



**ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT, DE BITUMAGE ET D'ASSAINISSEMENT DE
VOIRIES CENTRES SECONDAIRES DANS LA COMMUNE DE
OUAGADOUGOU : TRANCHE LONGUE DE 3.2 KM**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER - SPECIALITE GENIE CIVIL-BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS**

Présenté et soutenu publiquement le 19 Juillet 2024 par

COMBOIGO Nerwaya Prince Charles Davy (20170656)

Encadrant 2iE : M. Célestin OVONO MEZUI, Enseignant, Département génie civil, Institut 2iE

Maitre de stage : M. Imer DEGBEY, Ingénieur Etudes et Méthodes chez Globex Construction

Structure d'accueil : Globex Construction

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr Decroly DJOUBISSIE DENOUWE

Membres et correcteurs : M. Koffi KOKOLE

M. Issa MADOUGOU

Promotion [2023/2024]

Dédicace

Je souhaite dédier ce mémoire :

*À mes premiers parents, **mon père Anatole** et **ma mère Adeline**, qui m'ont donné la vie et ont tant sacrifié pour tracer mes premiers pas.*

Votre amour inconditionnel, vos renoncements silencieux et votre soutien constant ont été les fondations solides sur lesquelles je me suis ancré.

*À mes seconds parents, **mon oncle Eddie** et **son épouse Nicole**, dont la bienveillance et les valeurs exemplaires ont tant contribué à mon parcours. Votre éducation, basée sur la quête d'excellence, la confiance en soi et la détermination, m'a permis de surmonter les obstacles et d'atteindre mes objectifs pas à pas.*

Cette dédicace est un humble témoignage de ma gratitude envers vous tous, pour avoir été à mes côtés à chaque étape de mon parcours éducatif. Vos influences ont contribué à façonner la personne que je suis devenu, à m'ouvrir de nouveaux horizons et m'ont inspiré à réaliser ce mémoire. Puissent vos valeurs transmises continuer de guider mes pas dans toutes mes initiatives futures.

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a bénéficié des apports significatifs de diverses personnes, et il est essentiel pour nous d'exprimer notre sincère reconnaissance envers chacune d'entre elles. Nous tenons à adresser nos chaleureux remerciements à :

- L'administration et le corps enseignant de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement pour leur dévouement quotidien visant à garantir une formation de qualité et une préparation adéquate à l'insertion professionnelle ;
- M. Célestin OVONO MEZUI, mon directeur de mémoire, enseignant à l'Institut 2iE, pour ses précieux encadrements, pour ses conseils et ses recommandations ;
- M. Issaka KANAZOE, Directeur Général de GLOBEX CONSTRUCTION pour nous avoir reçu en tant que stagiaire dans son entreprise ;
- M. Imer DEGBEY, Ingénieur Génie civil, mon maître de stage, pour sa disponibilité, son encadrement et son expertise qui ont grandement enrichi mon expérience professionnelle, et ce, malgré un emploi du temps très chargé ;
- M. Ousseini MONE, enseignant à l'Institut 2iE pour m'avoir accompagné par ses conseils et ses suggestions pour la réalisation technique de mon mémoire ;
- Tout le personnel de GLOBEX CONSTRUCTION pour leurs conseils et leur accompagnement pendant toute la durée de notre stage ;
- À tous les membres de ma famille, particulièrement mes frères et sœurs pour leur soutien constant et leurs encouragements ;
- Mes camarades, collègues et amis, pour les échanges fructueux, les moments de partage et la collaboration enrichissante ;
- À tous celles et ceux dont les noms n'ont pas pu être cités, qu'ils trouvent en ces mots l'expression de notre profonde gratitude ;

Leurs contributions ont joué un rôle essentiel dans la réalisation de ce mémoire, et nous leur en sommes sincèrement reconnaissants.

Résumé

Le présent travail s'inscrit dans le cadre du projet d'aménagement, de bitumage, et d'assainissement des voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou. Pour le cas traité, nous avons un tronçon de 3.199 km reliant les quartiers de Dassasgho à Wayalghin. L'objectif majeur de cette étude est la conception et le dimensionnement du tronçon, des ouvrages d'assainissement et d'un carrefour giratoire. La signalisation, la sécurité routière, les mesures environnementales et l'estimation des coûts ont également été abordé. Le suivi de la réalisation des travaux sur le chantier est également présenté en annexe VII et met en avant les différences entre certains résultats obtenus et les travaux réalisés.

Les principales étapes ayant permis d'atteindre les principaux objectifs sont entre autres :

Une étude géométrique qui a permis de définir une 2 x 2 voies de type U60, et de faire ressortir le tracé en plan, le profil en long, les profils en travers et les cubatures à l'aide du logiciel Covadis Autopiste.

Une analyse des données géotechniques et des données du trafic qui nous a permis de proposer comme structure de chaussée 20 cm de graveleux latéritique naturel en couche de fondation, 15 cm de graveleux latéritique amélioré au concassé en couche de base, et une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm sur les PV2 et PV3 ; 15 cm de graveleux latéritique naturel amélioré au concassé en couche de fondation, 20 cm de graveleux latéritique amélioré au ciment en couche de base, et une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm sur les PV4 et PV5 avec un carrefour giratoire constitué d'un rayon de 20m, d'une dalle goujonnée de 20 cm en béton de classe 5 posée sur une fondation de 15 cm en béton de classe 3 avec des goujons de diamètre 25 mm, d'une longueur de 450 mm et d'un espacement théorique de 30 cm.

Une étude hydrologique et hydraulique ayant abouti au dimensionnement d'un réseau d'assainissement constitué de dalots cadres droits et de caniveaux de sections 80 x 80 cm², 100 x 80 cm², 100 x 100 cm², 120 x 120 cm², 140 x 120 cm², 150 x 140 cm², 250 x 220 cm².

Le coût global est estimé à de **4 957 130 898 Francs CFA TTC** soit **1 549 103 406 FCFA /km**

Mots clés : Assainissement ; Dimensionnement ; Giratoire ; Lithostabilisation ; Voirie.

