	Temps de concentration(mn)	Intensité de pluie(mm/h)	Coefficient de ruissellement	Débit en m ³ /s
BV2	0,603	337	318	19	1441	12,84	157,41	0,3	7,92
BV3	2,534	346	317	29	3058	22,14	119,87	0,3	25,33
BV5	0,843	348	323	25	1785	14,89	146,14	0,3	10,27
BV6	1,209	343	320	23	1417	19,06	129,18	0,3	13,03
BV7	3,94	357	326	31	4120	28,32	105,98	0,3	34,82
BV8	0,503	341	328	13	715	7,21	210,01	0,3	8,81
BV9	0,547	345	329	16	835	7,86	201,2	0,3	9,18
BV11	0,409	338	316	22	1630	13,89	151,35	0,3	5,16
BV12	0,569	361	334	27	780	10,68	172,56	0,3	8,19
BV13	1,073	359	336	23	1175	8,91	188,93	0,3	16,91

❖ Détermination du coefficient de ruissellement pour la méthode rationnelle

Le coefficient de ruissellement pour le calcul du débit par la méthode rationnelle a été déterminé suivant le tableau ci-dessous en fonction de la végétation du sol

TYPE DE SURFACE	COEFFICIENT C, FONCTION DE LA PENTE DU TERRAIN		
	Plat < 2%	Moyenne 2-10%	Raide >10%
Pavées, toitures	0,90	0,90	0,90
Centres urbains	0,80	0,85	0,85
Habitations très denses	0,60	0,65	0,70
Zones suburbaines	0,45	0,50	0,55
Terre naturelle	0,60	0,65	0,70
Zones engazonnées	0,25	0,30	0,30
Zones cultivées			
Terre argileuse	0,50	0,55	0,60
Terre sablonneuse	0,25	0,30	0,35
Prairies	0,25	0,30	0,35
Zones boisées	0,10	0,15	0,20

Figure 12 : Coefficient de ruissellement

❖ Hauteur de pluie décennale journalière

Les hauteurs de pluie décennales journalière et annuelle ont été déterminées par une étude statistique des pluies journalières aux stations pluviométriques régionales entre 1973 et 2020

Tableau 28 : Pluies maximales journalières

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Max
1973	0	13		57,5	12,7	37,9	59	33,4	49,2	8			59,0
1974			0,5	0,1	30,6	29,8	31,8	60,5	46	12,8			60,5
1975				2,4	6,5	44,8	54,8	65,6	23,7	9,6			65,6
1976	3,2		19,8	3,4	48,6	55,3	29,8	75,8	46,9	76,7			76,7
1977				0,3	51,5	18,9	32,1	89,3	34,1	17,7			89,3
1978			2,4	67,5	32,9	29	47,3	40,5	35	10,8			67,5
1979	0	0	3,5	7	16,7	17	46,5	25,7	29,5	20,6	25,5	0	46,5
1980	*	Tr	*	13,0	17,9	27,9	37,9	45,7	19,0	10,7	*	Tr	45,7
1981	*	*	Tr	22,9	20,8	28,6	61,5	51,9	31,5	1,1	*	*	61,5
1982	0,1	14	37,1	34,1	34,7	18,2	28,6	36,0	18,9	25,2	*	Tr	37,1
1983	*	*	Tr	0,5	18,6	39,7	63,3	28,5	34,4	8,1	*	*	63,3
1984	*	*	16,9	13,1	17,2	15,1	42,8	32,0	32,5	9,7	1,1	*	42,8

*Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route
départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso*

1985	Tr	*	*	3,1	36,4	20,7	36,9	22,9	50,4	*	*	*	50,4
1986	*	*	4,1	5,2	30,6	32,2	35,5	47,2	33,0	36,3	*	*	47,2
1987	*	*	12,4	*	24,2	75,6	40,3	53,0	44,9	10,0	*	*	75,6
1988	*	*	*	37,3	31,5	18,2	64,2	56,8	26,8	5,9	Tr	*	64,2
1989	*	*	4,2	*	11,6	13,5	74,9	37,3	27,6	20,9	*	1,7	74,9
1990	*	*	*	8,2	55,0	25,7	36,3	47,9	*	2,1	Tr	*	55,0
1991	*	*	0,4	29,5	105,2	33,4	45,8	35,8	19,4	16,2	*	*	105,2
1992	Tr	*	Tr	32,8	6,1	23,0	53,9	51,9	18,4	3,1	4,8	*	53,9
1993	*	Tr	9,4	21,4	4,5	41,4	54,0	47,7	27,4	44,6	*	*	54,0
1994	*	*	1,5	0,7	3,5	38,4	31,6	58,2	32,3	15,5	*	*	58,2
1995	*	Tr	Tr	6,4	13,5	28,3	27,3	73,1	33,6	5,5	0,4	*	73,1
1996	*	*	Tr	11,2	21,4	15,4	35,6	37,1	70,3	15,3	*	*	70,3
1997	*	*	45,2	25,6	12,6	19,7	31,9	35,3	19,2	19,3	*	*	45,2
1998	*	*	*	7,8	14,7	7,7	28,5	72,4	40,7	24,9	*	*	72,4
1999	0,0	0,0	0,7	9,3	18,8	28,3	66,0	33,1	25,7	5,6	0,0	0,0	66,0
2000	0,0	0,0	0,0	15,9	18,7	58,6	36,5	37,1	8,2	27,9	0,0	0,0	58,6
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	19,9	8,2	44,6	49,8	27,7	9,2	0,0	0,0	49,8
2002	0,0	0,0	0,0	5,2	19,1	21,6	39,2	58,1	38,2	28,3	0,0	0,0	58,1
2003	0,0	2,4	2,0	16,2	39,6	62,1	38,4	26,6	58,9	38,3	0,0	0,0	62,1
2004	0,0	0,0	0,0	34,6	22,4	10,3	55,1	35,2	42,2	8,7	9,8	0,0	55,1
2005	0,0	0,0	0,5	13,5	23,3	37,5	75,7	50,1	28,4	18,9	0,0	0,0	75,7
2006	0,0	0,0	0,0	5,7	9,1	36,3	51,5	33,3	20,9	27,9	0,0	0,0	51,5
2007	0,0	0,0	0,0	30,2	36	27,5	30,8	116,7	60,5	0,3	0,1	0,0	116,7
2008	0,0	0,0	4,3	0,0	34,9	25,6	57,0	40,5	58,4	18,1	0,0	0,0	58,4
2009	0,0	0,0	0,0	8,4	16,1	56,2	20,0	35,1	261,3	19,5	0,0	0,0	261,3
2010	0,0	0,0	0,0	40,3	40,3	44,8	70,4	48,5	35,2	18,7	0,0	0,0	70,4
2011	0,0	0,0	0,8	24,6	8,8	42,3	43,8	36,3	24,5	11,8	0,0	0,0	43,8
2012	0,0	0,0	0,0	6,7	26,4	18,3	67,8	59,9	61,6	4,8	0,0	0,3	67,8
2013	0,0	0,0	9,7	21,9	59,3	20,9	37,8	62,4	67,3	21,4	0,0	0,0	67,3
2014	3,3	0,0	0,0	10,0	35,2	30,3	27,3	57,2	36,2	26,8	0,0	0,0	57,2
2015	0,0	0,1	7,6	0,0	19,0	67,0	40,6	42,8	42,4	11,4	0,0	0,0	67,0
2016	0,0	0,0	10,0	15,8	19,6	18,2	94,5	87,7	35,3	3,2	0,0	0,0	94,5
2017	0,0	0,0	0,0	10,5	96,6	35,4	46,0	49,6	47,5	3,3	0,0	0,0	96,6
2018													66,2
2019													91,3
2020													77,9
P max (44 ans)	3,3	14,2	45,2	67,5	105,2	75,6	94,5	116,7	261,3	76,7	25,5	1,7	261,3

La loi de Gumbel a été appliquée pour l'ajustement des données relatives aux précipitations journalières maximales, en raison de sa pertinence dans l'analyse des événements extrêmes. Les résultats de cet ajustement sont présentés ci-dessous.

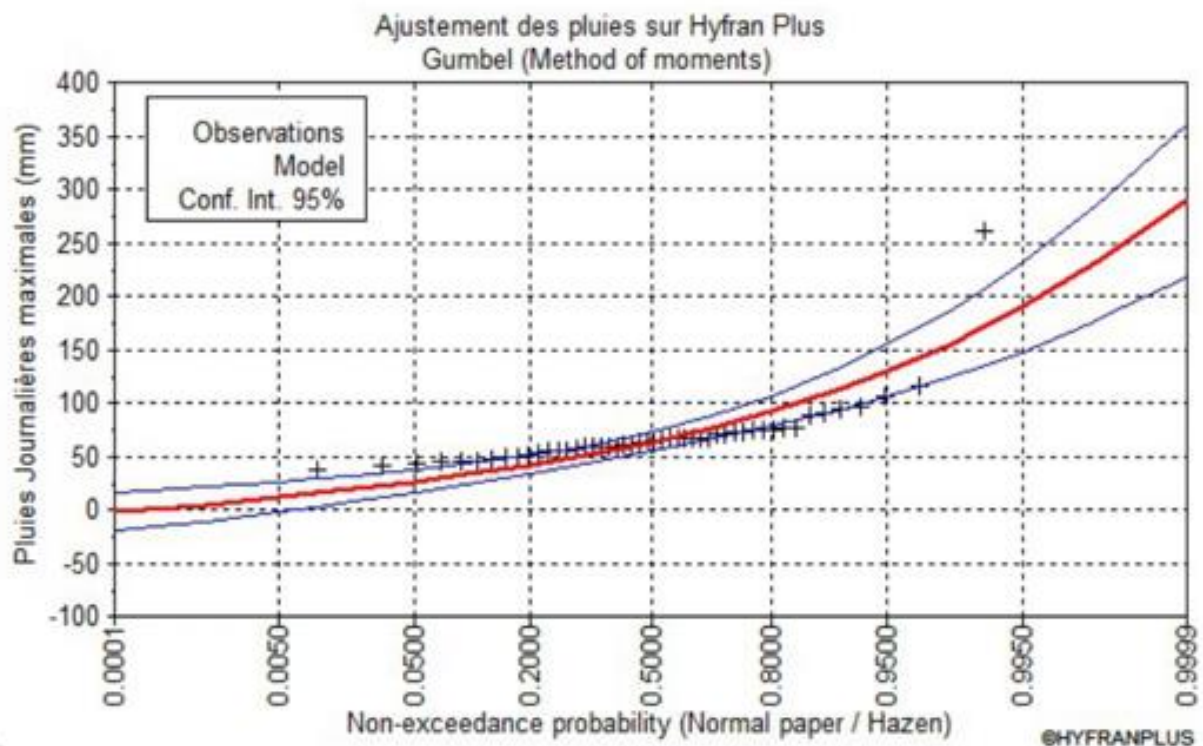


Figure 13 : Analyse fréquentielle des pluies maximales journalières

Tableau 29 : Pluies journalières

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	289	36.2	219 - 360
2000.0	0.9995	248	30.0	190 - 307
1000.0	0.9990	231	27.3	177 - 284
200.0	0.9950	189	21.2	148 - 231
100.0	0.9900	172	18.6	135 - 208
50.0	0.9800	154	15.9	123 - 185
20.0	0.9500	130	12.5	106 - 154
10.0	0.9000	95	9.87	89.3 - 131
5.0	0.8000	87,5	7.31	78.2 - 107
3.0	0.6667	77.3	5.51	66.4 - 88.1
2.0	0.5000	63.6	4.34	55.0 - 72.1

1.4286	0.3000	49.5	3.99	41.6 - 57.3
1.2500	0.2000	42.0	4.24	33.7 - 50.4
1.1111	0.1000	32.9	4.91	23.3 - 42.5
1.0526	0.0500	26.2	5.57	15.3 - 37.1
1.0204	0.0200	19.4	6.33	6.94 - 31.8
1.0101	0.0100	15.2	6.84	1.79 - 28.6
1.0050	0.0050	11.6	7.29	-2.67 - 25.9
1.0010	0.0010	4.84	8.17	-11.2 - 20.8
1.0005	0.0005	2.39	8.49	-14.2 - 19.0
1.0001	0.0001	-2.51	9.15	-20.5 - 15.4

Avec :

T : Temps ou période de retour (en années) dans une analyse de fiabilité ou une distribution statistique. Cela peut représenter le nombre de cycles ou d'observations

Q : Probabilité de non-dépassement ou quantile correspondant au temps T. C'est la probabilité que la valeur observée soit inférieure ou égale à une certaine valeur

XT : Valeur caractéristique associée au quantile q (peut représenter une contrainte, une résistance, une charge, une température critique, etc.)

Standard deviation : Écart-type des valeurs observées, mesurant la dispersion autour de XT

Confidence interval (95%) : Intervalle de confiance à 95 %, indiquant la plage dans laquelle XT a 95 % de chances de se situer

❖ Pluie annuelle moyenne

Tableau 30 : Pluie annuelle moyenne

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	TOTAL
1973	0	13	0	80	53	76	224	180	91	11	0	0	725,9
1974	0	0	0,8	0,1	75	90	166	361	199	34	0	0	924,1
1975	0	0	0	2,7	19	130	292	224	72	16	0	0	755,6
1976	3,2	0	20	4,5	112	163	202	255	223	124	0	0	1106
1978	0	0	3,1	96	75	90	138	187	152	23	0	0	764,2
1979	0	0	6,3	9,3	51	86	196	158	172	27	26	0	730,8
1980	0	0	0	7,1	43	111	131	323	63	20	0	0	696,7
1981	0	0	0	21	80	82	262	193	140	0	0	0	777,2
1982	0	0,1	29	70	104	128	100	156	64	45	0	0	695,1
1983	0	0	0,2	1,9	64	125	231	209	101	4,7	0	0	735,6

1984	0	0	29	20	58	70	135	138	97	14	1	0	560,7
1985	0	0	0	2,8	68	86	145	164	152	2,4	0	0	619,9
1986	0	0	9	12	13	156	121	193	166	41	1	0	710,8
1987	0	0	13	0	67	164	148	222	131	39	0	0	784,5
1988	0	0	0	80	69	66	162	264	89	6,2	0	0	734,9
1989	0	0	5,5	0	36	55	234	305	112	48	0	1,7	797,8
1990	0	0	0	15	112	82	162	197	104	3,8	0	0	675,9
1991	0	0	0,4	66	235	95	158	249	48	49	0	0	900,7
1992	0	0	0	52	13	79	247	245	51	4,9	7	0	698,7
1993	0	0	9,4	26	8,4	129	226	196	98	59	0	0	750,6
1994	0	0	1,7	1	14	108	131	296	111	65	0	0	727,8
1995	0	0	0	9,6	50	114	118	258	136	13	0	0	700,2
1996	0	0	0	23	46	40	129	193	224	23	0	0	677,4
1997	0	0	49	58	52	66	111	155	48	48	0	0	587,5
1998	0	0	0	15	66	27	105	208	195	52	0	0	668,3
1999	0	0	0,7	17	54	75	241	236	169	8,9	0	0	800,2
2000	0	0	0	16	79	139	153	118	24	66	0	0	594,1
2001	0	0	0	0	71	26	184	208	115	15	0	0	618,7
2002	0	0	0	7	40	38	170	179	183	39	0	0	656,2
2003	0	2,4	22	24	69	164	182	170	161	53	0	0	847,7
2004	0	0	0	54	43	28	246	194	181	16	10	0	772
2005	0	0	0,5	29	50	88	251	282	123	22	0	0	845,5
2006	0	0	0	5,7	13	66	168	212	117	32	0	0	615,5
2007	0	0	0	86	43	33	114	299	138	0,3	0	0	713,2
2008	0	0	4,4	0	61	90	247	206	131	28	0	0	767,4
2009	0	0	0	13	42	140	168	198	303	32	0	0	896,5
2010	0	0	0	51	68	114	235	249	85	47	0	0	849,6
2011	0	0	0,8	25	34	121	224	181	88	16	0	0	689,5
2012	0	0	0	14	74	68	368	240	235	4,8	0	0,3	1003
2013	0	0	10	36	73	38	182	269	165	22	0	0	795,3
2014	3,4	0	0	18	79	95	177	223	213	36	0	0	843,9
2015	0	0,1	8,5	0	29	109	258	309	158	27	0	0	898,6
2016	0	0	13	31	48	69	291	373	147	3,8	0	0	974,1
2017	0	0	0	13	217	110	121	308	102	3,7	0	0	874,1
2018	0	8,4	12	0	75	84	246	236	174	25	0	0	860,2
2019	0	0	7,6	20	48	62	321	212	93	89	0	0	852,7
2020	0	0	0	4,8	9,8	89	302	273	218	59	0	0	955,7
Moy	0,1	0,5	5,4	24	62	91	194	228	135	30	1	0	770,9

La loi normale a été retenue pour l'estimation de la pluviométrie annuelle Pan en raison de sa capacité à modéliser de manière adéquate les fluctuations interannuelles des précipitations.

Les résultats issus de cette modélisation sont présentés ci-après.