Abstract

The present work is part of a project to develop, asphalt and sanitize secondary center roads in the Ouagadougou municipality. In this case, we have a 3.199 km section linking the Dassasgho and Wyalghin districts. The main objective of this study is to design and dimension the section, the drainage works and a traffic circle. Signalling, road safety, environmental measures and cost estimates were also addressed. In Appendix VII, a report on the progress of the work on site is presented, highlighting the differences between some of the results obtained and the work actually carried out.

The key stages in achieving the main objectives are as follows :

A geometric study to define a 2 x 2 lane type U60, and to draw up the plan, longitudinal profile, cross-section and cubatures using Covadis Autopiste software.

An analysis of geotechnical and traffic data enabled us to propose a pavement structure consisting of 20 cm of natural lateritic gravel in the sub-base course, 15 cm of cement-treated lateritic gravel in the base course, and a 5 cm asphalt concrete wearing course on PV2 and PV3; 15 cm of natural lateritic gravel improved with crushed stone as sub-base, 20 cm of lateritic gravel improved with cement as base, and a 5 cm asphalt concrete wearing course on PV4 and PV5 with a traffic circle with a 20 m radius, a 20 cm dowelled slab in class 5 concrete laid on a 15 cm foundation in class 3 concrete with 25 mm diameter dowels, 450 mm in length and a theoretical spacing of 30 cm.

A hydrological and hydraulic study resulting in the design of a drainage network comprising straight frame gutters and channels with cross-sections of **80 x 80 cm², 100 x 80 cm², 100 x 100 cm², 120 x 120 cm², 140 x 120 cm², 150 x 140 cm², 250 x 220 cm².**

The overall cost is estimated at **4,957,130,898 CFA francs including taxes, i.e., 1,549,103,406 CFA Francs** per kilometer.

Keywords: Dimensioning; Giratory; Lithostabilization; Roadway; Sanitation.

Liste des abréviations

AFD : Agence Française de Développement

BA : Béton Armé

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

BCEOM : Bureau Central des Etudes d'Outre-Mer

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyen

CBR : Californian Bearing Ratio

CEBTP : Centre Expérimental de recherche et d'étude du Bâtiment et des Travaux Publics

CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

ELS : Etat Limite de Service

ELU : Etat Limite Ultime

ICTAVRU : Instructions sur les conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

LNBTP : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics

OPM : Optimum Proctor Modifié

ORSTOM : Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer

PL : Véhicule Poids Lourd

RN : Route Nationale

PDDO : Projet de Développement Durable de Ouagadougou

PV : Priorité de Voie

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation

SETRA : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

TMJA : Trafic Moyen Annuel Journalier

Km : kilomètre

m : mètre

TPC : Terre-Plein Centrale

TTC : Toute Taxe Comprise

TVA : Taxe sur la valeur ajoutée

Sommaire

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé.....	iii
Abstract.....	iv
Liste des abréviations.....	v
Sommaire.....	vi
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	ix
Liste des équations.....	ix
Introduction.....	1
I Présentation de la structure d'accueil.....	3
I.1 Présentation générale.....	3
I.2 Domaines d'activités.....	3
I.3 Fiche signalétique.....	3
II Présentation du projet.....	4
II.1 Contexte et justification du projet.....	4
II.2 Situation géographique.....	4
II.3 Objectifs de l'étude.....	7
II.4 Données de base.....	8
III Méthodologie de l'étude et matériels utilisés.....	9
III.1 Conception géométrique de la route.....	9
III.2 Dimensionnement de la structure de chaussée.....	13
III.3 Aménagement du carrefour giratoire.....	17
III.4 Assainissement de la route.....	23
IV Résultats et discussions.....	34
IV.1 Conception géométrique de la route.....	34
IV.2 Dimensionnement de la structure de chaussée.....	35
IV.3 Aménagement du carrefour giratoire.....	43
IV.4 Assainissement de la route.....	47
IV.5 Signalisation, sécurité et éclairage.....	56
V Notice d'impact environnemental et social.....	64

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

V.1	Objectifs	64
V.2	Identification des impacts du projet	65
V.3	Identification des risques et plan de gestions des risques	65
V.4	Plan de gestion environnementale et social.....	65
VI	Estimation du coût du projet.....	65
	Conclusion et recommandations	68
	Bibliographie.....	70
	Annexes.....	I

Liste des tableaux

Tableau 1 : Localisation des voies de la tranche ferme.....	5
Tableau 2 : Catégorie de route et leur vitesse de référence [5].....	10
Tableau 3 : Valeurs limites des paramètres du profil en long [5].....	11
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des dimensions des éléments constitutifs du profil en travers voie de type U [5]	12
Tableau 5 : Classe de portance de la plateforme [3]	14
Tableau 6 : Classe de trafic [3]	15
Tableau 7 : Classes de trafic T_i et de la moyenne géométrique associé [2].....	21
Tableau 8 : Classes de portance et équivalence indicative entre les essais [10].....	21
Tableau 9 : Choix des structures suivant le trafic (exprimé en TMJA) [10].....	22
Tableau 10 : Dimension des goujons utilisés en chaussée routière et distribution dans la couche de béton [1]	23
Tableau 11 : Paramètres équivalents des assemblages en série et en parallèle [7]	30
Tableau 12 : Récapitulatifs des caractéristiques du tracé en plan.....	34
Tableau 13 : Récapitulatif des caractéristiques géométriques des profils en travers types.....	35
Tableau 14 : Proposition de structure de chaussée [3].....	37
Tableau 15 : Structures de chaussée retenues	38
Tableau 16 : CBR moyen retenu en fonction du type de sol [9].....	38
Tableau 17 : Classe de plateforme en fonction du module [19]	39
Tableau 18 : Critères d'acceptabilité des couches en fonction du CBR [3]	39
Tableau 19 : Caractéristiques des matériaux à utiliser en structure de chaussée	39
Tableau 20 : Récapitulatif des valeurs des contraintes et déformations admissibles.....	40
Tableau 21 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV2.....	40
Tableau 22 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV3.....	41
Tableau 23 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV4 et la PV5	41
Tableau 24 : Vérification des contraintes et déformations de la structure proposée sur la PV4 et la PV5	42
Tableau 25 : Structure définitive de chaussée.....	42
Tableau 26 : Trafic en nombre de véhicules par jour [3]	43
Tableau 27 : Récapitulatif des différents paramètres de l'aménagement du giratoire [20]	44
Tableau 28 : Récapitulatif des différents paramètres des ilots séparateurs [20]	44
Tableau 29 : Résultats du calcul du trafic en nombre d'essieux équivalent au niveau du giratoire	45
Tableau 30 : Comparaison des contraintes et déformations obtenues aux valeurs admissibles ..	46
Tableau 31 : Structure finale de l'anneau du giratoire.....	47
Tableau 32 : Débit dimensionnant des ouvrages longitudinaux côté gauche	49
Tableau 33 : Débit dimensionnant des ouvrages longitudinaux côté droit	50
Tableau 34 : Débit dimensionnant du collecteur principal	50
Tableau 35 : Récapitulatif du dimensionnement hydraulique des caniveaux	51
Tableau 36 : Récapitulatif du dimensionnement hydraulique des dalots.....	52

Tableau 37 : Récapitulatif des sections d'acier des caniveaux	54
Tableau 38 : Récapitulatif des sections d'acier des dalots	55
Tableau 39 : Valeur de "u" en fonction du type de voie [13]	58
Tableau 40 : Eléments utilisés pour la signalisation horizontale [13]	58
Tableau 41 : Signalisation verticale prévue pour le projet [27]	60
Tableau 42 : Récapitulatif des principaux types d'implantation des points lumineux [8]	63
Tableau 43 : Evaluation du coût du projet	66

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique du projet	6
Figure 2 : Plan de situation des tronçons de la tranche ferme du projet	7
Figure 3 : Coupe type d'une chaussée [16]	13
Figure 4 : Composantes principales d'un giratoire [20]	17
Figure 5 : Caractéristiques géométriques d'un giratoire [20]	20
Figure 6 : Résultats de la campagne menée sur le terrain	25
Figure 7 : Panneaux de signalisation temporaires [27]	57
Figure 8 : Illustration des différents types de modulations utilisés dans notre projet. [13]	59
Figure 9 : Répartition des coûts d'exécution du projet	67

Liste des équations

Équation 1	14
Équation 2	15
Équation 3	16
Équation 4	16
Équation 5	16
Équation 6	16
Équation 7	27
Équation 8	27
Équation 9	28
Équation 10	29
Équation 11	29
Équation 12	29
Équation 13	31
Équation 14	31
Équation 15	32
Équation 16	33

Introduction

Les infrastructures routières se positionnent comme des piliers essentiels du développement socio-économique d'un pays. Leur absence ou leur inefficacité peut considérablement entraver leur contribution aux divers secteurs de développement, compliquant ainsi la lutte contre la pauvreté. À l'inverse, des infrastructures routières performantes facilitent la fluidité du trafic, réduisent les temps de déplacement, diminuent les coûts de transport et exercent une influence positive sur la croissance économique. Il devient donc impératif de développer et de maintenir des infrastructures routières robustes pour favoriser un progrès socioéconomique durable.

Ainsi, dans l'optique d'intensifier un développement équilibré de sa capitale Ouagadougou, le gouvernement du Burkina Faso a obtenu de l'Agence Française de Développement (AFD) à travers la convention de prêt CBF 1282 01 C du 05 avril 2017, un concours financier d'un montant de 80 millions d'euros rétrocédé à la commune de Ouagadougou pour le financement du Projet de Développement Durable de Ouagadougou phase 2 (PDDO2), qui s'inscrit dans la continuité immédiate du Projet de Développement Durable de Ouagadougou (PDDO). Les investissements envisagés dans ce projet comprennent l'aménagement, le bitumage et l'assainissement pluvial de 14,16 km de voiries dans les zones à vocation de devenir des centres secondaires. Il s'agit notamment du Grand-Est (Dassasgho-Wayalghin) et de Tampouy.

Dans le cadre de ce projet, l'entreprise Globex Construction a été retenue pour la réalisation des travaux dans le centre secondaire du Grand-Est. Il s'agit des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement d'une route longue de 3,199 km reliant les quartiers de Dassasgho et Wayalghin. La dégradation avancée de cette voie qui est jusque-là une route en terre génère aux usagers des problèmes de mobilité, aggravés notamment en saison hivernale.

Ainsi, la problématique suivante se pose : Quelles solutions techniques, financières et environnementales pouvons-nous proposer pour l'aménagement, le bitumage et l'assainissement de ce tronçon ? Afin de répondre à cette problématique, l'objectif général de ce mémoire de fin d'étude sera de Réaliser une étude technique détaillée en vue de proposer les caractéristiques et les spécificités à prendre en compte pour la réalisation de notre route; Plus spécifiquement il nous faudra donc : faire la conception géométrique de notre route, dimensionner la structure de

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

chaussée, concevoir et dimensionner les ouvrages hydrauliques, évaluer l'impact environnemental et social, et estimer le coût total du projet.

Pour ce faire, notre étude sera structurée comme suit :

- Une présentation de la structure d'accueil
- Une présentation du projet
- Une description de la méthodologie de l'étude et des matériels utilisés
- Une présentation des résultats obtenus
- Une présentation de l'étude d'impact environnemental et social
- Une étude du coût du projet

I Présentation de la structure d'accueil

I.1 Présentation générale

Créée en 2007 au Burkina Faso par Monsieur Issaka KANAZOE, Globex Construction compte à son actif plusieurs réalisations dans le secteur des travaux publics qui lui confèrent aujourd'hui une place prépondérante en Afrique de l'Ouest. « Construire l'avenir à la mesure des grandes Nations » telle est l'ambition Globex Construction. C'est pourquoi ils s'attèlent à fournir un service de qualité qui tient compte de toutes les étapes d'un projet depuis la conception jusqu'à l'entretien des infrastructures après livraison. Ils travaillent chaque jour à créer, édifier, mais surtout innover afin de répondre aux moindres attentes de leurs clients.

Le siège de Globex Construction est situé au Burkina Faso dans la capitale Ouagadougou à Ouaga 2000 coté Est à environ 300 m du rondpoint des Martyrs.