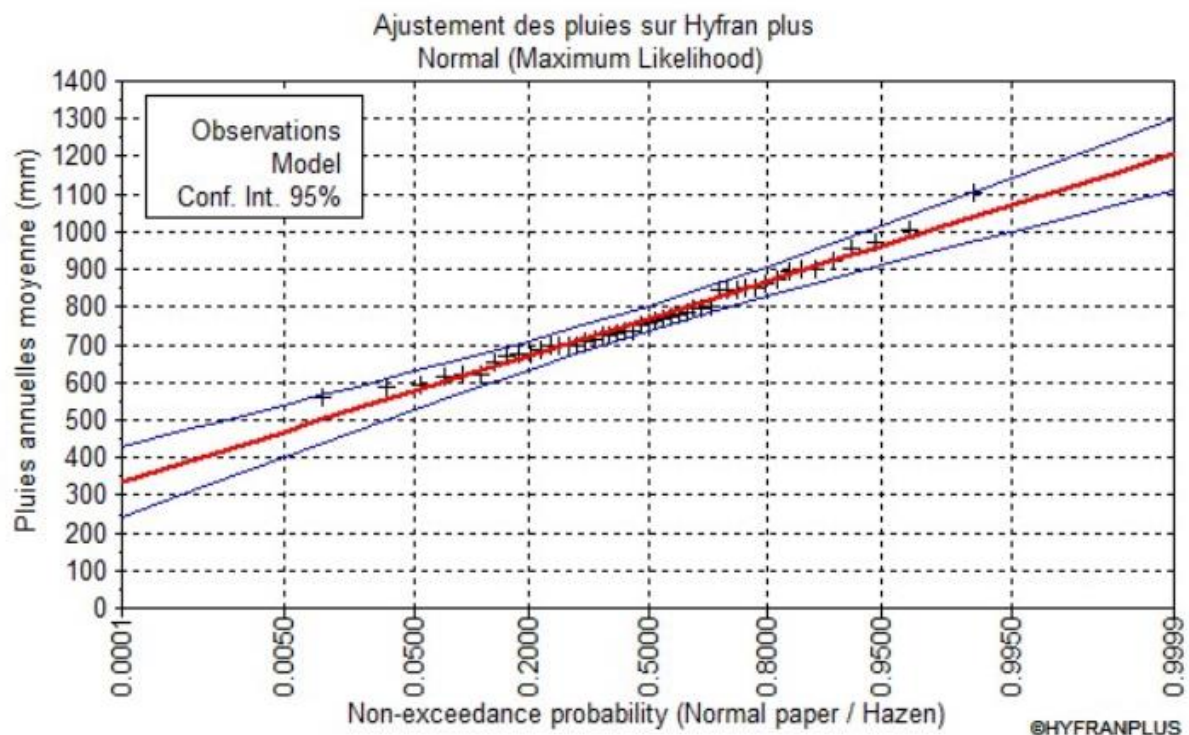


Figure 14 : Analyse fréquentielle des pluies annuelles

Tableau 31 : Analyse fréquentielle des pluies annuelles

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	1210	48.5	1110 - 1300
2000.0	0.9995	1160	43.6	1070 - 1240
1000.0	0.9990	1130	41.4	1050 - 1210
200.0	0.9950	1070	35.8	1000 - 1140
100.0	0.9900	1040	33.1	978 - 1110
50.0	0.9800	1010	30.3	951 - 1070
20.0	0.9500	963	26.4	911 - 1010
10.0	0.9000	920	23.2	875 - 966
5.0	0.8000	869	19.9	830 - 908
3.0	0.6667	821	17.9	786 - 856

2.0	0.5000	770	17.1	737 - 804
1.4286	0.3000	709	18.2	673 - 745
1.2500	0.2000	672	19.9	633 - 711
1.1111	0.1000	620	23.2	575 - 666
1.0526	0.0500	578	26.4	526 - 630
1.0204	0.0200	530	30.3	471 - 589
1.0101	0.0100	498	33.1	433 - 563
1.0050	0.0050	469	35.8	399 - 539
1.0010	0.0010	409	41.4	328 - 490
1.0005	0.0005	385	43.6	300 - 471
1.0001	0.0001	335	48.5	240 - 430

❖ Courbes hypsométriques pour la détermination de la dénivelée des bassins versants pour la méthode orstrom

Nous présenterons uniquement la courbe hypsométrique du bassin versant 3 pour lequel nous procéderons à la détermination via calcul manuel de son débit de crue par la méthode orstrom

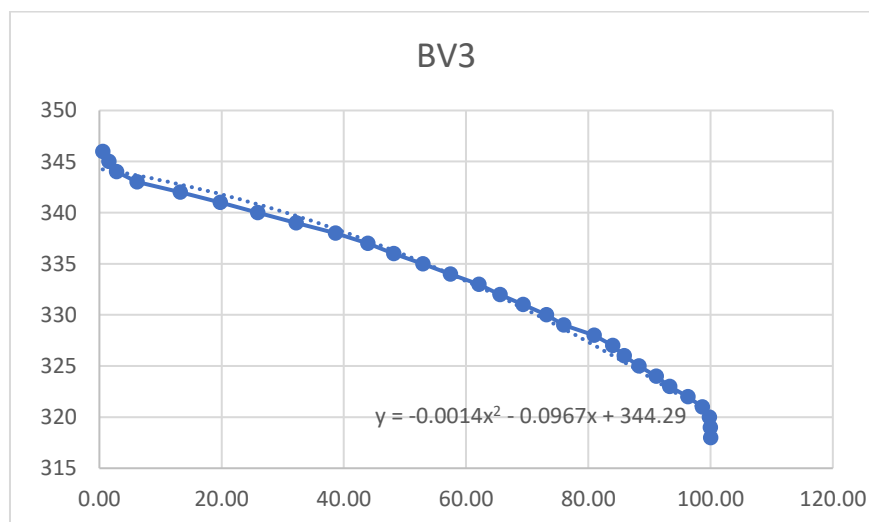


Figure 15 : Courbe hypsométrique du bassin versant 3

Tableau 32 : Dénivelées issues des courbes hypsométriques

Bassins versants	Alt 5%	Alt 95%	Dénivelée
------------------	--------	---------	-----------

BV1	338,25	318,09	20,16
BV2	334,67	321,79	12,88
BV3	345,25	323,11	22,14
BV4	351,6	326,5	25,1
BV5	344	323,61	20,39
BV6	339,73	323,34	16,39
BV7	354	332,3	21,7
BV8	339,97	330,16	9,81
BV9	344,48	333	11,48
BV10	352,42	325,88	26,54
BV11	335	320,8	14,2
BV12	360	339,82	20,18
BV13	356	340	16

❖ Coefficient de ruissellement kr10

Interpolation pour la détermination des coefficients de ruissellement

Coefficients de ruissellement Kr10 pour 70mm de pluie				
BV_1	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	2,57	151,68	20,00	15,12
		Kr10	19,72	
BV_2	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	4,34	166,75	20,00	16,17

		Kr10	24,27	
BV_3	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	4,33	166,58	20,00	16,16
		Kr10	23,55	
BV_4	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	3,95	161,93	20,00	15,83
		Kr10	22,38	
BV_5	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	6,49	193,58	20,00	18,05
		Kr10	22,20	
	Ig	a'	b'	c'
BV_6	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	5,14	176,77	20,00	16,87

		Kr10	22,07	
BV_7	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	3,27	153,40	20,00	15,24
		Kr10	21,65	
BV_8	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	5,16	176,97	20,00	16,89
		Kr10	25,52	
BV_9	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	6,14	189,26	20,00	17,75
		Kr10	26,96	
BV_10	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	2,39	142,42	20,00	14,47

		Kr10	18,70	
	Ig	a'	b'	c'
BV_11	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	5,57	182,08	20,00	17,25
		Kr10	26,17	
BV_12	Ig	a'	b'	c'
	7	200	20	18,5
	15	250	20	21,7
	7,61	203,83	20,00	18,75
		Kr10	28,65	
BV_13	Ig	a'	b'	c'
	3	150	20	15
	7	200	20	18,5
	4,93	174,18	20,00	16,69
		Kr10	22,12	

Coefficients de ruissellement Kr10 pour 100mm de pluie				
BV_1	Ig	a'	b'	c'

	3	200	30	17
	7	240	30	22
	2,57	201,34	30	17,17
		Kr10	21,56	
BV_2	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	4,34	213,40	30	18,67
		Kr10	25,65	
BV_3	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	4,33	213,26	30	18,66
		Kr10	25,21	
BV_4	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	3,95	209,54	30,00	18,19
		Kr10	24,23	
BV_5	Ig	a'	b'	c'

	3	200	30	17
	7	240	30	22
	6,49	234,87	30,00	21,36
		Kr10	28,97	
BV_6	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	5,14	221,42	30,00	19,65
		Kr10	23,41	
BV_7	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	3,27	202,72	30,00	17,34
		Kr10	23,31	
BV_8	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	5,16	221,58	30	19,70
		Kr10	26,96	

BV_9	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	6,14	231,41	30	20,93
		Kr10	28,50	
BV_10	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	2,39	193,93	30	16,24
		Kr10	20,68	
BV_11	Ig	a'	b'	c'
	3	200	30	17
	7	240	30	22
	5,57	225,67	30,00	20,21
		Kr10	27,63	
BV_12	Ig	a'	b'	c'
	7	240	30	22
	15	325	30	26
	7,61	246,51	30,00	22,31
		Kr10	30,37	

	Ig	a'	b'	c'
BV_13	3	200	30	17
	7	240	30	22
	4,93	219,34	30,00	19,42
		Kr10	26,48	

Tableau 33 : Résultats de Kr10

Coefficients de ruissellement Kr10 pour 95 mm de pluie	
BV1	21,15
BV2	25,34
BV3	24,84
BV4	23,81
BV5	27,46
BV6	23,11
BV7	22,94
BV8	23,17
BV9	28,16
BV10	20,24
BV11	27,3
BV12	29,99
BV13	25,5

❖ Calcul du débit de crue décennale par la méthode orstrom (BV3)

Nous procéderons au calcul pour ce seul bassin versant du fait que la méthodologie est la même pour le l'ensemble des bassins.

Le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est défini par la relation :

$$Q_{r10} = m \times A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{T_{b10}}, \text{ Avec :}$$

Détermination des caractéristiques physiques du bassin

Indice de compacité I_{comp} :

$$I_{comp} = 0,282 \times \frac{P}{S^{1/2}}$$

$$\underline{\text{AN}} : I_c = 0,282 \times \frac{11,23}{2,534^{1/2}}$$

$$I_{Comp} = 1,99$$

Calcul de la longueur du rectangle équivalent :

$$L_{eq} = S^{1/2} \times \left(\frac{I_{comp}}{1,128} \right) \times \left[1 + \left(1 - \left(\frac{1,128}{I_{comp}} \right)^2 \right)^{1/2} \right]$$

$$\underline{\text{AN}} : L_{eq} = 2,534^{1/2} \times \left(\frac{1,99}{1,128} \right) \times \left[1 + \left(1 - \left(\frac{1,128}{1,99} \right)^2 \right)^{1/2} \right]$$

$$L_{eq} = 5,12 \text{ km}$$

L'indice global de pente :

$I_g = \frac{D}{L}$, D étant la dénivelé entre les altitudes à 5% et 95% prises à partir de la courbe hypsométrique du bassin

$$\underline{\text{AN}} : I_g = \frac{22,14}{5,12}$$

$$I_g = 4,33 \text{ m/km}$$

L'infiltrabilité :

La classe d'infiltrabilité de notre bassin est prise égale à **RI**

Calcul du coefficient d'abattement A :

Il s'obtient en utilisant l'équation simplifiée de VILLAUME (1974) :

$$A = 1 - \left[\frac{161 - 0,042 \times P_{an}}{1000} \times \log(S) \right]$$

Avec :

P_{an} : la pluie moyenne annuelle (mm) = 832 mm ;

S : la superficie du bassin versant (km²) = 2,534 km².

$$\underline{\text{AN:}} \quad A = 1 - \left[\frac{161 - 0,042 \times 832}{1000} \times \log(2,534) \right]$$

$$A = 0,93$$

Calcul de la pluie décennale moyenne P_{m10} :

$$P_{m10} = P_{10} \times A$$

$$\underline{\text{AN:}} \quad P_{m10} = 112 \times 0,93$$

$$P_{m10} = 104,73 \text{ mm}$$

Calcul du coefficient de pointe décennale α_{10} pris égale à 2,6

Calcul du coefficient de ruissellement K_{r10} :

Il se calcule par interpolation linéaire selon les valeurs de K_{r70} qui correspond à une hauteur de pluie de 70mm et celles de K_{r100} , à une hauteur de pluie de 100mm. Ces valeurs sont déterminées à l'aide de formules empiriques de forme générale :

$$K_{r70} \text{ ou } K_{r100} = \frac{a}{S+b} + c$$

-Détermination des coefficients a' , b' et c' pour K_{r70}

$$I_g = 3 \text{ m/km} \quad \mapsto a' = 150$$

$$I_g = 4,33 \text{ m/km} \quad \mapsto a' = ?$$

$$I_g = 7 \text{ m/km} \quad \mapsto a' = 200$$

$$\frac{4,33-7}{3-7} = \frac{a'-150}{150-200} \leftrightarrow a' = 166,58$$

L'interpolation est valable pour c' et est égale à 16,16.

Le coefficient b' est constante et est égale à 20.

$$\underline{\text{AN}} : K_{r70} = \frac{166,58}{4,33+20} + 16,16$$

$$K_{r70} = 23,55$$

-Détermination des coefficients a', b' et c' pour K_{r100}

$$I_g = 3 \text{ m/km} \quad \mapsto a' = 200$$

$$I_g = 4,33 \text{ m/km} \quad \mapsto a' = ?$$

$$I_g = 7 \text{ m/km} \quad \mapsto a' = 240$$

$$\frac{4,33-7}{3-7} = \frac{a'-200}{200-240} \leftrightarrow a' = 213,26$$

L'interpolation est valable pour c' et est égale à 18,66.

Le coefficient b' est constante et est égale à 30.

$$\underline{\text{AN}} : K_{r100} = \frac{213,26}{4,33+30} + 18,66$$

$$K_{r100} = 25,21$$

K_{r10} correspondant à la hauteur de pluie du projet de 95 mm = 24,84

Calcul du temps de base :

Le temps de base de la zone tropicale sèche se calcule en utilisant la formule générale suivante :

$$T_{b10} = a \times S^{0,36} + b$$

Les coefficients a et b seront déterminés par interpolation linéaire :

$$I_g = 3 \text{ m/km} \quad \mapsto a = 325$$

$$I_g = 4,33 \text{ m/km} \mapsto a = ?$$

$$I_g = 7 \text{ m/km} \mapsto a = 163$$

$$\frac{4,33-7}{3-7} = \frac{a-325}{325-163} \leftrightarrow a = 271,37$$

L'interpolation est valable pour b et est égale à 257,73

$$\underline{\text{AN}} : T_{b10} = 271,37 \times 4,33^{0,36} + 257,73$$

$$T_{b10} = 38219,37 \text{ s}$$

Calcul du débit maximal de ruissellement Q_{r10} :

$$\underline{\text{AN}} : Q_{r10} = 0,93 \times 112 \times 24,84 \times 2,6 \times \frac{4,33}{1069}$$

$$Q_{r10} = 4,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul du débit de pointe décennale Q_{10} :

$$Q_{10} = Q_{ret10} \times Q_{r10}$$

Q_{ret10} est fonction du coefficient de majoration $m = \frac{1,03+1,05}{2} = 1,04$; avec 1,03 et 1,05 les coefficients de majoration, respectivement pour des classes d'infiltrabilité I et P. Notre classe d'infiltrabilité étant RI (classe intermédiaire), d'où la moyenne.

$$\underline{\text{AN}} : Q_{10} = 1,04 \times 4,48$$

$$Q_{10} = 4,67 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Les équations utilisées pour la détermination du débit dans la méthode CIEH

Du fait de la diversité des équations, nous avons calculé les débits avec les équations concernant le Burkina Faso. Ce sont les équations 39, 40, 41, 42, , 44.