I.2 Domaines d'activités

Globex Construction se démarque dans quatre secteurs particuliers :

- Les travaux publics
- Location de matériel BTP et engins miniers
- Aménagements Hydro-Agricoles
- Import - export

I.3 Fiche signalétique

Raison sociale : Globex Construction

Année de création : 2007

Adresse du siège : Rue André Aubaret Ouaga 2000

Email : globex.construction@yahoo.fr

Site internet : www.globexconstruction.com

Téléphone : (+226) 25 38 89 48

Directeur Général : Issaka KANAZOE

II Présentation du projet

II.1 Contexte et justification du projet

Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso, est en pleine mutation, témoin d'une croissance démographique rapide et d'une urbanisation soutenue. Devenue le principal centre économique, administratif et culturel du pays, la ville fait face à des défis importants. Le développement urbain de Ouagadougou est un enjeu majeur pour le gouvernement, qui s'emploie à créer une métropole moderne, dynamique et durable. Les trois objectifs spécifiques que visent le PDDO2 sont les suivants :

- ✓ Le désenclavement des quartiers périphériques et l'amélioration des conditions de vie des habitants par l'aménagement de voiries structurantes et par des investissements améliorant la mobilité dans la ville.
- ✓ Le développement des quartiers ayant vocation à devenir des centralités secondaires dans un effort de déconcentration de la ville.
- ✓ Le renforcement des capacités de la commune dans la mise en œuvre de sa politique d'aménagement.

D'un linéaire total de 4,773 km, le projet porte sur les voiries qui seront aménagées dans la centralité secondaire du Grand Est dans l'arrondissement 5 de la ville Ouagadougou.

Les travaux seront réalisés en deux tranches :

- La tranche ferme concerne la succession de la rue Naaba Boulsa-Kiba, la rue 27.31, et de la rue des archives nationales. Elle fait la jonction entre le boulevard Tansoaba Wöota et le boulevard Thomas Sankara et est longue de 3,199 km.
- La tranche conditionnelle qui concerne le prolongement de l'avenue de la croix rouge au Boulevard Tansoaba Fil-Laado. Elle est longue de 1.574 km.

Cependant, **il est essentiel de noter que notre étude portera uniquement sur la tranche ferme.**

II.2 Situation géographique

Le projet sur lequel porte notre étude est localisé dans la ville de Ouagadougou (Province du Kadiogo/Région du Centre) située au centre du Burkina Faso, dont elle est la capitale. Comprise entre 1 °28 et 1 °36 de longitude ouest et 12 °20 et 12 °26 de latitude nord, elle s'étend sur environ 336 km² dont 217.5 km² sont urbanisés. Les différentes rues de la présente étude sont situées

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

précisément dans les quartiers de Dassagho et Wayalghin (Grand Est) dans l'arrondissement 5. L'arrondissement n° 5 comprend les secteurs n° 19, 21, 22 et 23 et sa superficie est de 20,028 km². Ses limites géographiques sont les suivantes :

- Limites Nord : l'avenue Sanmatenga et la route nationale n° 3 ;
- Limites Sud : le Boulevard Tansoaba Réongo et l'échangeur Ouaga 2000 ;
- Limites Est : le Boulevard Tansoaba Kiema, le Boulevard Tansoaba Waooré, le Boulevard Tansoaba Fiid-Laado et le Boulevard Tansoaba Wöota;
- Limites Ouest : la portion Nord du canal de Zogona et la limite Est du domaine de l'aéroport international de Ouagadougou.

Le linéaire du projet a été morcelé en plusieurs tronçons, désignés par Priorité de Voies (PV). Ces tronçons sont énumérés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Localisation des voies de la tranche ferme

Désignation de rues	Début et fin	Arrondissements concernés	Linéaire en km
PV2 (Rue NABA BOULSA- KIBA)	Arrondissement 5		
	Début	Intersection avec rue 27.02	1.16
	Fin	Intersection avec Boulevard Tansoaba	
PV3 (Rue 27.31)	Arrondissement 5		
	Début	Intersection avec RN4	0.274
	Fin	Intersection avec rue 27.02	
PV4 (Rue DES ARCHIVES NATIONALES)	Arrondissement 5		
	Début	Intersection avec l'Avenue du Musée Nationale	1.075
	Fin	Intersection avec RN4	
	Arrondissement 5		
PV5 (Rue DES ARCHIVES NATIONALES)	Début	Intersection avec Boulevard Thomas Sankara	0.690
	Fin	Intersection avec l'Avenue du Musée Nationale	
TOTAL			3.199

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

La figure 1 présente la zone d'étude du projet.