Tableau 34 : Equations de détermination du débit selon CIEH

34	Côte d'Ivoire								
35	S	37	0.713	0.844	4.83	0.562			
36	S Ig	34	0.729	0.854	2.29	0.651	0.216		
37	S, PM10	36	0.706	0.840	0.000174	0.645		2.149	
38	S Kr10	31	0.791	0.889	0.380	0.586			0.805
39	S Kr10 Ig	28	0.787	0.887	0.275	0.618	0.099		0.796
40	Burkina Faso								
41	S Kr10	61	0.818	0.904	0.410	0.425			0.923
42	S Kr10 Ig	60	0.824	0.908	0.254	0.462	0.101		0.976
43	Burkina Faso + Mali + Niger								
44	S Kr10	137	0.688	0.829	0.407	0.532			0.941
45	S Kr10 Ig	133	0.755	0.869	0.0912	0.643	0.399		1.019
46	S A*P10	133	0.589	0.767	35600	0.342		-1.808	
47	S, Kr10 PM10	133	0.757	0.870	203	0.459		-1.301	0.813
48	S, Ig PM10	130	0.592	0.769	22400	0.363	0.059	-1.748	

Tableau 35 : Paramètres de calcul du débit selon la méthode CIEH

Bassins versants	Superficie du bassin versant [km²]	Indice globale de pente Ig [m/km]	Coefficient d'abattement A	Pluie journalière moyenne Pm10 [mm]	Coefficient de ruissellement Kr10 [%]
BV_1	8,354	3,13	0,88	98,72	21,15
BV_2	0,603	4,34	1,04	115,96	25,34
BV_3	2,534	4,33	0,93	104,72	25,87
BV_4	4,731	3,95	0,89	99,83	23,81
BV_5	0,843	6,49	1,01	113,07	27,46
BV_6	1,209	5,14	0,99	110,51	23,11
BV_7	3,94	3,27	0,92	103,42	22,94
BV_8	0,503	5,16	1,04	116,3	23,17
BV_9	0,547	5,88	1,03	115,78	27,76
BV_10	13,69	0,82	0,82	91,51	17,99
BV_11	0,4085	5,57	1,06	119,01	27,3
BV_12	0,569	7,61	1,04	116,42	30,44
BV_13	1,073	4,93	1	111,56	25,5

Tableau 36 : Equations de calcul du débit selon la méthode CIEH

Bassins versants	Eq 39 : S. Kr10	Eq 40: S. Kr10. Ig	Eq 41: S. Kr10	Eq 42: S. Kr10. Ig	Eq 44: S. Kr10. Pm10	Débit moyen Q10 [m³/s]
BV_1	16,9	14,64	22,24	11,66	16,35	16,36
BV_2	6,53	5,48	6,51	3,19	4,59	5,26
BV_3	11,81	10,41	13,72	7,86	9,98	10,75

BV_4	14,81	13,21	18,38	10,84	13,67	14,18
BV_5	8,11	7,19	8,39	5,04	5,91	6,93
BV_6	8,06	7,01	6,65	4,86	6,25	6,97
BV_7	13,23	11,48	16,1	8,6	11,64	12,21
BV_8	5,57	4,69	5,44	2,77	3,92	4,48
BV_9	6,82	5,89	6,74	3,71	4,74	5,58
BV_10	17,96	14	24,84	8,61	19,84	17,05
BV_11	5,93	5,04	5,68	2,96	3,95	4,71
BV_12	7,55	6,74	7,5	4,63	5,17	6,32
BV_13	8,4	7,27	8,9	4,89	6,33	7,16

Annexe 4 : Etude hydraulique

❖ Dimensionnement hydraulique de dalot

Nous avons d'abord calculé le débit réduit $Q^* = \frac{Q}{s\sqrt{2gD}}$. Grâce au débit calculé, nous avons

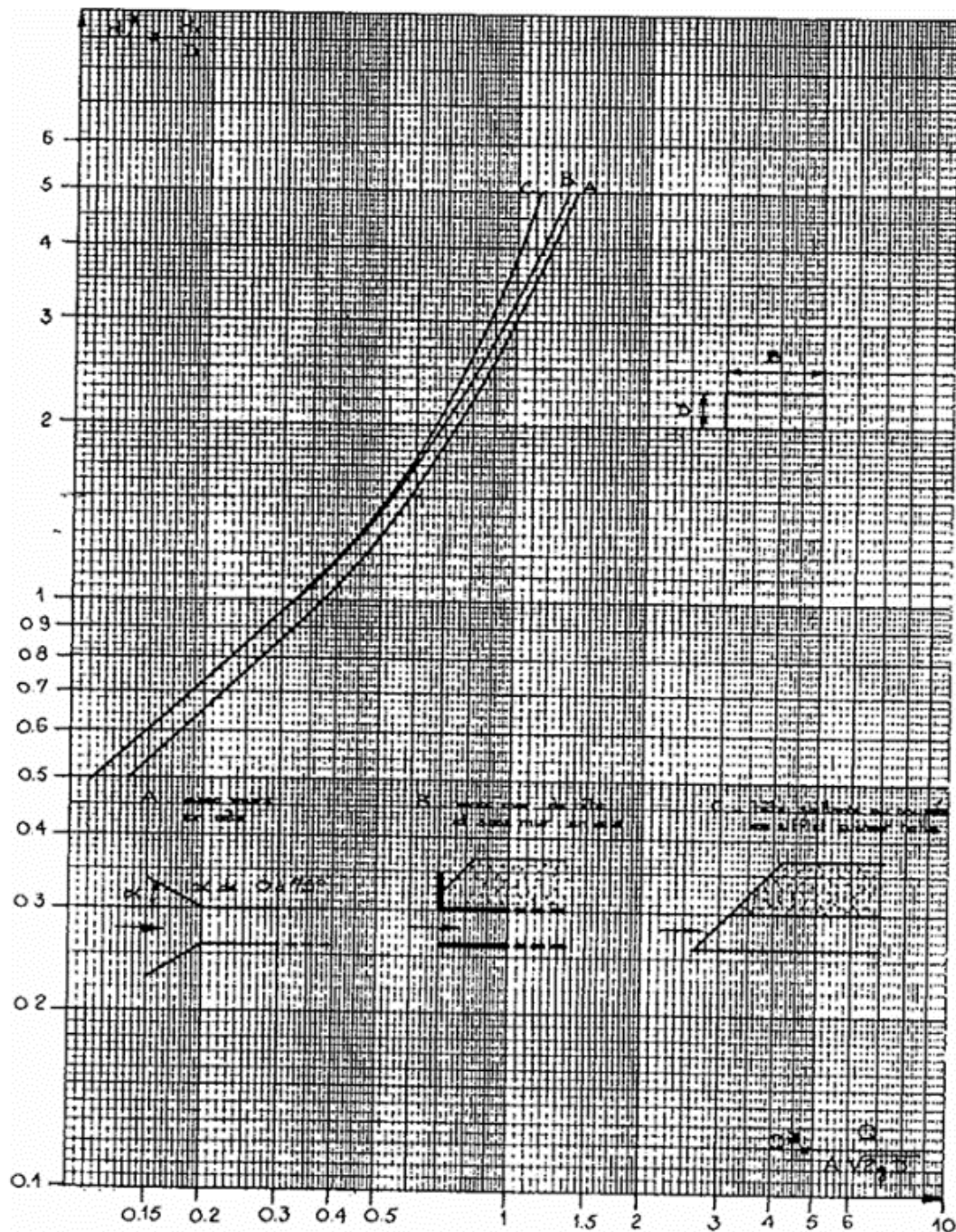


Figure 16 : Courbe de la hauteur réduite en fonction du débit
fait la lecture de la hauteur H^* dans l'abaque 77 du BCEOM,

Nous avons calculé le débit réduit à l'aide de la formule $Q^* = \frac{Q}{\sqrt{gB^5}}$.

Grâce à ce débit, nous avons fait la lecture de la pente I^* dans l'abaque 82 du BCEOM

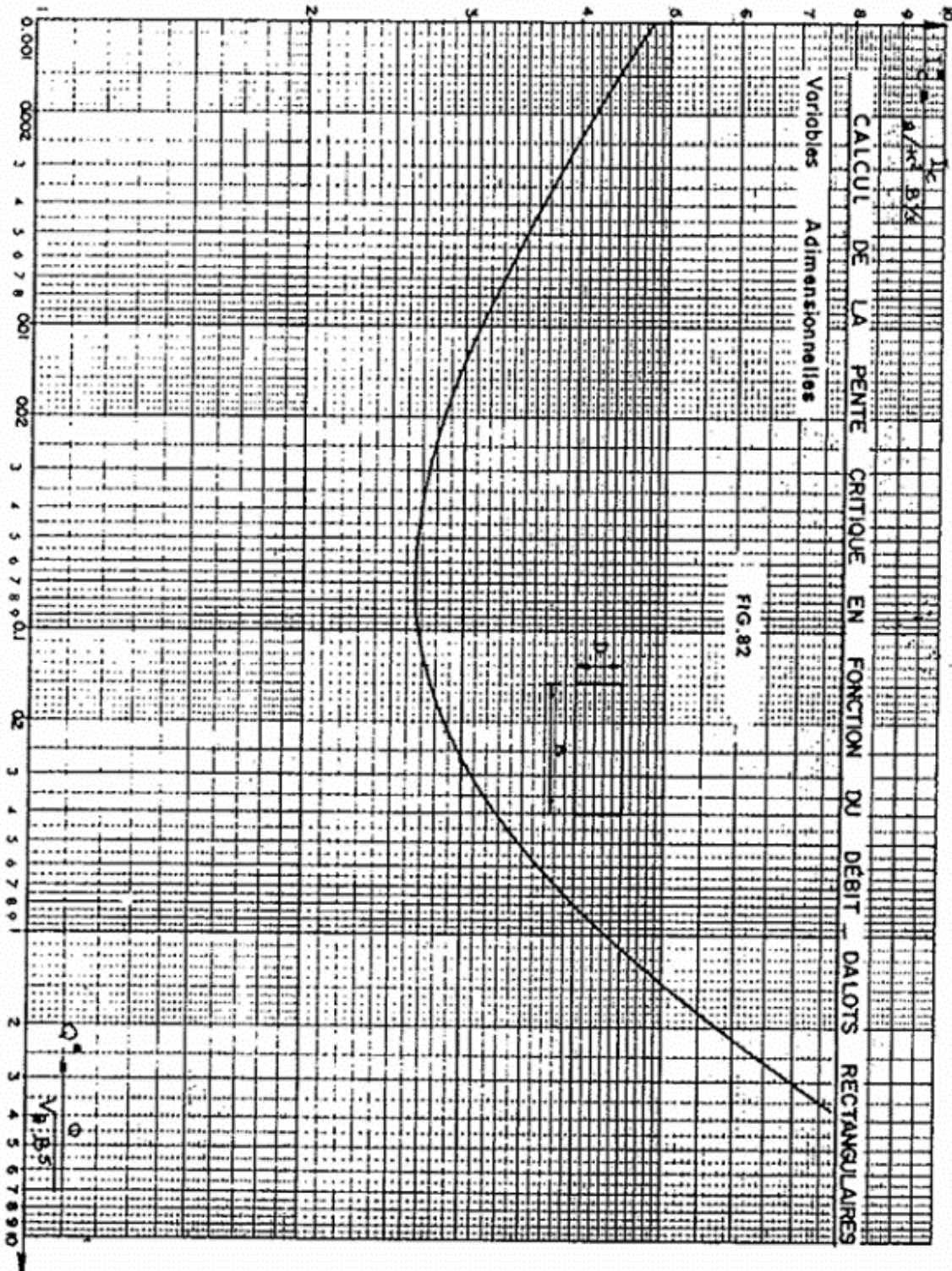


Figure 17 : Courbe de la pente critique en fonction du débit

En calculant le débit réduit $Q^* = \frac{Q}{K B^3 \sqrt{I_c}}$, puis après nous effectuons la lecture de la vitesse

V^* sur l'abaque

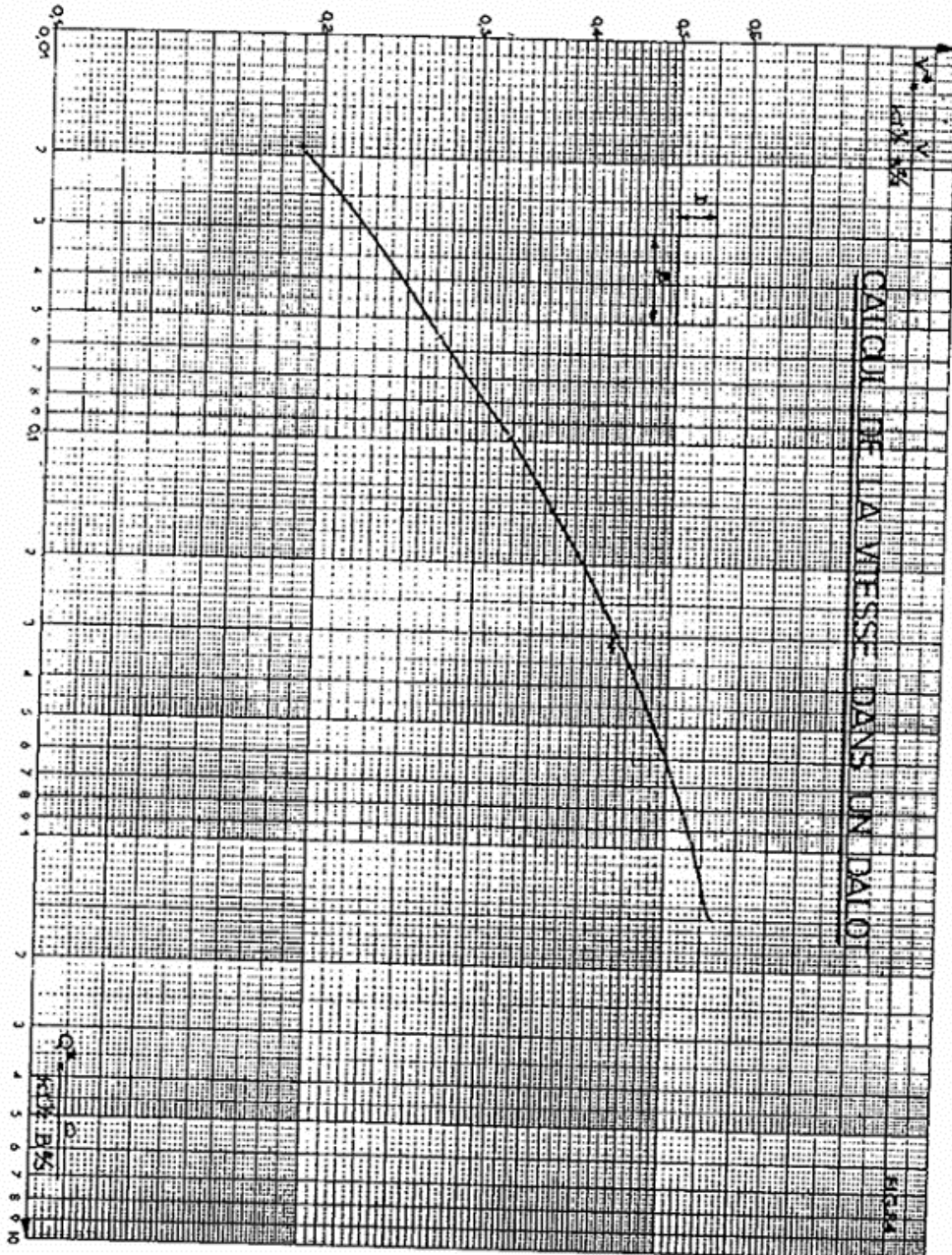


Figure 18 : Courbe de calcul de la vitesse de sortie

*Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route
départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso*

Tableau 37 : Dimensionnement hydraulique des sections des dalots

Débit de projet Q10 (m3/s)/ouvrage	16,36	7,92	25,33	14,18	10,27	13,03	34,82	8,81	9,18	17,05	5,16	8,19	16,91
Bassin versant associé	BV1	BV2	BV3	BV4	BV5	BV6	BV7	BV8	BV9	BV10	BV11	BV12	BV13
Hauteur du dalot D	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Largeur de la cellule B	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Vitesse admissible (m ³ /s)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Nombre de cellules	3	2	4	3	2	3	4	2	2	3	1	2	3
Débit par cellule	5,45	3,96	6,33	4,73	5,14	4,34	6,96	4,41	4,59	5,68	5,16	4,10	5,64
Pesenteur g	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Débit réel de l'ouvrage	54,00	24,00	72,00	54,00	36,00	54,00	180,00	24,00	24,00	54,00	18,00	24,00	54,00
Calcul de la profondeur d'eau en amont													
Débits réduit Q*	0,145	0,158	0,168	0,126	0,137	0,116	0,076	0,176	0,183	0,151	0,137	0,163	0,150
Hauteur réduite H* (abaque 77 BCEOM)	0,54	0,51	0,52	0,50	0,50	0,47	0,50	0,53	0,60	0,55	0,48	0,52	0,50
Profondeur d'eau en amont H1	1,08	1,02	1,04	1	1	0,94	1,5	1,06	1,20	1,1	0,96	1,04	1
Vérification H*/D ≤ 1,25	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié
Revanche D-H1(m)	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,5	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0
Calcul de la pente critique													
Débit réduit Q**	0,0046	0,0252	0,0053	0,0040	0,0043	0,0036	0,0014	0,0281	0,0292	0,0048	0,0043	0,0261	0,0047
Pente critique Ic* réduite abaque 82 BCEOM	3,6	2,8	3,4	3,6	3,5	3,7	4,3	2,8	2,8	3,6	3,5	2,8	3,5
Coefficient de rugosité du béton (k)	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Pente critique Ic	0,0062	0,0049	0,0059	0,0062	0,0061	0,0064	0,0065	0,0049	0,0049	0,0062	0,0061	0,0049	0,0061
Détermination de la vitesse de sortie													
Débits réduit Q***	0,0550	0,1336	0,0657	0,0477	0,0525	0,0432	0,0319	0,1486	0,1548	0,0573	0,0528	0,1381	0,0577
Vitesse v* (abaque 84 BCEOM)	0,26	0,35	0,28	0,26	0,27	0,25	0,22	0,36	0,37	0,27	0,27	0,35	0,27
Vitesse de sortie V	2,84	2,58	2,97	2,84	2,91	2,77	2,97	2,66	2,73	2,95	2,91	2,58	2,91
Vsortie ≤ Vmax	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié

Annexe 5 : Dimensionnement structurel des ouvrages hydrauliques

Prédimensionnement de l'épaisseur du dalot

$$e = \frac{L_{\text{ouverture dalot}}}{32} + 0,125$$

$$e = \frac{2}{32} + 0.125 = 0.19 \text{ m}$$

On prendra $e = 0.20 \text{ m}$ comme épaisseur du dalot

Calcul manuel du dalot : $2 \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$

Evaluations des charges

Charges permanentes¹⁶

Au niveau du tablier

Poids propre tablier : $P_{\text{tablier}} = \gamma_{\text{béton}} \times e$

$$P_{\text{tablier}} = 0,20 \times 25$$

$$P_{\text{tablier}} = 5 \text{ KN/m}^2$$

Poids propre des guides roues : $P_{gr} = \gamma_{\text{béton}} \times e = 25 \times 0,2 \times 2$

$$P_{gr} = 10 \text{ KN/m}^2$$

Poids du remblai : $P_r = e \times \gamma_d = 0,35 \times 20$

$$P_r = 7 \text{ KN/m}^2$$

Poids du béton bitumineux : $P_{bb} = e \times \gamma_d = 0,04 \times 24$

$$P_{bb} = 0,96 \text{ KN/m}^2$$

Charge permanente totale sur le tablier : $P_1 = P_{\text{tablier}} + P_{gr} + P_r + P_{bb} = 5 + 10 + 7 + 0,96$

$$P_1 = 22,96 \text{ KN/m}^2$$

Au niveau du radier

Poids propre radier : $P_{\text{radier}} = \gamma_{\text{béton}} \times e$

$$P_{\text{radier}} = 0,20 \times 25$$

$$P_{\text{radier}} = 5 \text{ KN/m}^2$$

Poids propre des piédroits : $P_{\text{piédroits}} = n \times \frac{\gamma_{\text{béton}} \times e \times h}{(n-1)L_{\text{hydro}}}$

$$P_{\text{piédroits}} = 3 \times \frac{25 \times 0,20 \times 2}{2 \times 2}$$

$$P_{\text{piédroits}} = 7,5 \text{ KN/m}^2$$

Charge permanente totale sur le radier : $P_2 = P_{\text{radier}} + P_{\text{piédroits}} + P_1 = 5 + 7,5 + 22,96$

$$P_2 = 35,46 \text{ KN/m}^2$$

Poussée latérale du remblai sur un piédroit

$$P_t = K_a \times \gamma_d \times h$$

Avec

- le poids volumique des terres $\gamma_d = 2,0 \text{ t/m}^3$;
- hauteur moyenne de remblai $H_r = 40 \text{ cm}$
- le coefficient de poussée des terres : $K = 0,33$

h = hauteur du remblai par rapport au point considéré

$$P_3 = K_a \times \gamma_d \times h_1$$

$$P_3 = 0,33 \times 20 \times (0,40 + 0,20)$$

$$P_3 = 3,96 \text{ KN/m}^2$$

$$P_4 = K_a \times \gamma_d \times h_2$$

$$P_4 = 0,33 \times 20 \times (2 + 0,40 + 0,20)$$

$$P_4 = 17,16 \text{ KN/m}^2$$

Charges d'exploitation (Charges routières)

Système de charge A (L)

Conformément aux dispositions du titre 2 du fascicule 61, une charge uniforme sera appliquée sur les chaussées des ouvrages. L'intensité de cette charge, les coefficients a_1 et a_2 seront déterminés conformément audit fascicule.

$$q(L) = \max [a_1 \times A(L); 4 - 0,002L]$$

$$L = \max \left\{ \frac{Lr}{a} \right\} \text{ on a donc } L = \max \left\{ \begin{matrix} 8,20\text{m} \\ 3\text{m} \end{matrix} \right.$$

$$L = 8,20 \text{ m}$$

$$A(L) = 2,30 + \frac{360}{L+12} (\text{kN/m}^2) \text{ Avec } L : \text{largeur chargée, } L = 8,20 \text{ m}$$

$$A(L) = 2,30 + \frac{360}{8,20 + 12} = 20,12 \text{ kN/m}^2$$

a_1 : coefficient qui dépend de la classe du pont et du nombre de voies chargées.