CARTE DE LA SITUATION GEOGRAPHIQUE DU PROJET

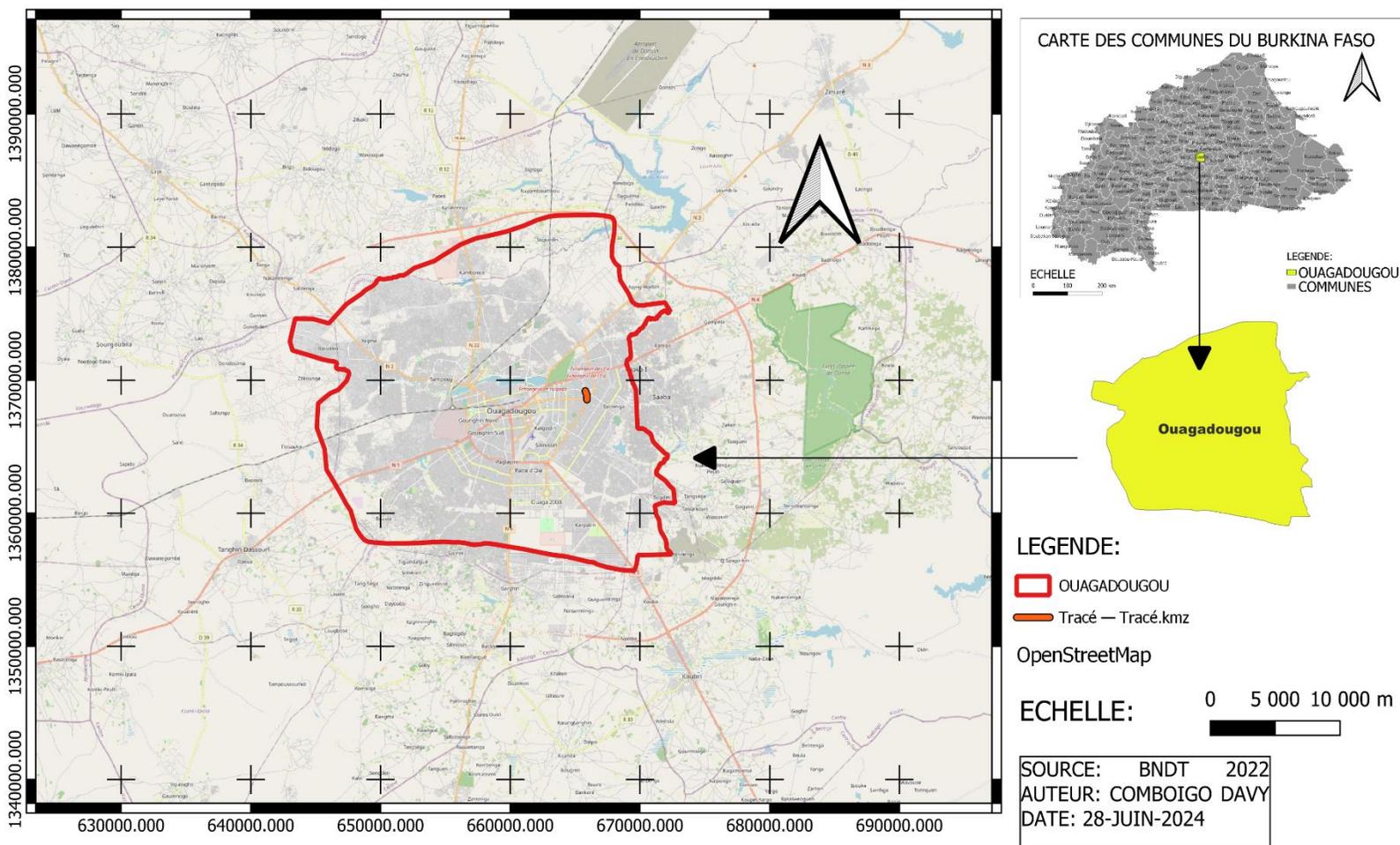


Figure 1 : Situation géographique du projet

La figure 2 présente le plan de situation des tronçons de notre projet.

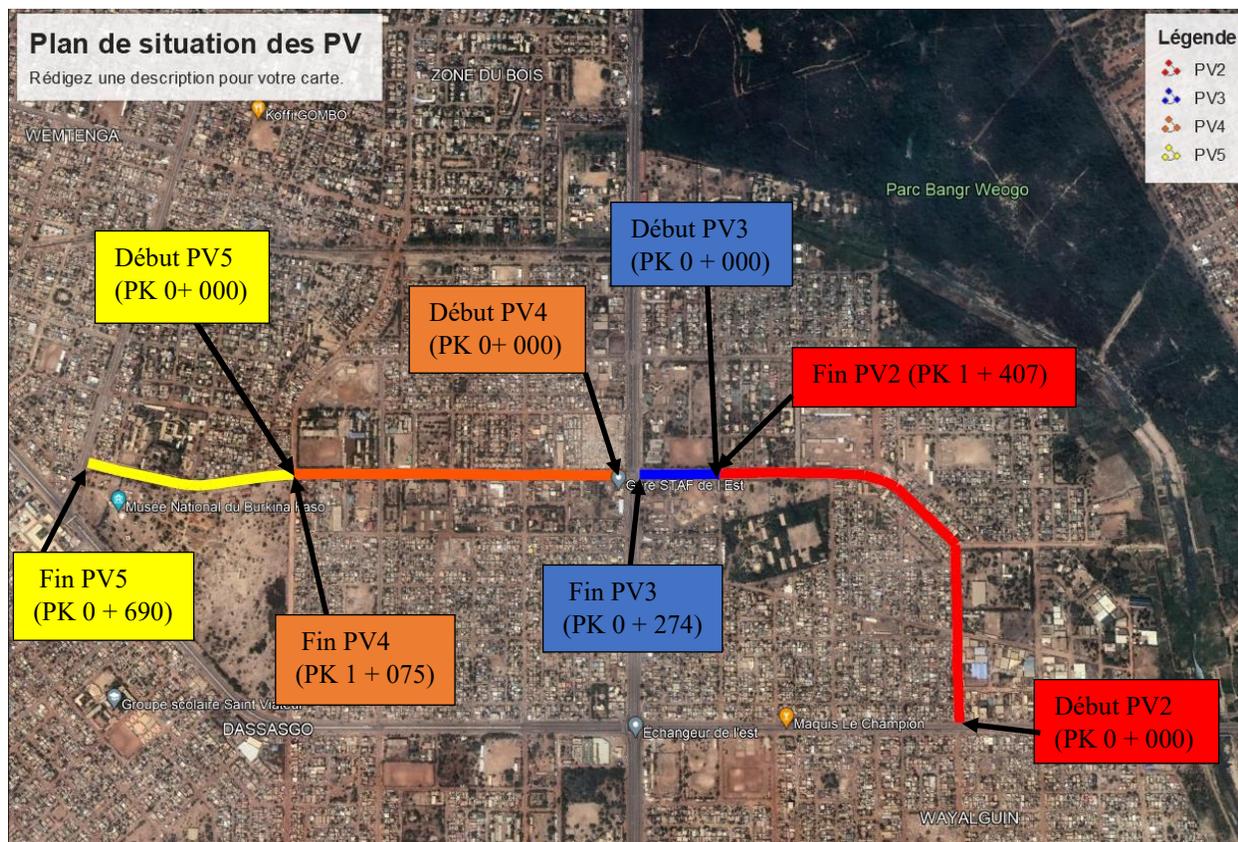


Figure 2 : Plan de situation des tronçons de la tranche ferme du projet

Les caractéristiques physiques et naturelles de la zone d'étude sont présentées en annexe I.