- Calcul du nombre de voies chargées :

$$n = \text{entier}\left(\frac{Lc}{3}\right)$$

$$Lc = Lr = 8,20 \text{ m}$$

$$n = \text{entier}\left(\frac{8,2}{3}\right) = 2 \text{ voies}$$

Tableau de calcul de a_1

Tableau 38 : Valeur de a_1

Classe de Dalot	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	5
I	1	1	0,9	0,75	0,75
II	1	0,9	-	-	-
III	0,9	0,8			

Pour un dalot de classe I avec 2 voies chargées, on a $a_1 = 1$

Tableau 39 : Valeur de V_0 en fonction de la classe du pont

Classe du pont	V_0
I	3,5 m
II	3,0 m
III	2,75 m

$$a_2 = \frac{V_0}{V} \text{ Avec } V_0 = 3,5 \text{ m (classe I)}$$

$$\text{Et } V = \frac{Lr}{3} = \frac{8,2}{3} = 2,73$$

$$a_2 = \frac{3,5}{2,73} = 1,28$$

$$q(L) = \max [a_1 \times A(L); 400 - 0,002L]$$

$$q(L) = \max [1 \times 20,12 ; 4 - 0,002 \times 8,2)]$$

$$q(L) = \max [20,12 ; 3,98)]$$

$$q(L) = 20,12 \text{ kN/m}^2$$

Calcul de la surcharge A

$$Q = \gamma_q \times a2 \times q(L)$$

$$\gamma_q = 1,2 \text{ à l'état limite de service (ELS)}$$

$$Q = 1,2 \times 1,28 \times 20,12$$

$$Q = 30,9 \text{ KN/m}^2$$

$$\gamma_q = 1,61 \text{ à l'état limite ultime (ELU)}$$

$$Q = 1,61 \times 1,28 \times 20,12$$

$$Q = 41,46 \text{ KN/m}^2$$

Système B

Système Bc

$$Q_{bc} = \gamma_q \cdot bc \cdot \delta \cdot Bc$$

Tableau 40 : Coefficient de pondération bc

Classe du pont	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	5
I	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
II	1	1	-	-	-
III	0,9	0,8			

L'ouvrage étant de classe I avec 2 voies de circulation, le coefficient b_c vaut 1,1

Surface d'encombrement

$$S_{xy} = L_x \times L_y$$

$$S_{xy} = (4,5 + 0,25) \times (1,5 + 0,25)$$

$$S_{xy} = 8,31 \text{ m}^2$$

La charge la plus défavorable

$$P = 60 \times 8$$

$$P = 480 \text{ KN}$$

La densité de charge surfacique devient :

$$B_c = \frac{P}{S_{xy}}$$

$$B_c = \frac{480}{8,31}$$

$$B_c = 57,74 \text{ KN/m}^2$$

Coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$$

Avec L=Max (Largeur roulable ; portée de la travée)

G=Poids total d'une section de couverture de longueur L et toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

Q=Poids total maximum des essieux du système (B_c ou B_t) qu'il est possible de placer sur la longueur L.

$$L = \max \begin{cases} 8,20 \text{ m} \\ 1,5 \text{ m} \end{cases} \quad \text{donc } L = 8,20 \text{ m}$$

$$G = P_1 \times S_{\text{tablier}}$$

$$G = 23 \times 8,60 \times 2,4$$

$$G = 474,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{474,72}{480}}$$

$$\delta = 1,27$$

Au niveau du tablier

$$Q_{bc} = \gamma q \cdot bc \cdot \delta \cdot Bc$$

$$A'ELU : Q_{bc} = 1,61 \times 1,1 \times 1,27 \times 57,74 = 129,87 \text{ KN/m}^2$$

$$A'ELS : Q_{bc} = 1,2 \times 1,1 \times 1,27 \times 57,74 = 96,8 \text{ KN/m}^2$$

Au niveau du radier

$$G = P_2 \times L \times l = 35,5 \times 8,60 \times 2,4 = 732,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times 732,72}{480}} = 1,23$$

$$A'ELS : Q_{bc} = 1,2 \times 1,1 \times 1,23 \times 57,76 = 93,78 \text{ KN/m}^2$$

$$A'ELU : Q_{bc} = 1,61 \times 1,1 \times 1,23 \times 57,76 = 125,82 \text{ KN/m}^2$$

Système Bc-Niger (Espace UEMOA)

La charge la plus défavorable :

$$P = 130 \times 4$$

$$P = 520 \text{ KN}$$

Calcul de la surface d'encombrement

$$S_{xy} = L_x \times L_y$$

$$S_{xy} = (0,15 + 1,5 + 0,15) + (0,15 + 2 + 0,5 + 2 + 0,15)$$

$$S_{xy} = 8,64 \text{ m}^2$$

La densité de charge surfacique devient :

$$Bc = \frac{P}{S_{xy}}$$

$$B_{c \text{ niger}} = \frac{520}{8,64}$$

$$B_{c \text{ niger}} = 60,19 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{bc \text{ niger}} = \gamma_q \cdot b_c \cdot \delta \cdot B_{c \text{ niger}}$$

bc = 1.1 pour un dalot de classe I avec 2 voies chargées

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta_{bc \text{ niger}} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times l_c} + \frac{0,6}{1 + \frac{4G}{S}}$$

Avec :

G : le poids de l'élément considéré ;

Lc : la longueur de l'élément en m

Au niveau du tablier

$$G = P_1 \times S_{\text{tablier}}$$

$$G = 23 \times 8,6 \times 2,4$$

$$G = 474,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{474,72}{520}} = 1,28$$

$$A \text{ l'ELS : } Q_{bc \text{ niger}} = 1,2 \times 1,28 \times 1,1 \times 60,19 = 101,69 \text{ KN/m}^2$$

$$A \text{ l'ELU : } Q_{bc \text{ niger}} = 1,61 \times 1,28 \times 1,1 \times 60,19 = 136,44 \text{ KN/m}^2$$

Au niveau du radier

$$G = P_2 \times L \times l = 35,5 \times 8,6 \times 2,4 = 732,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times 732,72}{520}} = 1,24$$

$$A \text{ l'ELS : } Q_{bc \text{ niger}} = 1,2 \times 1,24 \times 1,1 \times 60,19 = 98,52 \text{ KN/m}^2$$

$$A \text{ l'ELU : } Q_{bc \text{ niger}} = 1,61 \times 1,24 \times 1,1 \times 60,19 = 132,18 \text{ KN/m}^2$$

Système Br

$$S_{xy} = L_x \times L_y$$

$$S_{xy} = \left(0,3 + 2 \times Hr + \frac{e_1}{2} \right) + \left(0,6 + 2 \times Hr + \frac{e_1}{2} \right)$$

$$S_{xy} = \left(0,3 + 2 \times 0,40 + \frac{0,25}{2} \right) + \left(0,6 + 2 \times 0,40 + \frac{0,25}{2} \right)$$

$$S_{xy} = 1,23 \times 1,53$$

$$S_{xy} = 1,88 \text{ m}^2$$

La charge la plus défavorable

$$P = 100 \text{ KN}$$

La densité de charge surfacique devient :

$$Br = \frac{P}{S_{xy}}$$

$$B_r = \frac{100}{1,88}$$

$$B_r = 53,19 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{Br} = \gamma_q \cdot \delta \cdot B_r$$

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta_{bcniger} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times l_c} + \frac{0,6}{1 + \frac{4G}{S}}$$

Avec :

G : le poids de l'élément considéré ;

Lc : la longueur de l'élément en m

$$G = P_1 \times S_{tablier}$$

$$G = 23 \times 8,60 \times 2,4$$

$$G = 474,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,2} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{474,72}{100}} = 1,18$$

Au niveau du tablier

$$\text{A l'ELS : } Q_{Br} = 1,2 \times 1,18 \times 53,19 = 75,31 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{A l'ELU : } Q_{Br} = 1,61 \times 1,18 \times 53,19 = 101,05 \text{ KN/m}^2$$

Au niveau du radier

$$G = P_2 \times L \times l = 35,5 \times 8,6 \times 2,4 = 732,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times 732,72}{100}} = 1,17$$

$$A'_{ELS} : Q_{Br} = 1,2 \times 1,17 \times 53,19 = 74,67 \text{ KN/m}^2$$

$$A'_{ELU} : Q_{Br} = 1,61 \times 1,17 \times 53,19 = 100,19 \text{ KN/m}^2$$

Système Bt

La charge la plus défavorable

$$P = 160 \times 4$$

$$\mathbf{P = 640 \text{ KN}}$$

Calcul de la surface d'encombrement

$$S_c = L_x \times L_y$$

Avec : L_x : sens longitudinal ;

L_y : sens transversal (deux files de camions,)

$$L_x = 1,35 + \frac{0,25}{2} + \frac{0,25}{2} = 1,6 \text{ m}$$

$$L_y = 2 + 1 + 2 + \frac{0,6}{2} + \frac{0,6}{2} = 5,6 \text{ m}$$

$$S_{xy} = 1,6 \times 5,6 = 8,96 \text{ m}^2$$

$$\text{La charge surfacique devient : } B_t = \frac{640}{8,96} = 71,43 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{Bt} = \gamma_q \cdot b_t \cdot \delta \cdot B_t$$

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta_{Bt} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times l_c} + \frac{0,6}{1 + \frac{4G}{S}}$$

Avec :

G : le poids de l'élément considéré ;

l_c : la longueur de l'élément en m

Sur le tablier

$$G = P_1 \times S_{\text{tablier}}$$

$$G = 23 \times 8,60 \times 2,4$$

$$G = 474,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{474,72}{640}} = 1,30$$

Au niveau du tablier

$$\text{A l'ELS : } Q_{\text{bt}} = 1,2 \times 1 \times 1,30 \times 71,43 = 111,43 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{A l'ELU : } Q_{\text{bt}} = 1,61 \times 1 \times 1,30 \times 71,43 = 149,5 \text{ KN/m}^2$$

Sur le radier

$$G = P_2 \times L \times l = 35,5 \times 8,6 \times 2,4 = 732,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times 732,72}{640}} = 1,25$$

$$\text{A l'ELS : } Q_{\text{bt}} = 1,2 \times 1 \times 1,25 \times 71,43 = 107,15 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{A l'ELU : } Q_{\text{bt}} = 1,61 \times 1 \times 1,25 \times 71,43 = 143,75 \text{ KN/m}^2$$

Charges militaires

La charge la plus défavorable

$$\mathbf{P = 1100 \text{ KN}}$$

Calcul de la surface d'encombrement

$$S_{xy} = L_x \times L_y$$

$$S_{xy} = (6,10) + (2,30 + 1)$$

$$S_{xy} = 20,13 \text{ m}^2$$

La densité de charge surfacique devient :

$$q = \frac{P}{S_{xy}}$$

$$q = \frac{1100}{20,13}$$

$$q = 54,64 \text{ KN/m}^2$$

Sur le tablier

$$G = P_1 \times S_{\text{tablier}}$$

$$G = 23 \times 8,6 \times 2,4$$

$$G = 474,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{474,72}{1100}} = 1,37$$

$$\text{A l'ELS : } Q_{mc120} = 1,2 \times 1,37 \times 54,64 = 89,82 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{A l'ELU : } Q_{mc120} = 1,61 \times 1,37 \times 54,64 = 120,52 \text{ KN/m}^2$$

Sur le radier

$$G = P_2 \times L \times l = 35,5 \times 8,6 \times 2,4 = 732,72 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 8,20} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \times 732,72}{1100}} = 1,31$$

$$\text{A l'ELS : } Q_{mc120} = 1,2 \times 1,31 \times 54,64 = 85,89 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{A l'ELU : } Q_{mc120} = 1,61 \times 1,31 \times 54,64 = 115,24 \text{ KN/m}^2$$

Efforts de freinage

- freinage dû à A (l) : La fraction de la charge A (l) qui sera prise en compte comme effort horizontal de freinage est $1 / (20 + 0,0035S)$, S étant la surface chargée en mètre carré.

- freinage dû aux charges du système B : La force de freinage sera prise égale au poids total d'un camion Bc (30 tonnes) sans application du coefficient bc et sans majoration pour effet dynamique conformément aux règlements

Calcul de la surface chargée

$$S_{xy} = L_x \times L_y$$

$$S_{xy} = (3,60) \times (7)$$

$$S_{xy} = 25,2 \text{ m}^2$$

L'effort de freinage est :

$$F = \frac{1}{20 + 0,0035 \times S_{xy}}$$

$$F = \frac{1}{20 + 0,0035 \times 25,2}$$

$$\mathbf{F = 0,0497 \text{ KN/m}^2}$$

Surcharge de remblai

La surcharge verticale de chaussée derrière les piliers de plate-forme routière sera prise égale à 1 t/m²,

$$q = \gamma_s \times k_a \times p$$

$$q = 1,2 \times 0,33 \times 10 = 3,96 \text{ kN/m}^2$$

Tableau 41 : Récapitulatif des surcharges routières

Désignations	Tablier		Radier	
	ELS	ELU	ELS	ELU
Système A(L)	30,9	41,46	30,9	41,46
Sous-système Bc	96,8	129,87	93,78	125,82
Sous-système Bc-Niger	101,69	136,44	98,52	132,18
Sous-système Br	75,31	101,05	74,67	100,19
Sous-système Bt	111,43	149,5	107,15	143,75
Sous charges militaires MC120	89,82	120,52	85,89	115,24
Max (surcharge) (KN/m ²)	111,43	149,5	107,15	143,75

NB : On remarque que toutes les charges maximales proviennent du sous-système B_t et nous allons considérer les charges maximales à L'ELS pour le dimensionnement du dalot

Récapitulatif des charges permanentes

Tableau 42 : Récapitulatif des charges permanentes

Désignation	Chargement en KN/m ²
Charge permanente Tablier	$P_1 = 23 \text{ KN/m}^2$
Charge permanente Radier	$P_2 = 35,5 \text{ KN/m}^2$
Charge permanente Piédroits	$P_3 = 3,96 \text{ KN/m}^2$
	$P_4 = 17,16 \text{ KN/m}^2$

Charges totales :

Soit P'_1 la charge totale sur le tablier

$$P'_1 = P_1 + Q_{\max \text{ tablier}}$$

$$P'_1 = 22,96 + 111,43$$

$$\mathbf{P'_1 = 134,39 \text{ KN/m}^2}$$

Soit P'_2 la charge totale sur le radier

$$P'_2 = P_2 + Q_{\max \text{ radier}}$$

$$P'_2 = 35,46 + 107,15$$

$$\mathbf{P'_2 = 142,61 \text{ KN/m}^2}$$

Soit P'_3 et P'_4 la charge totale sur les piédroits

$$P'_3 = P_3 + q_{\text{surchARGE remblai}}$$

$$P'_3 = 3,96 + 3,96$$

$$\mathbf{P'_3 = 7,92 \text{ KN/m}^2}$$

$$P'_4 = P_4 + q_{\text{surchARGE remblai}}$$

$$P'_4 = 17,16 + 3,96$$

$$\mathbf{P'_4 = 21,12 \text{ KN/m}^2}$$

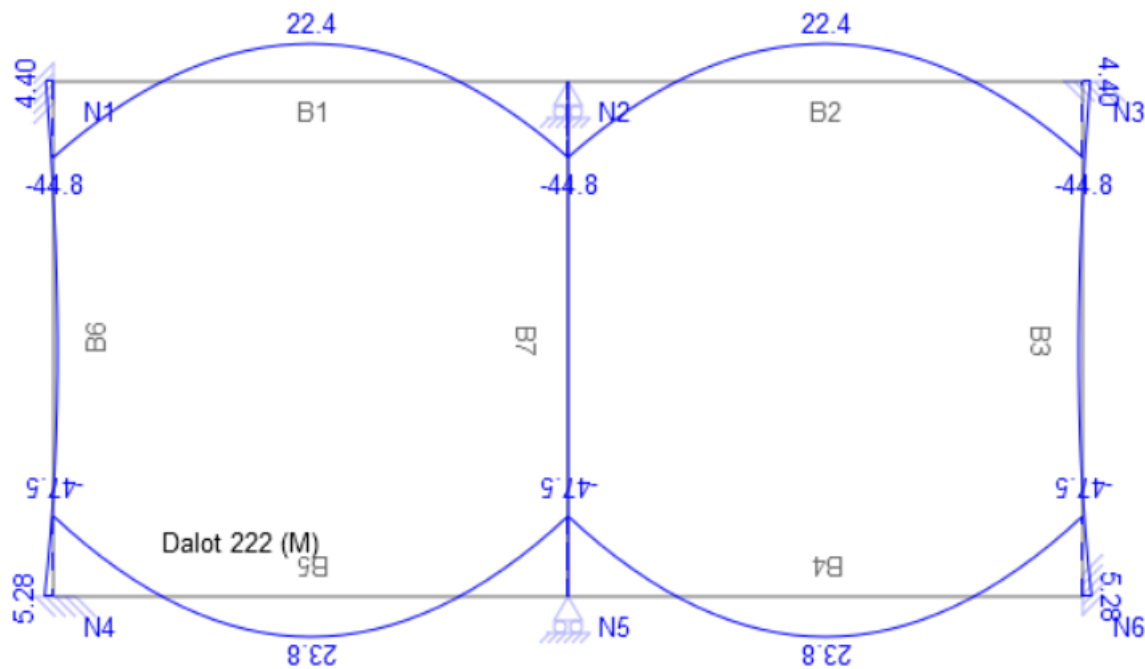


Figure 19 : Diagramme du moment fléchissant

Calcul de la section d'armature du tablier

$$d = 0,9 \times h$$

$$d = 0,9 \times 0,20 = 0,18 \text{ m}$$

Calcul de $\bar{\alpha}_{ser}$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

Fibre neutre

$$\bar{Y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,53 \times 0,18 = 0,0954 \text{ m}$$

Bras de levier

$$\bar{Z}_{ser} = d \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0,18 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0,148 \text{ m}$$

Moment résistant

$$M_{serb} = 0,5 \times \bar{\sigma}_{bc} \times b_0 \times d^2 \times \bar{\alpha}_{ser} \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 15 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,53 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$$

$$M_{serb} = 105,63 \text{ KN.m} = 0,10563 \text{ MN.m}$$

Calcul de la section d'acier sur les travées A₁-A₂ et A₂-A₃

$$M_{ser} = 22,4 \text{ kN.m}$$

$M_{serb} > M_{ser}$ donc il n'y a pas d'aciers comprimés,

Dans ce cas, on ne détermine qu'une section d'acier tendu (A_{st}) et pas besoin de section d'acier comprimé ($A_{sc} = 0$)

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{\bar{Z}_{ser} \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{22,4 \times 10^{-3}}{0,148 \times 201,63} \times 10^4 = 7,5 \text{ cm}^2$$

Section d'acier minimale

$$A_{min} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 100 \times 18 \times \frac{2,1}{400} = 2,17 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{min}$ donc $A_s = A_{st} = 7,5 \text{ cm}^2$

$$A_{st/f} = \frac{A_{st}}{2} = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : Il convient de prendre **5HA10** de section **3,93 cm²** remplissant la section d'acier théorique de **3,75 cm²/face** avec un espacement de **20 cm**.

Aciers de répartitions

$$A_{r/f} = \frac{A_{st/f}}{2} = \frac{3,75}{2} = 1,875 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : Il convient de prendre **5HA8** de section **2,51 cm²** remplissant la section d'acier théorique de **2,17 cm²/face** avec un espacement de **20 cm**.

Au niveau des appuis

$$M_{ser} = 44,8 \text{ kN.m}$$

$M_{serb} > M_{ser}$ donc il ya pas d'aciers comprimés,

Dans ce cas, on détermine seulement qu'une section d'acier tendu (A_{st}) et pas besoin de section d'acier comprimé ($A_{sc} = 0$)

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{\bar{Z}_{ser} \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{44,8 \times 10^{-3}}{0,148 \times 201,63} \times 10^4 = 15 \text{ cm}^2$$

Section d'acier minimale

$$A_{min} = 0,23 \times b_o \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 100 \times 18 \times \frac{2,1}{400} = 2,17 \text{ cm}^2$$

$e_{dalot} > 15 \text{ cm}$ donc on aura 2 nappes

$$A_{st1/2} = 7,5 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : **7HA12** de section **7,92 cm²**

Calcul de la section d'armature des piédroits

Au niveau du piédroit central

Les calculs sont effectués pour un piédroit considéré au mètre linéaire comme un poteau de 1m x 0,25 m soumis à une compression simple et centrée.

Données : H= 2m, b= 1m, et h= 0.20m

Effort normal sur le poteau

$$N_u = 1,35 \times N_g + 1,61 \times N_q$$

$$N_u = 1,35 \times 33,76 + 1,61 \times 198,31$$

$$N_u = 364,86 \text{ KN}$$

Longueur de flambement

$$L_f = 0,7 \times H = 0,7 \times 2 = 1,4 \text{ m}$$

Élancement

$$\lambda = 3,46 \times \frac{L_f}{h}$$

$$\lambda = 3,46 \times \frac{1,4}{0,20}$$

$$\lambda = 24,22$$

$$\lambda < 50$$

Coefficient α

$$\alpha = \frac{0,85}{1 + 0,20 \times \left(\frac{24,22}{35}\right)^2} = 0,76$$

Calcul de la section réduite du béton

$$B_r = (a - 0,02)(b - 0,02)$$

$$B_r = (0,20 - 0,02)(1 - 0,02)$$

$$B_r = 0,18 \text{ m}^2$$

La section d'acier théorique

$$A_{th} = \left(\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r \times f_{c28}}{0,9 \times Y_b} \right) \times \frac{Y_s}{f_e}$$

$$A_{th} = \left(\frac{364,86 \times 10^{-3}}{0,75} - \frac{0,18 \times 25}{0,9 \times 1,5} \right) \times \frac{1,15}{400}$$

$$A_{th} = -0,007 \text{ m}^2$$

Calcul de la section d'acier minimal des armatures

$$A_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 4 \times u \text{ en cm}^2 \\ \frac{0,2 \times B}{100} \end{array} \right.$$

$$A_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 4 \times (2 \times a + 2 \times b) \\ \frac{0,2 \times a \times b}{100} \end{array} \right.$$

$$A_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 4 \times (2 \times 0,20 + 2 \times 1) \\ \frac{0,2 \times 20 \times 100}{100} \end{array} \right.$$

$$A_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 9,60 \text{ cm}^2 \\ 4 \text{ cm}^2 \end{array} \right.$$

$$A_{st} = A_{min} = 9,60 \text{ cm}^2$$

$$Ast_{/f} = \frac{Ast}{2} = \frac{10}{2} = 4,80 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : Il convient de prendre **5HA12** de section **5,65 cm²** remplissant la section d'acier théorique de **4,80 cm²/face** avec un espacement de **20 cm**.

Aciers de répartitions

$$Ar_{/f} = \frac{Ast_{/f}}{2} = \frac{4,80}{2} = 2,40 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : Il convient de prendre **5HA8** de section **2,51 cm²** remplissant la section d'acier théorique de **2,40 cm²/face** avec un espacement de **20 cm**.

Calcul des armatures au niveau des piédroits de rive

Le dimensionnement des piédroits sera en flexion composée

Efforts appliqués

Calcul à l'ELS

$$M_{ser} = 10 \text{ KN.m}$$

$$N_{ser} = 99,67 \text{ KN}$$

A l'ELS on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{ser} = 99,67 \text{ KN} \\ M_{ser} = 10 \text{ KN.m} \\ e_1 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{10}{99,67} = 0,10 \text{ m} \end{array} \right.$$

Excentricité additionnelle

$$e_a = \text{Max} \left\{ \frac{2 \text{ cm}}{\frac{H}{250}} \right\} = \text{Max} \left\{ \frac{2 \text{ cm}}{\frac{220}{250} = 0,88} \right\} = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{3 \times lf^2}{10000 \times 0,2} \times (2 + \alpha\theta) \text{ avec } \alpha = 10 \times \left(1 - \frac{Mu}{1,5 \times Mser} \right) \text{ et } \theta = 2$$

$$e_2 = \frac{3 \times (0,7 \times 2)^2}{10000 \times 0,2} \times (2 + 1,06 \times 2) = 0,012103 \text{ m}$$

$$e = e_1 + e_a + e_2 = 0,10 + 0,02 + 0,0121 = 0,132 \text{ m} = 13,2 \text{ cm}$$

L'effort de compression centre max

$$N_{bmax} = b \times h \times f_{bc} = 1 \times 0,25 \times 14,17 = 3,54 \text{ MN}$$

Coefficient de remplissage

$$\psi_1 = \frac{N_{ser}}{b \cdot h \cdot f_{bc}} = \frac{0,009967}{3,54} = 0,0028$$

On a $\psi_1 < 0,81$

Déterminons l'excentricité critique relative

$$\xi = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\psi_1}}{4 \times (3 + \sqrt{9 - 12\psi_1})}$$

$$\xi = 0,1662$$

Calcul de e_{NC}

$$e_{NC} = \xi \times h = 0,042 \text{ m}$$

$e > e_{NC}$ donc la section est partiellement comprimée

Hauteur utile

$$d = 0,9 \times h$$

$$d = 0,9 \times 0,20 = 0,18 \text{ m}$$

Moment fléchissant fictif

$$M_{fictif} = N_{ser} \times (e + d - 0,5 \times h) = 99,67 \times (0,132 + 0,18 - 0,5 \times 0,25) = 23,62 \text{ KN.m}$$

Calcul de $\bar{\alpha}_{ser}$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

Fibre neutre

$$\bar{Y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,53 \times 0,18 = 0,0954 \text{ m}$$

Bras de levier

$$\bar{Z}_{ser} = d \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0,18 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0,15 \text{ m}$$

Moment résistant

$$M_{serb} = 0,5 \times \bar{\sigma}_{bc} \times b_0 \times d^2 \times \bar{\alpha}_{ser} \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 15 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,53 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$$

$$M_{serb} = 105,63 \text{ KN.m} = 0,10563 \text{ MN.m}$$

Mfictif < M_{serb} alors pas d'acier comprimée

Section d'acier fictive

$$A_{st} = \frac{M_{fictif}}{Z \cdot \sigma_{st}} - \frac{N_{ser}}{\sigma_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{23,62 \times 10^{-3}}{0,1484 \times 201,63} - \frac{99,67 \times 10^{-3}}{201,63} = 2,95 \text{ cm}^2$$

Section d'acier minimale

$$A_{\min} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 100 \times 18 \times \frac{2,1}{400} = \mathbf{2,17 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Alors } A_{st} = \mathbf{2,17 \text{ cm}^2}$$

$$A_{st/f} = \frac{A_{st}}{2} = \frac{2,17}{2} = 1,09 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : Il convient de prendre **5HA12** de section **5,65 cm²** remplissant la section d'acier théorique de **2,17 cm²/face** avec un espacement de **20 cm**.

Aciers de répartitions

$$A_{r/f} = \frac{A_{st/f}}{2} = \frac{1,09}{2} = 0,69 \text{ cm}^2 < A_{\min} \text{ donc } A_{r/f} = A_{\min} = 2,17 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : Il convient de prendre **5HA8** de section **2,51 cm²** remplissant la section d'acier théorique de **2,17 cm²/face** avec un espacement de **20 cm**.

▪ **Calcul des sections d'armatures sur le radier**

Hauteur utile

$$d = 0,9 \times h$$

$$d = 0,9 \times 0,20 = 0,18 \text{ m}$$

Calcul de $\bar{\alpha}_{ser}$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

Fibre neutre

$$\bar{Y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,53 \times 0,23 = 0,12 \text{ m}$$

Bras de levier

$$\bar{Z}_{ser} = d \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0,23 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0,15 \text{ m}$$

Moment résistant

$$M_{serb} = 0,5 \times \bar{\sigma}_{bc} \times b_0 \times d^2 \times \bar{\alpha}_{ser} \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 15 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,53 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$$

$$M_{serb} = 105,63 \text{ KN.m} = 0,10563 \text{ MN.m}$$

Calcul de la section d'acier sur les travées A4-A5 et A5-A6

$$M_{ser} = 23,8 \text{ KN.m}$$

$M_{serb} > M_{ser}$ donc il ya pas d'aciers comprimés,

Dans ce cas, on détermine seulement qu'une section d'acier tendu (A_{st}) et pas besoin de section d'acier comprimé ($A_{sc} = 0$)

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{\bar{Z}_{ser} \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{23,8 \times 10^{-3}}{0,1894 \times 201,63} \times 10^4 = 7,97 \text{ cm}^2$$

Section d'acier minimale

$$A_{min} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 100 \times 18 \times \frac{2,1}{400} = 2,17 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{min}$ donc $A_s = A_{st} = 7,97 \text{ cm}^2$

$$A_{st/f} = \frac{A_{st}}{2} = \frac{7,97}{2} = 3,98 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : Il convient de prendre **6HA10** de section **4,71 cm²** remplissant la section d'acier théorique de **3,98 cm²/face** avec un espacement de **20 cm**.

Aciers de répartitions

$$A_{r/f} = \frac{A_{st/f}}{2} = \frac{3,98}{2} = 1,99 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : Il convient de prendre **5HA8** de section **2,51 cm²** remplissant la section d'acier théorique de **2,17 cm²/face** avec un espacement de **20 cm**.

Calcul de la section d'acier sur les appuis A₄, A₅, A₆

Au niveau des appuis

$$M_{ser} = 47,5 \text{ KN.m}$$

$M_{serb} > M_{ser}$ donc il ya pas d'aciers comprimés,

Dans ce cas, on détermine seulement qu'une section d'acier tendu (A_{st}) et pas besoin de section d'acier comprimé ($A_{sc} = 0$)

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{\bar{Z}_{ser} \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{47,5 \times 10^{-3}}{0,1894 \times 201,63} \times 10^4 = 15,91 \text{ cm}^2$$

Section d'acier minimale

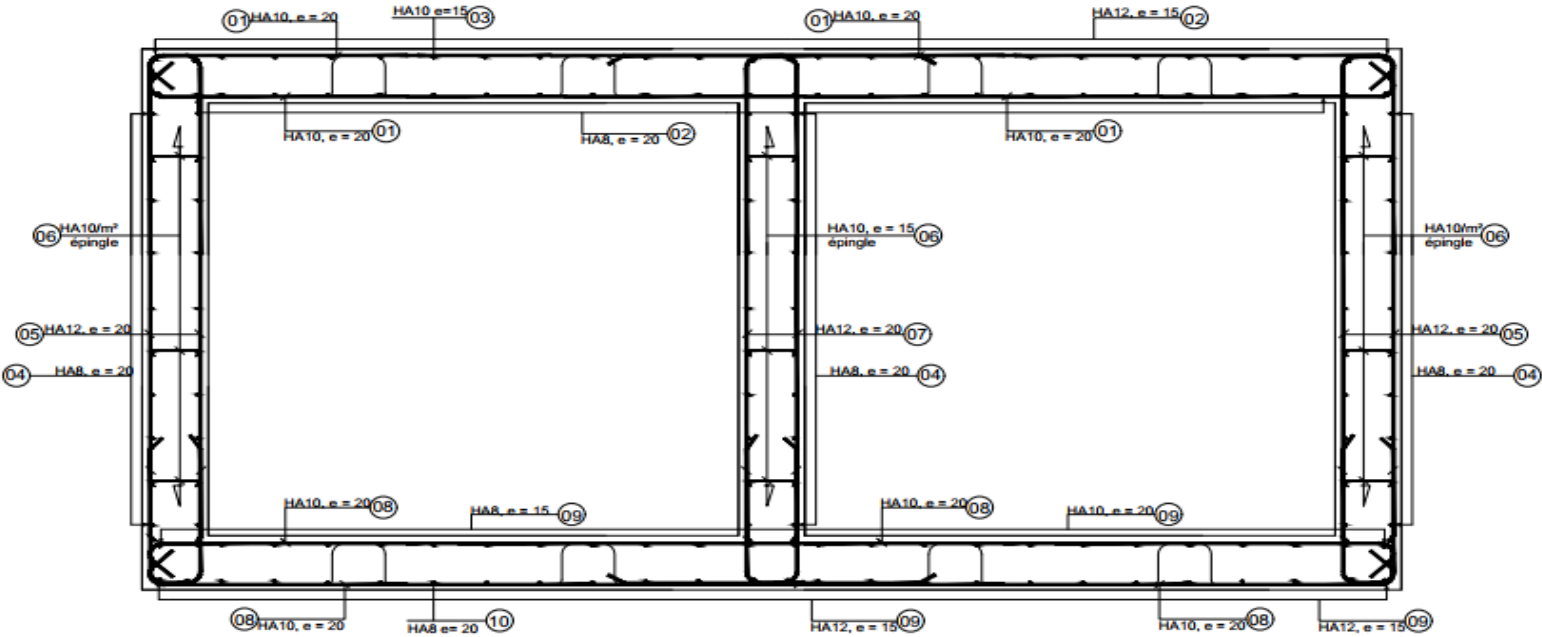
$$A_{min} = 0,23 \times b_o \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 100 \times 18 \times \frac{2,1}{400} = 2,17 \text{ cm}^2$$