II.3 Objectifs de l'étude

II.3.1 Objectif global

L'objectif général visé est de faire une étude technique détaillée de la tranche ferme de notre projet. Cette étude va permettre de définir les caractéristiques et les spécificités de l'aménagement pour notre route reliant les quartiers de Dassasgho et Wayalghin.

II.3.2 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques qui suivent détaillent les différentes étapes et aspects techniques de l'étude :

- ✓ Réaliser la conception géométrique de notre route ;
- ✓ Dimensionner la structure de chaussée ;
- ✓ Concevoir et dimensionner les ouvrages hydrauliques ;
- ✓ Faire une notice d'impact environnemental et social du projet ;

- ✓ Evaluer le coût total du projet ;

II.4 Données de base

II.4.1 Données topographiques

Les données topographiques constituent une représentation détaillée des caractéristiques physiques de la zone d'étude, en utilisant un système de coordonnées tridimensionnel (X, Y et Z). Ces données comprennent des informations sur l'altitude, les reliefs, les cours d'eau, les routes, les bâtiments et d'autres éléments significatifs du paysage. L'entreprise nous a fourni ces données sous forme de fichiers numériques, notamment au format DWG.

II.4.2 Données géotechniques

Les données géotechniques sont des informations spécifiques liées aux propriétés physiques et mécaniques des sols de nos différents tronçons. L'entreprise a mis à notre disposition un rapport géotechnique comportant une synthèse des résultats des différents essais réalisés sur la plateforme et aussi les carrières qui seront utilisées. Les essais réalisés sont au nombre de quatre à savoir :

- Analyse granulométrique ;
- Limites d'Atterberg ;
- Essai Proctor modifié ;
- Essai CBR.

➤ Reconnaissance des sols de la plateforme

La reconnaissance des sols de plateforme a pour but principal de déterminer la nature et la portance des sols supports, la classification des matériaux, et de prendre connaissances des précautions particulières à observer.

Afin de pouvoir atteindre ces objectifs, les moyens mis en œuvre sont les suivants :

- L'exécution d'une série de sondages par puits manuels à environ tous les 150 mètres sur la PV5 et tous 100 mètres pour les autres PV. Les puits sont descendus généralement entre 5 cm et 100 cm de profondeur sous le niveau du terrain naturel actuel ;
- Le prélèvement dans chaque puits d'échantillons pour des essais d'identification complète et de portance.

➤ **Analyse des sites d'emprunts**

La recherche a consisté à trouver des zones propices d'emprunt de graveleux latéritique, implanter des sondages et faire des prélèvements dans le but de trouver des matériaux de viabilité pour la constitution des différentes couches de la route. La prospection effectuée à une distance morte de 24,1 km environ du projet dans la zone de Saaba a conduit à la localisation d'un gîte de matériaux latéritiques plus ou moins graveleux. Des essais géotechniques ont été faits sur cet emprunt dans le but de comparer leurs caractéristiques aux spécifications techniques données.

Au regard de ces résultats, nous constatons que les matériaux de carrières disponibles sont des graves latéritiques qui en général ont des caractéristiques pour être utilisées à l'état naturel en couche de fondation, mais ne sont utilisables en couche de base qu'après amélioration. Nous préconiserons donc une amélioration de ces matériaux soit à la chaux, soit au ciment, soit au concassé afin de répondre parfaitement aux spécifications techniques données pour les différentes couches de la chaussée.

Les résultats des essais réalisés sont présentés en annexe I.

II.4.3 Données du trafic

Les données du trafic se réfèrent aux informations recueillies sur le déplacement des véhicules sur l'ensemble des différents tronçons. Le trafic qui sera pris en compte pour le dimensionnement de la structure de chaussée est le trafic issu d'une campagne de comptage effectué au mois d'Octobre 2021. Nous observons un **TMJA** de poids lourds estimés à **18** sur la PV2, **44,5** sur la PV3 et **389** sur la PV4 et la PV5 à l'année de comptage. Le tableau résumant les résultats du comptage routier effectué par le consultant est disponible en annexe I.

III Méthodologie de l'étude et matériels utilisés

Il s'agira dans cette partie de présenter les matériels et méthodes utilisés pour les différentes études.

III.1 Conception géométrique de la route

La conception géométrique d'une route est le processus permettant de définir les caractéristiques physiques de la route. Elle permet d'obtenir le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers de la route. Les conditions techniques dans lesquelles doivent être aménagées les différentes infrastructures routières sont définies par des normes.

Dans le cadre de notre projet qui traite de l'étude d'une route urbaine, nous nous appuyerons sur l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU). L'ensemble des données topographiques seront traitées avec le logiciel COVADIS afin de réaliser la conception géométrique.

La capacité maximale que pourra écouler notre route sera de l'ordre de 2 000 uvp par heure et par file, quelles que soient les caractéristiques géométriques en tracé en plan, profil en long et profil en travers de la chaussée.

III.1.1 Catégorie de route

Le choix de la catégorie de route s'effectue en évaluant les coûts de construction par rapport aux avantages pour les usagers. L'ICTAVRU propose deux types de route à savoir :

- Type A : voies à caractéristiques autoroutières ;
- Type U : voies à caractéristiques non autoroutières.

On distingue plusieurs catégories de routes selon la vitesse de référence, qui est la vitesse conventionnelle qui permet de définir les caractéristiques géométriques limites d'aménagement des points particuliers de la voie. Plus la vitesse de référence est élevée, plus les caractéristiques géométriques seront sévères et plus le coût de réalisation sera important. Le tableau 2 nous montre les catégories de routes avec leur vitesse de référence.

Tableau 2 : Catégorie de route et leur vitesse de référence [5]

Catégorie	Vitesse de référence
A 100	100 km/h
A 80	80 km/h
U 80	80 km/h
U 60	60 km/h

En s'appuyant donc sur l'ICTRAVU et étant en voirie urbaine, nous opterons pour une voie de type **U60**, qui a pour vitesse de référence **60 km/h**.