$e_{dalot} > 15 \text{ cm}$ donc on aura 2 nappes

$$A_{st1}/2 = 7,95 \text{ cm}^2$$

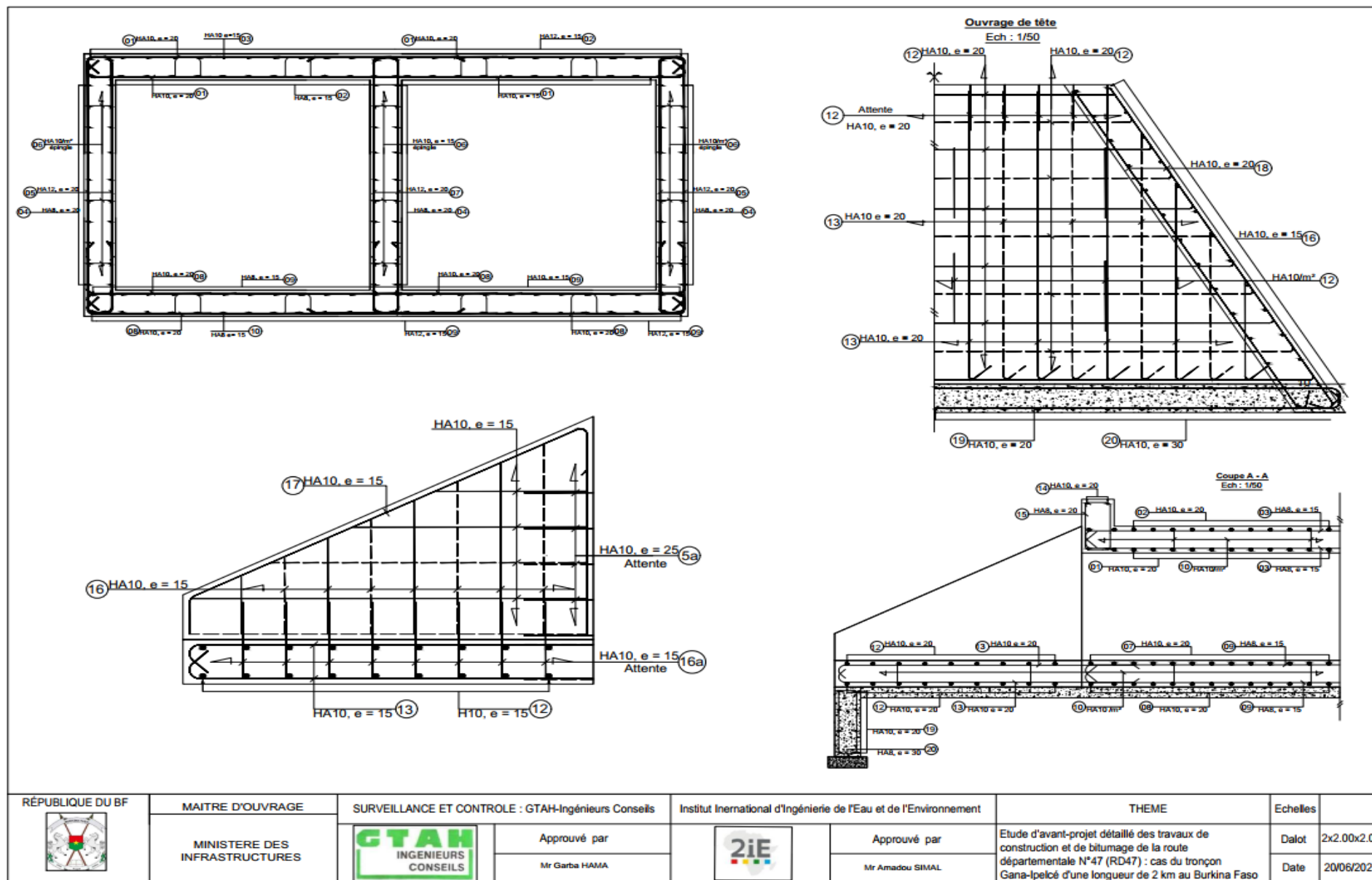
Choix des aciers : Il convient de prendre **8HA12** de section **9,05 cm²** par face remplissant la section d'acier théorique de **7,95 cm²** avec un espacement de **20 cm**

Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso



RÉPUBLIQUE DU BF	MAÎTRE D'OUVRAGE	SURVEILLANCE ET CONTRÔLE : GTAH-Ingénieurs Conseils		Institut International d'Ingénierie de l'Eau et l'Environnement 2iE		THEME	Dalot	2x2.00x2.00
	MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES		Approuvé par M. HAMA Garba		Approuvé par Mr Amadou SIMAL	Etude d'avant-projet des travaux de construction et de bitumage de la route départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso	Date	12/06/2025

Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso



Calcul manuel caniveau 80 × 80

❖ Prédimensionnement

$$e = \frac{b}{32} + 0,125$$

$$\underline{\text{AN}} : e = \frac{0,8}{32} + 0,125$$

$$e = 0,15 \text{ m soit } 15 \text{ cm}$$

- Ouverture du caniveau : $B = 80 \text{ cm}$
- Épaisseur de la lèvre de la feuillure : $a \simeq e/2 = 7,5 \text{ cm}$
- Redent de la feuillure : $h = e - a = 7,5 \text{ cm}$
- Portée de la dallette : $B = b + 2h = 95 \text{ cm}$
- Épaisseur de la dallette : $e = 15 \text{ cm}$
- Largeur de la dallette : $g = 50 \text{ cm}$
- Épaisseur du piédroit : $e = 15 \text{ cm}$
- Hauteur du piédroit : $H = B + R = 1,20 \text{ m}$
- Épaisseur du radier : $e = 15 \text{ cm}$

NB : 'ensemble des calculs sera réalisé en prenant pour unité de mesure le mètre linéaire.¹⁷

Détermination des aciers de la dallette :

Descente de charges

Le poids propre de la dallette :

$$P_1 = \gamma_b \times e \times 1.00$$

$$\underline{\text{AN}} : P_1 = 25 \times 0,15 \times 1$$

$$P_1 = 3,75 \text{ kN/ml}$$

Le poids de la surcharge routière :

Selon le Fascicule 61, Titre II, le dimensionnement de la dalle est effectué en considérant la surcharge routière de type Br, représentée par une roue isolée appliquant une charge de 100 kN.

$$P_{Br} = \frac{Q}{B}$$

$$\underline{AN} : P_{Br} = \frac{100}{0,95}$$

$$P_{Br} = 105,25 \text{ kN/ml}$$

Sollicitations

Combinaison des charges à l'ELS :

L'effort tranchant V_{ser} :

$$V_{ser} = \frac{P_1 \times B}{2} + \frac{P_{Br}}{2}$$

$$\underline{AN} : V_{ser} = \frac{3,75 \times 0,95}{2} + \frac{105,26}{2}$$

$$V_{ser} = 54,42 \text{ kN/ml}$$

Le moment fléchissant M_{ser} :

$$M_{ser} = \frac{P_1 \times B^2}{8} + \frac{P_{Br}}{4}$$

$$\underline{AN} : M_{ser} = \frac{3,75 \times 0,95^2}{8} + \frac{105,26}{4}$$

$$M_{ser} = 26,74 \text{ kN.m/ml}$$

Combinaison des charges à l'ELU :

L'effort tranchant V_u :

$$V_u = 1,35 \times \frac{P_1 \times B}{2} + 1,6 \times \frac{P_{Br}}{2}$$

$$\underline{AN} : V_u = 1,35 \times \frac{3,75 \times 0,95}{2} + 1,6 \times \frac{105,26}{2}$$

$$Vu = 86,61 \text{ kN/ml}$$

Le moment fléchissant Mu :

$$Mu = 1,35 \times \frac{P_1 \times B^2}{8} + 1,6 \times \frac{P_{Br}}{4}$$

$$\underline{AN} : Mu = 1,35 \times \frac{1,88 \times 0,95^2}{8} + 1,6 \times \frac{105,26}{4}$$

$$Mu = 42,68 \text{ kN.m/ml}$$

Ferraillage

Calcul de $\overline{\alpha_{ser}}$:

$$\overline{\alpha_{ser}} = \frac{n\overline{\sigma_{bc}}}{n\overline{\sigma_{bc}} + \overline{\sigma_{st}}}$$

$$\underline{AN} : \overline{\alpha_{ser}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63}$$

$$\overline{\alpha_{ser}} = 0,53$$

Calcul de Y_{ser} :

$$Y_{ser} = d \times \alpha_{ser}$$

$$\underline{AN} : Y_{ser} = 0,9 \times 0,15 \times 0,53$$

$$Y_{ser} = 0,07 \text{ m}$$

Calcul de Z_{ser} :

$$Z_{ser} = d - \frac{Y_{ser}}{3}$$

$$\underline{AN} : Z_{ser} = 0,135 - \frac{0,07}{3}$$

$$Z_{ser} = 0,11 \text{ m}$$

Détermination du moment réduit M_{serb} :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_o \times Z_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times Y_{ser}$$

$$\underline{\text{AN}} : M_{serb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,11 \times 15 \times 0,07$$

$$M_{serb} = 59,41 \text{ kN.m/ml}$$

On a $M_{serf} < M_{serb} \leftrightarrow$ il n'y a pas d'aciers comprimés.

Calcul de la section d'aciers A_{st} :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$\underline{\text{AN}} : A_{st} = \frac{26,74 \times 10^{-3}}{0,11 \times 201,63} \times 10^4$$

$$A_{st} = 12,05 \text{ cm}^2$$

Calcul de la section d'aciers minimale A_{stmin} :

$$A_{stmin} = \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$$

$$\underline{\text{AN}} : A_{stmin} = \frac{0,23 \times 1 \times 0,135 \times 2,10}{400}$$

$$A_{stmin} = 1,63 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

On a $A_{stmin} < A_{st} \leftrightarrow$ condition vérifiée.

$$\text{Prenons } A_{st} = 12,05 \text{ cm}^2$$

Nous optons pour 8 barres HA14, totalisant une section pratique de 12,32 cm². Le ferrailage sera disposé en double nappe, soit 4 barres HA14 par nappe.

$$\text{Espacement minimal : } e_{ht} = \max[\phi_l ; 1,5 G_g] = \max[1,2 ; 1,5 \times 2,5]$$

$$e_{ht} = 3,75 \text{ cm}$$

$$\text{Espacement réel : } e_h = \frac{100 - (\phi * n + enr * 2)}{n - 1} = \frac{100 - (1,2 * 10 + 3 * 2)}{10 - 1} = 11,83$$

$$\text{Prenons } e_h = 10 \text{ cm}$$

Aciers de répartition :

$$A_r = \frac{A_{ST}}{3}$$

$$\text{AN : } A_r = \frac{12,32}{3}$$

$$A_r = 4,11 \text{ cm}^2$$

Nous choisissons 6 barres HA10, section pratique = 4,71 cm².

$$\text{Espacement réel : } e_h = \frac{100 - (\phi * n + enr * 2)}{n - 1} = \frac{100 - (1 * 6 + 3 * 2)}{6 - 1} = 17,6$$

$$\text{Prenons } e_h = 15 \text{ cm}$$

Vérification des contraintes à l'ELS :

Calcul de Y_{ser} :

$$\frac{b_0}{2} Y_{ser}^2 - n A_{st} (d - Y_{ser}) = 0$$

$$\leftrightarrow \frac{100}{2} \times Y_{ser}^2 - 15 \times 11,31 \times (13,5 - Y_{ser})$$

$$\leftrightarrow 50 Y_{ser}^2 + 169,65 Y_{ser} - 2290,275 = 0$$

$$Y_{ser} = 5,28 \text{ cm soit } 0,0528 \text{ m}$$

Calcul du moment quadratique I_{ser} :

$$I_{ser} = \frac{b_0}{2} Y_{ser}^3 + n A_{st} (d - Y_{ser})^2$$

$$\underline{\text{AN}} : I_{ser} = \frac{1}{2} \times 0,0528^3 + 15 \times 11,31 \times 10^{-4} \times (0,135 - 0,0528)^2$$

$$I_{ser} = 1,88 \times 10^{-4} m^4$$

Calcul de la contrainte réelle du béton σ_{bc} :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} Y_{ser}$$

$$\underline{\text{AN}} : \sigma_{bc} = \frac{0,02674}{1,88 \times 10^{-4}} \times 0,0528$$

$$\sigma_{bc} = 7,51 \text{ MPa}$$

La contrainte limite du béton est $\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$

On a $\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \leftrightarrow$ la contrainte du béton est vérifiée.

Calcul de la contrainte réelle de l'acier σ_{st} :

$$\sigma_{st} = n \frac{M_{ser}}{I_{ser}} (d - Y_{ser})$$

$$\underline{\text{AN}} : \sigma_{st} = 15 \times \frac{0,02674}{1,88 \times 10^{-4}} \times (0,135 - 0,0528)$$

$$\sigma_{st} = 175,37 \text{ MPa}$$

Calcul de la contrainte limite de l'acier :

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{2}{3} F_e; \max \left(\frac{1}{2} F_e; 110 \sqrt{\eta F_{tj}} \right) \right\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{2}{3} \times 400; \max \left(\frac{1}{2} \times 400; 110 \sqrt{15 \times 2,10} \right) \right\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \{ 266,67; \max(200; 201,63) \}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

On a $\sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st} \leftrightarrow$ la contrainte de l'acier est également vérifiée.

❖ Détermination des aciers des piédroits :

Descente de charges

Le poids propre de la dalle :

$$P_1 = e \times \frac{1}{2} \times \gamma_b$$

$$\text{AN : } P_1 = 0,15 \times \frac{0,95}{2} \times 25$$

$$P_1 = 1,78 \text{ kN/ml}$$

Le poids propre du piédroit :

$$P_2 = e' \times H \times \gamma_b$$

$$\text{AN : } P_2 = 0,15 \times 1,2 \times 25$$

$$P_2 = 4,50 \text{ kN/ml}$$

La poussée des terres :

$$P_3 = \frac{1}{2} \times K_a \times H^2 \times \gamma_{\text{terre}}$$

$$\text{AN : } P_3 = \frac{1}{2} \times 0,33 \times 1,2^2 \times 20$$

$$P_3 = 4,75 \text{ kN/ml}$$

Le poids de la surcharge routière P_{Br} sur un piédroit :

$$P_{Br} = \frac{100}{2}$$

$$P_{Br} = 50 \text{ kN}$$

Sollicitations

Combinaison des charges à l'ELS :

L'effort normal N_{ser} :

$$N_{ser} = P_1 + P_2 + P_{Br}$$

AN : $N_{ser} = 1,78 + 4,50 + 4,75$

$N_{ser} = 56,28 \text{ kN/ml}$

L'effort tranchant V_{ser} :

$$V_{ser} = \frac{P_3}{3}$$

AN : $V_{ser} = \frac{4,75}{3}$

$V_{ser} = 1,58 \text{ kN/ml}$

Le moment fléchissant :

$$M_{ser} = \frac{P_3 \times H}{3}$$

AN : $M_{ser} = \frac{4,75 \times 1,2}{3}$

$M_{ser} = 1,90 \text{ kN.m/ml}$

Combinaison des charges à l'ELU :

L'effort normal :

$$N_u = 1,35(P_1 + P_2) + 1,6Q_1$$

AN : $N_u = 1,35(1,78 + 4,50) + 1,6 \times 50$

$N_u = 88,48 \text{ kN/ml}$

L'effort tranchant V_u :

$$V_u = 1,35 \times \frac{P_3}{3}$$

AN : $V_u = 1,35 \times \frac{4,50}{3}$

$V_u = 2,14 \text{ kN/ml}$

Le moment fléchissant M_u :

$$M_u = 1,35 \times \frac{P_3 \times H}{3}$$

$$\underline{AN}: M_u = 1,35 \times \frac{4,75 \times 1,2}{3}$$

$$M_u = 2,57 \text{ kN.m/ml}$$

Ferraillage

Calcul de l'excentricité du premier ordre e_1 :

$$e_1 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}}$$

$$\underline{AN}: e_1 = \frac{1,90}{56,28}$$

$$e_1 = 0,03 \text{ m}$$

Calcul de l'excentricité due aux effets secondaires e_2 :

$$e_2 = \max \left(2\text{cm} ; \frac{L}{250} \right)$$

$$\underline{AN}: e_2 = \max \left(2\text{cm} ; \frac{120}{250} \right)$$

$$e_2 = 0,02 \text{ m}$$

Calcul de α :

$$\alpha = 10 \left(1 - \frac{M_u}{1,5 M_{ser}} \right)$$

$$\underline{AN}: \alpha = 10 \times \left(1 - \frac{2,57}{1,5 \times 1,90} \right)$$

$$\alpha = 1$$

Calcul de l'excentricité additionnelle e_a :

$$e_a = \frac{3L_f^2}{10000h} (2 + \alpha \varphi)$$

$$\underline{\text{AN}} : e_a = \frac{3L_f^2}{10000 \times 0,15} (2 + 1 \times 2)$$

$$e_a = 0,0028 \text{ m}$$

L'excentricité e :

$$e = e_1 + e_2 + e_a$$

$$\underline{\text{AN}} : e = 0,03 + 0,02 + 0,0028$$

$$e = 0,057 \text{ m}$$

L'effort de compression maximale centré supportable par le béton :

$$N_{b\max} = b \times h \times f_{bc}$$

$$\underline{\text{AN}} : N_{b\max} = 1 \times 0,15 \times 14,17$$

$$N_{b\max} = 2,13$$

Le coefficient de remplissage :

$$\psi_1 = \frac{N_{ser}}{N_{b\max}}$$

$$\underline{\text{AN}} : \psi_1 = \frac{56,28/1000}{2,13}$$

$$\psi_1 = 0,03$$

On a $\psi_1 < 0,81$ d'où $e_{NC} = \zeta \times h$ avec $\zeta = 0,1645$

$$\underline{\text{AN}} : e_{NC} = 0,1645 \times 0,03$$

$$e_{NC} = 0,004 \text{ m}$$

On a $e > e_{NC} \leftrightarrow$ la section est partiellement comprimée.