III.1.2 Tracé en plan

Le tracé en plan est la projection verticale d'une route sur un plan horizontal. Il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes. Le choix de notre tracé en plan doit permettre d'éviter les constructions et d'assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort des usagers. Pour notre catégorie U60, les valeurs limites des paramètres du tracé en plan sont les suivantes :

- Rayon non déversé : 200 m
- Rayon minimal : 120 m

III.1.3 Profil en long

Le profil en long est une coupe verticale effectuée en suivant l'axe du tracé en plan. Il existe deux types de profils en long couramment représentés, notamment le profil en long du terrain naturel, qui reflète les altitudes du sol naturel sur lequel la route sera construite, et le profil en long du projet, appelé la ligne rouge ou la ligne de projet, qui représente les altitudes de la chaussée une fois le projet achevé. Les valeurs limites des paramètres à respecter dans la réalisation du profil en long sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Valeurs limites des paramètres du profil en long [5]

Caractéristiques/Catégorie	U60
Déclivité moyenne	6%
Rayon normal en angle saillant	2500 m
Rayon minimal en angle saillant	1500 m
Rayon normal en angle rentrant	1500 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m

III.1.4 Profils en travers

Les profils en travers sont des coupes verticales effectuées perpendiculairement à l'axe du tracé en plan. Ils renseignent sur la largeur et le devers de chaque demi-chaussée, les largeurs et devers des accotements, la forme et la section des fossés latéraux, les pentes des talus de déblai et de remblai. On distingue entre autres deux types de profil en travers à savoir :

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

- Les profils en travers types qui sont des coupes verticales de la route, sur lesquelles sont portées les dispositions générales adoptées tout au long d'une section de route déterminée.
- Les profils en travers courants qui sont des coupes verticales des différents profils de la section courante rencontrée sur le terrain. Sur un projet de route sans précision contraire des termes de référence, le nombre de profils en travers courant dépend de la longueur du projet et des distances inter-profils.

Pour chaque PV, des profils ont été placés à chaque 25m. Le tableau 4 illustre les dimensions des éléments constitutifs du profil en travers.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des dimensions des éléments constitutifs du profil en travers voie de type U [5]

Éléments	Dimension normale (m)		Dimension minimale (m)	
	Valeur	Observations	Valeur	Observations
ACCOTEMENT				
Bande d'arrêt	2,5	Réservée à certaines voies U80	2,25	
Bande dérasée de droite	0,5	En présence de marquage latéral de chaussée	0	Avec des bordures non franchissables et en l'absence de marquage latéral, la BDD peut être supprimée
Trottoir ou terre-plein latéral	-	Dépend des fonctions à assurer	0,75	En l'absence de tout dispositif de retenue et donc d'obstacle
Piste cyclable	3 2	Bidirectionnelle Unidirectionnelle	1,5	
CHAUSSÉE				
Largeur de voie	3,5	Peut être ramenée à 3,00 m notamment pour les voies U60	3	
TERRE-PLEIN CENTRAL				
Bande médiane	-	Dépend des équipements prévus ou des fonctions à assurer	0,6	
Bande dérasée de gauche	0,5	En présence de marquage latéral de chaussée	0	Avec des bordures non franchissables et en l'absence de marquage latéral, la BDG peut être supprimée

De façon générale, une pente transversale de 2,5 % est préconisée pour permettre l'évacuation des eaux.

III.2 Dimensionnement de la structure de chaussée

Le dimensionnement des chaussées est le processus d'évaluation et de calcul de l'épaisseur optimale des différentes couches de matériaux constituant une chaussée, en fonction des contraintes du trafic, des propriétés des matériaux et des conditions environnementales. L'objectif est d'assurer une capacité portante adéquate, une durabilité et une sécurité suffisante pour les véhicules et les usagers de la route. La figure 3 illustre les éléments types d'une structure de chaussée.

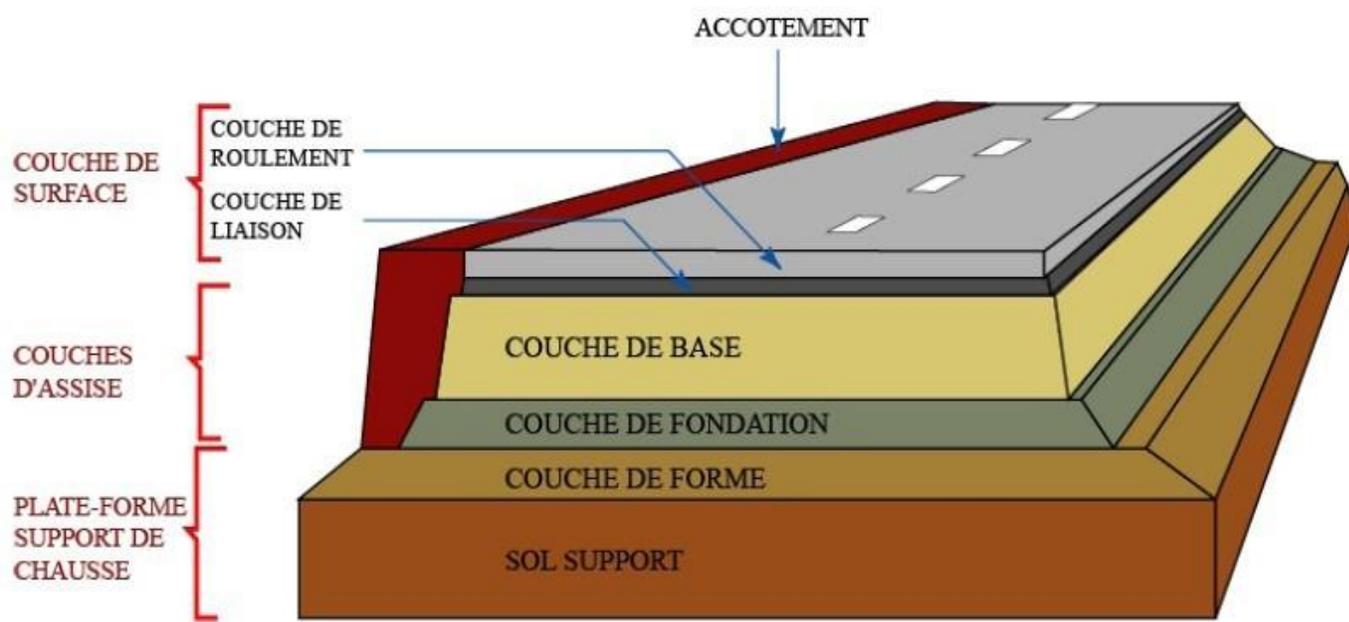


Figure 3 : Coupe type d'une chaussée [16]

Dans le cadre de notre projet, nous suivons une approche en deux étapes.