Calcul de :

$$e_A = e + (d - 0,5h)$$

AN: $e_A = 0,057 + (0,135 - 0,5 \times 0,15)$

$$e_A = 0,12 \text{ m}$$

Le moment fictif :

$$M_{\text{serf}} = N_{\text{ser}} \times e_A$$

AN: $M_{\text{serf}} = 56,28 \times 0,12$

$$M_{\text{serf}} = 8,47 \text{ kN.m/ml}$$

Calcul de $\overline{\alpha}_{\text{ser}}$:

$$\overline{\alpha}_{\text{ser}} = \frac{n\overline{\sigma}_{\text{bc}}}{n\overline{\sigma}_{\text{bc}} + \overline{\sigma}_{\text{st}}}$$

AN: $\overline{\alpha}_{\text{ser}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63}$

$$\overline{\alpha}_{\text{ser}} = 0,53$$

Calcul de Y_{ser} :

$$Y_{\text{ser}} = d \times \alpha_{\text{ser}}$$

AN: $Y_{\text{ser}} = 0,9 \times 0,15 \times 0,53$

$$Y_{\text{ser}} = 0,07 \text{ m}$$

Calcul de Z_{ser} :

$$Z_{\text{ser}} = d - \frac{Y_{\text{ser}}}{3}$$

AN: $Z_{\text{ser}} = 0,135 - \frac{0,07}{3}$

$$Z_{\text{ser}} = 0,11 \text{ m}$$

Détermination du moment réduit M_{serb} :

$$M_{\text{serb}} = \frac{1}{2} b o \times Z_{\text{ser}} \times \overline{\sigma}_{\text{bc}} \times Y_{\text{ser}}$$

$$\underline{\text{AN}} : M_{serb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,11 \times 15 \times 0,07$$

$$M_{serb} = 59,41 \text{ kN.m/ml}$$

On a $M_{serf} < M_{serb} \leftrightarrow$ il n'y a pas d'aciers comprimés.

Calcul de la section d'aciers fictive A_{stf} :

$$A_{stf} = \frac{M_{serf}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}}$$

$$\underline{\text{AN}} : A_{stf} = \frac{\left(\frac{8,47}{1000}\right)}{0,11 \times 347,83} \times 10000$$

$$A_{stf} = 2,19 \text{ cm}^2$$

Calcul de la section d'aciers théorique A_s :

$$A_s = A_{stf} - \frac{N_{ser}}{\sigma_{st}}$$

$$\underline{\text{AN}} : A_s = 2,19 - \frac{56,28/1000}{347,83} \times 10000$$

$$A_s = 0,57 \text{ cm}^2$$

Calcul de la section d'aciers minimale A_{stmin} :

$$A_{stmin} = \max \left(\frac{bh}{1000}; \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e} \right)$$

$$\underline{\text{AN}} : A_{stmin} = \max \left(\frac{100 \times 0,15}{1000}; \frac{0,23 \times 1 \times 0,135 \times 2,10 \times 10000}{400} \right)$$

$$A_{stmin} = 1,63 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

On a $A_{stmin} > A_s \leftrightarrow$ condition non vérifiée.

$$\text{Prenons } A_s = 1,63 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre **5HA8** totalisant une section pratique de **2,51 cm²**, qui équilibre la section théorique de **1,63 cm²**.

Espacement réel e_h :

Prenons $e_h = 20$ cm

Aciers de répartition :

$$A_r = \frac{A_{st}}{3}$$

$$\underline{AN} : A_r = \frac{1,63}{3}$$

$$A_r = 0,54 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre **5HA8** totalisant une section pratique de **2,51cm²**, qui équilibre la section théorique de **0,54 cm²**.

Espacement réel e_h :

Prenons $e_h = 20$ cm

Vérification des contraintes à l'ELS :

Calcul de Y_{ser} :

$$\frac{b_0}{2} Y_{ser}^2 - n A_{st} (d - Y_{ser}) = 0$$

$$\leftrightarrow \frac{100}{2} \times Y_{ser}^2 - 15 \times 2,51 \times (13,5 - Y_{ser})$$

$$\leftrightarrow 50 Y_{ser}^2 + 37,65 Y_{ser} - 508,275 = 0$$

$$Y_{ser} = 2,83 \text{ cm soit } 0,0283 \text{ m}$$

Calcul du moment quadratique I_{ser} :

$$I_{ser} = \frac{b_0}{2} Y_{ser}^3 + n A_{st} (d - Y_{ser})^2$$

$$\underline{\text{AN}}: I_{ser} = \frac{1}{2} \times 0,0283^3 + 15 \times 2,51 \times 10^{-4} \times (0,135 - 0,0283)^2$$

$$I_{ser} = 4,43 \times 10^{-4} m^4$$

Calcul de la contrainte réelle du béton σ_{bc} :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} Y_{ser}$$

$$\underline{\text{AN}}: \sigma_{bc} = \frac{0,00847}{4,43 \times 10^{-4}} \times 0,0283$$

$$\sigma_{bc} = 0,54 \text{ MPa}$$

La contrainte limite du béton est $\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$

On a $\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \leftrightarrow$ la contrainte du béton est vérifiée.

Calcul de la contrainte réelle de l'acier σ_{st} :

$$\sigma_{st} = n \frac{M_{ser}}{I_{ser}} (d - Y_{ser})$$

$$\underline{\text{AN}}: \sigma_{st} = 15 \times \frac{0,00847}{4,43 \times 10^{-4}} \times (0,135 - 0,0283)$$

$$\sigma_{st} = 30,60 \text{ MPa}$$

Calcul de la contrainte limite de l'acier :

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{2}{3} F_e; \max \left(\frac{1}{2} F_e; 110 \sqrt{\eta F t_j} \right) \right\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{2}{3} \times 400; \max \left(\frac{1}{2} \times 400; 110 \sqrt{15 \times 2,10} \right) \right\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \{ 266,67; \max(200 ; 201,63) \}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

On a $\sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st} \leftrightarrow$ la contrainte de l'acier est également vérifiée.

❖ Détermination des aciers du radier :

Descente de charges

Le poids propre de la dalette P_1 :

$$P_1 = e \times b \times \gamma_b$$

AN : $P_1 = 0,15 \times 1,00 \times 25$

$$P_1 = 3,75 \text{ kN/ml}$$

Le poids propre du radier P_2 :

$$P_2 = e' \times b \times \gamma_b$$

AN : $P_2 = 0,15 \times 1,00 \times 25$

$$P_2 = 3,75 \text{ kN/ml}$$

Le poids propre des piédroits P_3 :

$$P_3 = \frac{2 \times e' \times h}{B} \times \gamma_b$$

AN : $P_3 = \frac{2 \times 0,15 \times 1,20}{0,80} \times 25$

$$P_3 = 11,25 \text{ kN/ml}$$

Le poids de l'eau :

$$P_e = \gamma_e \times H \times B$$

AN : $P_e = 10 \times 1,20 \times 0,80$

$$P_e = 9,6 \text{ kN/ml}$$

Le poids de la surcharge routière P_{Br} :

$$P_{Br} = \frac{100}{B}$$

AN : $P_{Br} = \frac{100}{0,80}$

$$P_{Br} = 125 \text{ kN/ml}$$

Le poids total G :

$$G = P_1 + P_2 + P_3 + P_e + P_{Br}$$

$$\underline{\text{AN}} : G = 3,75 + 3,75 + 11,25 + 9,6 + 125$$

$$G = 153,35 \text{ kN/ml}$$

Sollicitations

Combinaison des charges à l'ELS :

L'effort tranchant V_{ser} :

$$V_{ser} = \frac{G \times l}{2}$$

$$\underline{\text{AN}} : V_{ser} = \frac{153,35 \times 0,95}{2}$$

$$V_{ser} = 72,84 \text{ kN/ml}$$

Le moment fléchissant M_{ser} :

$$M_{ser} = \frac{G \times l^2}{8}$$

$$\underline{\text{AN}} : M_{ser} = \frac{153,35 \times 0,95^2}{8}$$

$$M_{ser} = 17,30 \text{ kN.m/ml}$$

Combinaison des charges à l'ELU :

L'effort tranchant V_u :

$$V_u = 1,35 \times \frac{G \times l}{2}$$

$$\underline{\text{AN}} : V_u = 1,35 \times \frac{153,35 \times 0,95}{2}$$

$$Vu = 98,34 \text{ kN/ml}$$

Le moment fléchissant Mu :

$$Mu = 1,35 \times \frac{G + \times l^2}{8}$$

$$\underline{\text{AN}} : Mu = 1,35 \times \frac{153,35 \times 0,95^2}{8}$$

$$Mu = 23,35 \text{ kN.m/ml}$$

Ferraillage

Calcul de $\overline{\alpha}_{ser}$:

$$\overline{\alpha}_{ser} = \frac{n \overline{\sigma}_{bc}}{n \overline{\sigma}_{bc} + \overline{\sigma}_{st}}$$

$$\underline{\text{AN}} : \overline{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63}$$

$$\overline{\alpha}_{ser} = 0,53$$

Calcul de Y_{ser} :

$$Y_{ser} = d \times \alpha_{ser}$$

$$\underline{\text{AN}} : Y_{ser} = 0,9 \times 0,15 \times 0,53$$

$$Y_{ser} = 0,07 \text{ m}$$

Calcul de Z_{ser} :

$$Z_{ser} = d - \frac{Y_{ser}}{3}$$

$$\underline{\text{AN}} : Z_{ser} = 0,135 - \frac{0,07}{3}$$

$$Z_{ser} = 0,11 \text{ m}$$

Détermination du moment réduit M_{serb} :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b o \times Z_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times Y_{ser}$$

$$\underline{AN} : M_{serb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,11 \times 15 \times 0,07$$

$$M_{serb} = 59,41 \text{ kN.m/ml}$$

On a $M_{serf} < M_{serb} \leftrightarrow$ il n'y a pas d'aciers comprimés.

Calcul de la section d'aciers A_{st} :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$\underline{AN} : A_{st} = \frac{17,30 \times 10^{-3}}{0,11 \times 201,63 \times 10^4}$$

$$A_{st} = 7,80 \text{ cm}^2$$

Calcul de la section d'aciers minimale A_{stmin} :

$$A_{stmin} = \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$$

$$\underline{AN} : A_{stmin} = \frac{0,23 \times 1 \times 0,135 \times 2,10}{400}$$

$$A_{stmin} = 1,63 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

On a $A_{stmin} < A_{st} \leftrightarrow$ condition vérifiée.

$$\text{Prenons } A_{st} = 7,80 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre **7HA12** totalisant une section pratique de **7,92 cm²**, qui équilibre la section théorique de **7,80 cm²**. Le ferrailage sera en double nappe soit **4HA12** par nappe.

$$\text{Espacement minimal : } e_{ht} = \max[\phi_l ; 1,5G_g] = \max[1,2 ; 1,5 \times 2,5]$$

$$e_{ht} = 3,75 \text{ cm}$$

$$\text{Espacement réel : } e_h = \frac{100 - (\phi \cdot n + enr \cdot 2)}{n - 1} = \frac{100 - (1,2 \cdot 10 + 3 \cdot 2)}{10 - 1} = 14,26$$

Prenons $e_h = 10\text{ cm}$

Aciers de répartition :

$$A_r = \frac{A_{st}}{3}$$

$$\underline{AN} : A_r = \frac{7,92}{3}$$

$$A_r = 2,64 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre **6HA8** totalisant une section pratique de **3,02 cm²**, qui équilibre la section théorique de **2,60 cm²**.

Espacement réel e_h :

Prenons $e_h = 15 \text{ cm}$

Vérification des contraintes à l'ELS :

Calcul de Y_{ser} :

$$\frac{b_o}{2} Y_{ser}^2 - n A_{st} (d - Y_{ser}) = 0$$

$$\leftrightarrow \frac{100}{2} \times Y_{ser}^2 - 15 \times 7,80 \times (13,5 - Y_{ser})$$

$$\leftrightarrow 50 Y_{ser}^2 + 117 Y_{ser} - 1579,5 = 0$$

$$Y_{ser} = 4,57 \text{ cm soit } 0,0457 \text{ m}$$

Calcul du moment quadratique I_{ser} :

$$I_{ser} = \frac{b_o}{2} Y_{ser}^3 + n A_{st} (d - Y_{ser})^2$$

$$\underline{AN} : I_{ser} = \frac{1}{2} \times 0,0457^3 + 15 \times 7,80 \times 10^{-4} \times (0,135 - 0,0457)^2$$

$$I_{ser} = 1,40 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Calcul de la contrainte réelle du béton σ_{bc} :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} Y_{ser}$$

$$\underline{AN} : \sigma_{bc} = \frac{0,01730}{1,40 \times 10^{-4}} \times 0,0457$$

$$\sigma_{bc} = 5,64 \text{ MPa}$$

La contrainte limite du béton est $\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$

On a $\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \leftrightarrow$ la contrainte du béton est vérifiée.

Calcul de la contrainte réelle de l'acier σ_{st} :

$$\sigma_{st} = n \frac{M_{ser}}{I_{ser}} (d - Y_{ser})$$

$$\underline{AN} : \sigma_{st} = 15 \times \frac{0,01730}{1,40 \times 10^{-4}} \times (0,135 - 0,0457)$$

$$\sigma_{st} = 165,52 \text{ MPa}$$

Calcul de la contrainte limite de l'acier :

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{2}{3} F_e; \max \left(\frac{1}{2} F_e; 110 \sqrt{\eta F_t} \right) \right\}$$

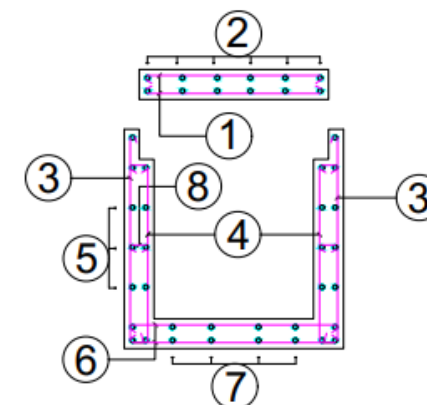
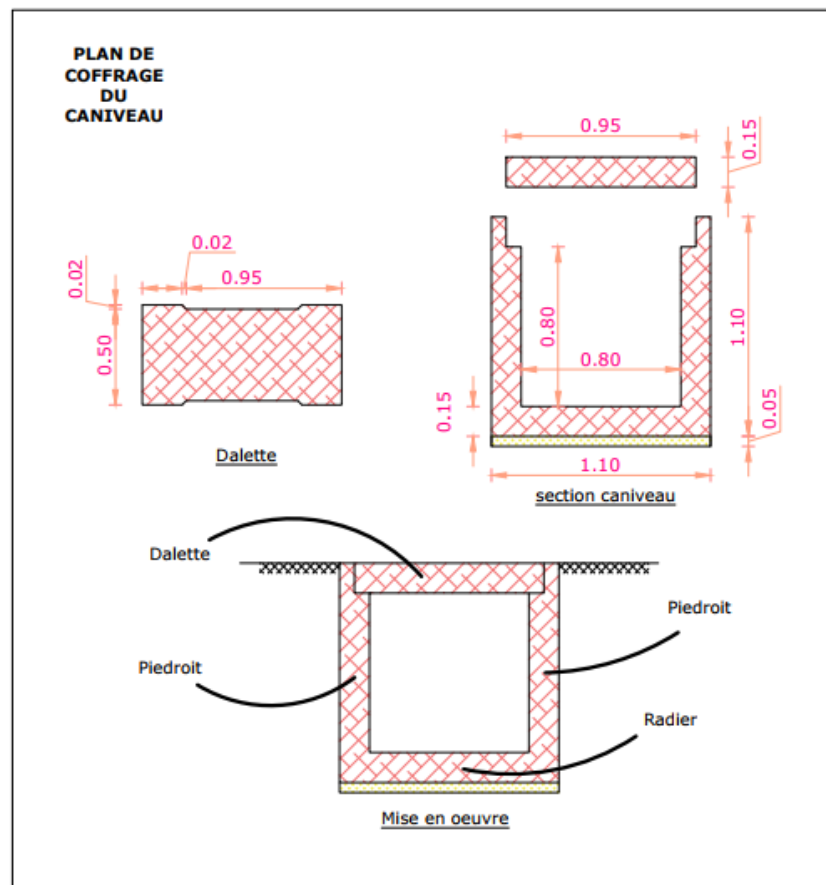
$$\bar{\sigma}_{st} = \min \left\{ \frac{2}{3} \times 400; \max \left(\frac{1}{2} \times 400; 110 \sqrt{15 \times 2,10} \right) \right\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min \{ 266,67; \max(200; 201,63) \}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = 201,63 \text{ MPa}$$

On a $\sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st} \leftrightarrow$ la contrainte de l'acier est également vérifiée.

Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso



Numéro	Diametre	Forme	E spacement
1	HA14	⌀ 89	10
2	HA10	⌀ 100	15
3	HA8	⌀ 104	20
4	HA8	⌀ 89	20
5	HA8	⌀ 100	20
6	HA12	⌀ 104	10
7	HA8	⌀ 100	20
8	HA8	⌀ 9	80

Annexe 6 : Notice d'impact environnemental et social, signalisation et sécurité routière

➤ Notice d'impact environnemental

Tableau 43 : Sources d'impact du projet

Activité	Description	Type d'impact potentiel
Défrichage et décapage	Enlèvement de la végétation sur l'emprise du tracé	Perte de biodiversité, érosion des sols, poussières
Terrassement et nivellement	Réglage du terrain et préparation des assises routières	Instabilité des sols, émissions de poussières, bruit
Transport et stockage des matériaux	Circulation intense d'engins lourds et stockage de sable, gravier, bitume	Pollution de l'air, bruit, accidents, occupation du sol
Installation de la base-vie et des zones de chantier	Mise en place d'espaces pour le personnel et les équipements	Pression sur les ressources locales, production de déchets
Construction des structures (couche de base, revêtement, ouvrages d'art)	Réalisation technique de la route et de ses composantes	Déchets de chantier, émissions polluantes, nuisances sonores
Franchissement de zones humides	Travaux dans ou à proximité des milieux aquatiques	Perturbation de l'écosystème aquatique, risque d'inondation
Utilisation du foncier	Acquisition ou expropriation de terres le long de l'axe routier	Perte de terres, conflits sociaux, déplacements forcés
Phase d'exploitation de la route	Circulation des usagers et camions après la mise en service	Bruit, pollution atmosphérique, risque d'accidents
Présence humaine accrue sur le chantier	Concentration temporaire de travailleurs et d'activités humaines	Pression sur les services sociaux, conflits, insécurité

Entretien de la route	Travaux de réparation ou curage périodique	Perturbations ponctuelles, gestion des déchets
-----------------------	--	--

Tableau 44 : Plan de Gestion Environnemental et Social

Impact à surveiller	Mesure de gestion proposée	Responsable de mise en œuvre	Responsable du suivi	Période d'application	Indicateur de performance
Perte de végétation	Défrichage limité et reboisement compensatoire	Entreprise	Bureau environnemental	Phase de construction	Superficie reboisée (en %)
Érosion des sols	Stabilisation des talus, fossés et végétalisation	Entreprise	Bureau de contrôle	Construction	Nombre de zones traitées
Pollution de l'eau	Drainage, bassins de rétention, interdiction de rejets	Entreprise	Autorité environnementale	Construction & exploitation	Résultats d'analyses de la qualité de l'eau
Pollution de l'air / poussières	Arrosage régulier, limitation de vitesse, entretien des engins	Entreprise	Service technique / Mairie	Construction	Fréquence d'arrosage, taux de particules
Déchets (solides et liquides)	Collecte, tri, stockage temporaire et évacuation	Entreprise	Bureau environnemental	Pendant les travaux	Volume de déchets évacués (en tonnes)
Accidents / sécurité des personnes	Signalisation, équipements de protection, sensibilisation	Entreprise	Inspection du travail	Construction	Nombre d'accidents enregistrés
Déplacement de population (le cas échéant)	Recensement, indemnisation équitable, relogement	Mairie / Maître d'ouvrage	Comité de suivi local	Avant les travaux	Taux de satisfaction des ménages affectés
Nuisances sociales et sonores	Horaires limités, médiation, communication avec les riverains	Entreprise / Autorités locales	ONG locale / Chef de projet	Avant & pendant les travaux	Nombre de plaintes traitées

Pression sur les ressources locales	Utilisation raisonnée de l'eau et du bois, appui aux services	Entreprise	Collectivité locale	Construction	Ratio consommation / ressources disponibles
Accès difficile aux services	Création d'itinéraires alternatifs, passerelles temporaires	Entreprise	Bureau de contrôle	Construction	Accessibilité maintenue aux services essentiels
Intégration locale	Emploi local, formation des jeunes, sous-traitance locale	Entreprise / Maître d'ouvrage	Chef de projet	Pendant les travaux	Pourcentage de main-d'œuvre locale
Impacts après les travaux	Suivi environnemental continu, entretien de la route	Commune / Direction des routes	Inspection environnementale	Exploitation	Rapport annuel, état de dégradation

Tableau 45 : Mesures d'atténuations proposées

Source d'impact	Type d'impact	Mesure proposée	Responsable	Période d'application
Défrichage	Perte de végétation	Reboiser avec des espèces locales	Entreprise	Phase de construction
Terrassement	Érosion des sols	Aménager des fossés, talus végétalisés	Entreprise	Construction
Travaux proches de l'eau	Pollution des eaux	Installer des bassins de rétention	Bureau de contrôle	Construction & exploitation
Transport de matériaux	Poussières, bruit	Arroser régulièrement, limiter la vitesse	Entreprise	Construction
Activités du chantier	Déchets solides et liquides	Trier et évacuer vers des sites agréés	Entreprise	Pendant les travaux
Circulation d'engins	Risques d'accidents	Mettre en place une signalisation claire	Entreprise / Mairie	Construction
Travaux en zones habitées	Nuisances sociales	Adapter les horaires, dialoguer avec les riverains	ONG locale / Maître d'ouvrage	Avant et pendant les travaux

Expropriations	Déplacements involontaires	Mettre en œuvre un plan d'indemnisation juste	Mairie / Maître d'ouvrage	Avant les travaux
Recrutement de personnel	Tensions sociales	Privilégier l'emploi local, informer les communautés	Entreprise	Pendant les travaux
Usage de la route	Insécurité	Créer des passages piétons, installer des panneaux	Collectivité / Ministère	Phase d'exploitation

➤ Signalisation et sécurité routière

Les différentes signalisations prévues dans le cadre de notre projet sont présentées ci-dessous :

Tableau 46 : Panneaux de signalisation

Panneau	Description	Nombre
	A1b	4
	A1a	6
	A3	1
	AB4	13
	A2b	12
	C27	12

	B14	5
	B33	5
	BK3	2
	B34	2
	A13b	4
	C20a	4
	A13a	5
	EB10	1
	EB20	1
	EB20	1
	EB10	1

Annexe 7 : Devis estimatif et quantitatif du projet

Tableau 47 : Devis estimatif et quantitatif

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET					
N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
100	Installation et repli du chantier				
101	Installation du chantier	Ens	1,00	344 862 681	344 862 681
102	Amené et repli du matériel	Ens	1,00	172 431 340	172 431 340
103	Laboratoire du chantier	Ens	1,00	4 850 000	4 850 000
	Sous total 100				522 144 021
200	Travaux préparatoires				
201	Abattage des arbres de circonférence supérieure à 1m	U	110,00	38 500	4 235 000
202	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise	m²	672 000,00	300	201 600 000
203	Création et aménagement des déviations et pistes de services	Km	21,00	2 200 000	46 200 000
204	Décapage de la terre végétale (10cm)	m²	672 000,00	380	255 360 000
205	Démolition des ouvrages existants	Fft	148,00	49 170	7 277 160
	Sous total 200				514 672 160
300	Terrassement				

*Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route
départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso*

301	Déblais	m3	55 240,00	6 500	151 060 000
302	Remblais	m3	223 642,00	8 000	1 789 136 000
303	Mise en forme réglage et compactage de la plateforme	m²	256 200,00	450	115 290 000
304	Purge et remplacement matériaux impropres	m3	12 020,00	15 500	186 310 000
Sous total 300					2 241 796 000
400	Chaussée et revêtement				
401	Fourniture et mise en œuvre du revêtement en Béton bitumineux (ep,4)	m3	6 508,90	215 000	1 399 413 500
403	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritique naturel pour couche de fondation (ep,20)	m3	51 428,00	7 000	359 996 000
404	Fourniture et mise en œuvre de concassés pour couche de base (ep,15)	m3	32 638,00	18000	587 484 000
405	Fourniture et mise en œuvre des pavés autobloquants (ep=6cm)	m²	13 455,00	17 125	230 416 875
406	Mise en œuvre de toutes les bordures	ml	42 403,94	22 000	932 886 592
Sous total 400					4 342 032 962
500	Ouvrage d'assainissement				
501	Caniveau en béton armé 80x80	ml	15000,00	80 630	1 209 450 000
502	Dalette en béton armé pour caniveau de section 80x80	ml	15000,00	36 875	553 125 000
503	Exécution des fossés en terre	ml	27106,00	800	21 684 800
504	1 × Dalot de 4x400x300	ml	32,80	707 500	23 206 000

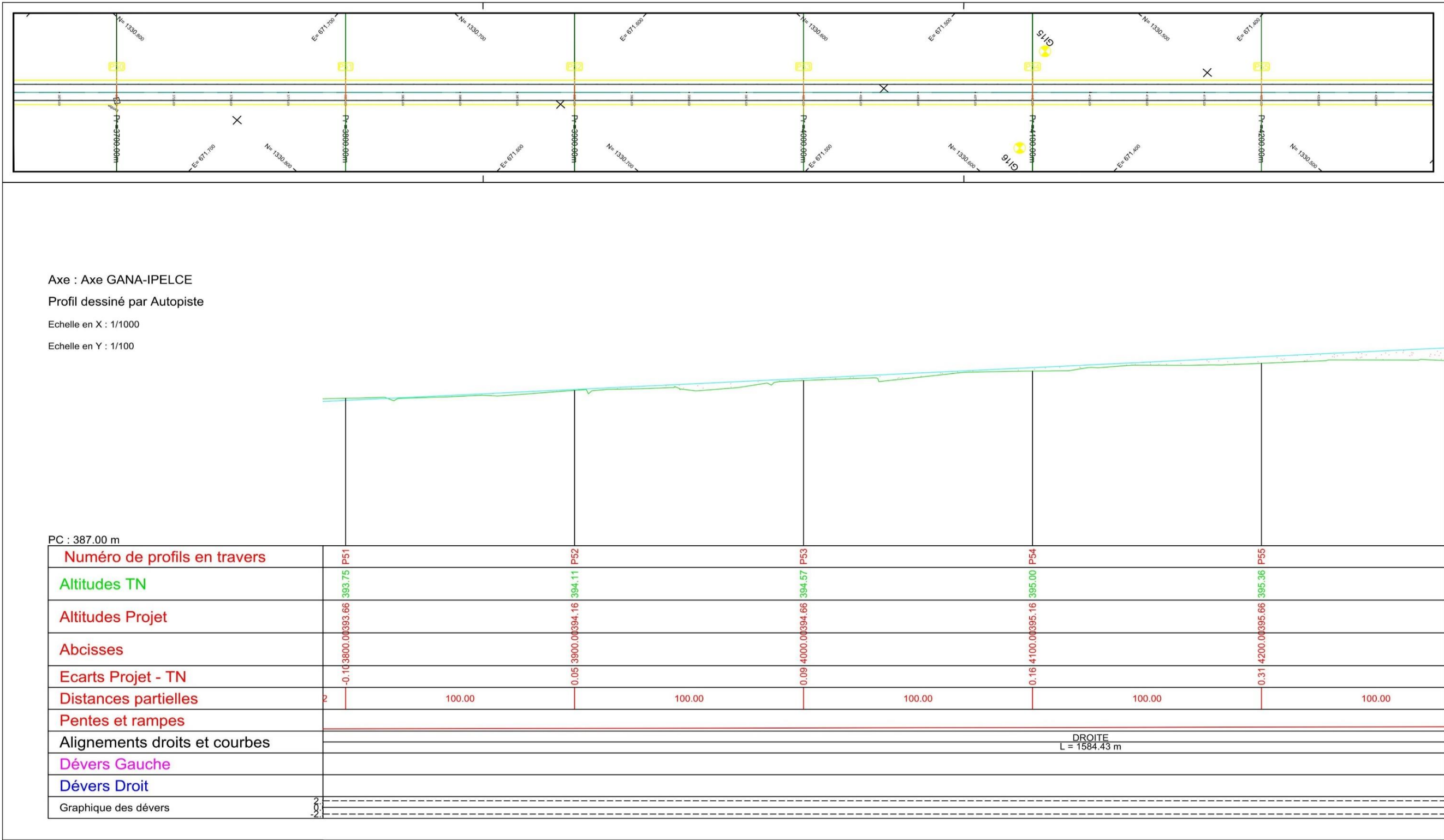
*Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route
départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso*

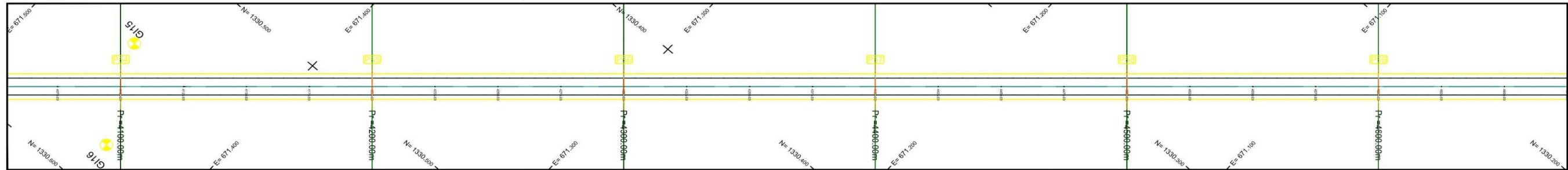
505	4 × Dalot de 2x200x200	ml	65,60	380 000	24 928 000
506	5 × Dalot de 3x300x200	ml	123,00	542 500	66 727 500
507	1 × Dalot de 1x300x200	ml	8,20	542 500	4 448 500
508	1 × Dalots de 4x300x200	ml	32,80	542 500	17 794 000
509	1 × Dalots de 2x300x200	ml	16,40	542 500	8 897 000
Sous total 500					1 930 260 800
600	Signalisation-Sécurité-Eclairage				
601	Fourniture et pose de balise de virage en béton	U	8,00	21 000	168 000
602	Fourniture et pose des bornes kilométrique	U	6,00	33 000	198 000
603	Fourniture et pose des glissières de sécurité type GS4	ml	532,42	80 000	42 593 600
604	Fourniture et pose des panneaux de signalisation Type A	U	32,00	143 625	4 596 000
605	Fourniture et pose des panneaux de signalisation Type B ou AB	U	27,00	150 000	4 050 000
606	Fourniture et pose des panneaux de signalisation Type C , D,E ou J5	U	20,00	150 185	3 003 700
607	Marquage en peinture blanche retro réfléchissante axiale discontinue	ml	21 053,00	3 735	78 632 955
608	Marquage en peinture blanche retro réfléchissante de rive continue	ml	42 106,00	3 735	157 265 910

Etude d'avant-projet détaillé des travaux de construction et de bitumage de la route départementale 47 : cas du tronçon Gana-Ipelcé d'une longueur de 21 km au Burkina Faso

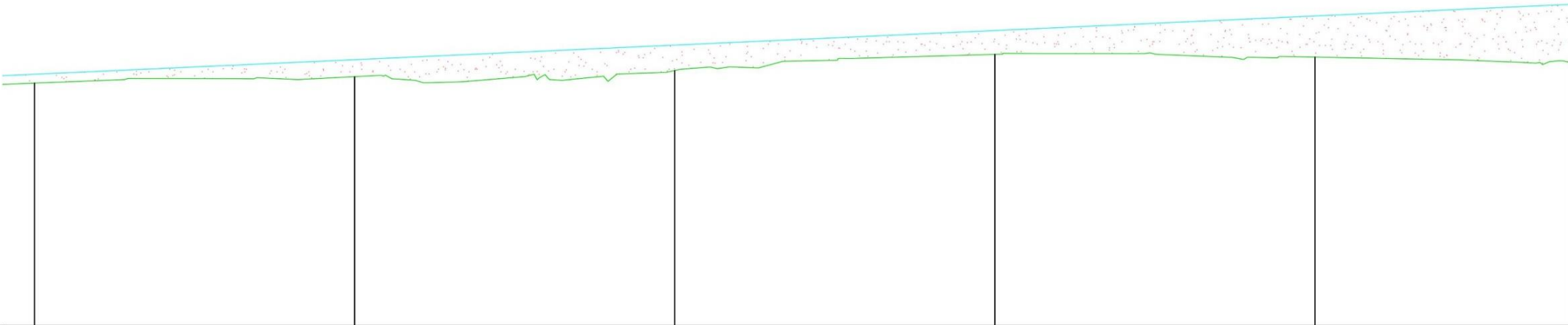
609	Marquage en peinture rétro réfléchissante spécial (Stop, Passage piéton)	m²	5 760,00	5 805	33 436 800
610	Fourniture et installation d'éclairage public solaire H=10m	U	300,00	1 767 500	530 250 000
611	Fourniture et pose des ralentisseurs en béton, type : dos d'âne	ml	55,00	46 765	2 572 075
	Sous total 600				856 767 040
700	Mesures environnementales et sociales				
701	Mesures compensatrices environnementales et sociales	Fft	1,00	24 000 000	24 000 000
702	Plantation d'arbres	u	300,00	7 500	2 250 000
703	Remise en état des lieux des carrières et aires de stockage	fft	1,00	6 750 000	6 750 000
704	Sensibilisation sur les MST et VIH	fft/cam	1,00	2 500 000	2 500 000
	Sous total 700				35 500 000
Total général HT					9 778 010 543
TVA 18%					1 760 041 898
Total général TTC					11 538 052 441
Cout kilométrique					549 431 069

Annexe 8 : Tracé combiné





Axe : Axe GANA-IPELCE
Profil dessiné par Autopiste
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/100



PC : 387.00 m

Numéro de profils en travers	P55	P56	P57	P58	P59
Altitudes TN	395.36	395.57	395.79	396.34	396.25
Altitudes Projet	395.66	396.16	396.66	397.16	397.66
Abcisses	4200.00	4300.00	4400.00	4500.00	4600.00
Ecart Project - TN	0.31	0.59	0.87	0.82	1.41
Distances partielles	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pentes et rampes					
Alignements droits et courbes					
Dévers Gauche					
Dévers Droit					
Graphique des dévers					