Dans un premier temps, nous utiliserons la méthode de dimensionnement décrite dans le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux afin de proposer un prédimensionnement de la chaussée.

Dans un second temps, nous procéderons à une vérification de notre structure de chaussée en utilisant le logiciel Alizé-LCPC.

III.2.1 Caractérisation de la plateforme

Suivant leurs CBR, les sols rencontrés peuvent être classés en cinq catégories selon le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux du CEBTP. Le tableau 5 nous présente les classes de portances des plateformes en fonction du CBR.

Tableau 5 : Classe de portance de la plateforme [3]

Classe	CBR	Niveau de portance
S1	$0 < \text{CBR} < 5$	Portance très faible
S2	$5 \leq \text{CBR} < 10$	Portance faible
S3	$10 \leq \text{CBR} < 15$	Portance moyenne
S4	$15 \leq \text{CBR} < 30$	Portance bonne
S5	$\text{CBR} \geq 30$	Portance très bonne

III.2.2 Etude du trafic

Lorsqu'il s'agit de dimensionner des chaussées, le trafic représente le facteur principal auquel la route sera exposée. Le trafic poids lourd est particulièrement important. L'action répétée des camions et véhicules lourds sur la chaussée imposent des charges élevées, causant usure et dommages. C'est pourquoi le dimensionnement de chaussée se réalise avec le trafic poids lourds.

Nous utiliserons le cas de croissance exponentielle pour les calculs de trafic. Les formules à appliquer sont les suivantes :

$$\begin{aligned}
 t_n &= t_1(1+i)^{n-1} \\
 N &= 365 \sum_{1}^n t_n = 365t_1 \frac{(1+i)^n - 1}{i}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

t_1 = Trafic moyen journalier de la première année

t_n = Trafic moyen journalier de l'année n

n = Nombre d'années (durée de vie)

N = Trafic cumulé pendant la durée de vie n

i = Taux d'accroissement annuel du trafic

Le trafic en nombre d'essieux équivalent est égal à :

$$NE = N \times CAM \quad (2)$$

CAM = Coefficient d'Agressivité Moyen

NE = Nombre d'essieux standards de référence de 130kN

Le guide du CEBTP définit 5 classes de trafic en nombre d'essieux équivalent de 13t. Elles sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Classe de trafic [3]

Classe de trafic
$T1 < 5.10^5$
$5.10^5 < T2 < 1,5.10^6$
$1,5. 10^6 < T3 < 4. 10^6$
$4. 10^6 < T4 < 10^7$
$10^7 < T5 < 2. 10^7$

III.2.3 Vérification de la structure de chaussée sur ALIZE

La méthode rationnelle adoptée dans le Guide technique pour la conception et le dimensionnement des structures de chaussée repose sur deux aspects principaux :

- Premièrement, l'évaluation des sollicitations internes (contraintes, déformations) induites par les charges des véhicules sur la chaussée ;
- Deuxièmement, la vérification que ces sollicitations internes générées par le trafic restent inférieures aux seuils acceptables pour chaque couche de matériau.

L'évaluation des sollicitations internes se fera à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC. Après modélisation des chaussées, le logiciel ALIZE calcule les sollicitations engendrées par la charge standard. On cherche ensuite la contrainte susceptible d'engendrer la rupture de la structure et on la compare à la limite admissible du matériau considéré par le trafic souhaité. Les autres paramètres nécessaires pour le calcul mécanique des sollicitations internes dans les structures sont :

- L'épaisseur H des différentes couches
- Le module de Young E du matériau donné par $E = 5 \times \text{CBR}$
- Coefficient de poisson ν du matériau
- Les conditions d'interface au sommet et à la base de la couche, caractérisant le type de contact avec les couches adjacentes supérieure et inférieure.

Les sollicitations admissibles seront déterminées à partir des formules suivantes :

- Pour les matériaux bitumineux, la sollicitation interne déterminante pour le dimensionnement est la déformation horizontale ε_t à la base de la couche :

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}; 25\text{Hz}) \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}; 25\text{Hz})}{E(\theta_{eq}; 25\text{Hz})}} \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times k_c \times k_r \times k_s \quad (3)$$

- Pour les matériaux traités aux liants hydrauliques, la sollicitation interne déterminante pour le dimensionnement est la contrainte de traction σ_t à la base de la couche :

$$\sigma_{t,adm} = \sigma_6 \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times k_c \times k_r \times k_s \times k_d \quad (4)$$

- Pour la plate-forme et les matériaux non traités, les sollicitations internes déterminantes pour le dimensionnement sont la déformation verticale ε_z admissible et la contrainte σ_z admissible au sommet de la couche :

$$\sigma_z = \frac{0,3 \times \text{CBR}}{1 + 0,7 \times \log(NE)} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{z,adm} &= 0,012 \times (NE)^{-0,222}, \text{ pour les trafics forts } (T \geq T3) \\ \varepsilon_{z,adm} &= 0,016 \times (NE)^{-0,222}, \text{ pour les trafics faibles } (T \geq T3) \end{aligned} \quad (6)$$

III.3 Aménagement du carrefour giratoire

Un carrefour giratoire, souvent appelé rond-point, est un type d'intersection routière caractérisé par un îlot central circulaire autour duquel circulent les véhicules. Un giratoire se compose principalement de cinq éléments majeurs :

- L'îlot central : Il s'agit de la partie infranchissable du centre du giratoire. L'îlot central est délimité sur sa périphérie par des bordures en saillies ;
- La bande franchissable : Il s'agit de la partie située entre l'îlot central et l'anneau. Elle est généralement séparée par une légère saillie par rapport à l'anneau.
- L'anneau : qui constitue la zone de circulation du giratoire.
- Les entrées : Ce sont les routes par lesquelles les véhicules accèdent à l'anneau.
- Les sorties : Ce sont les routes par lesquelles les véhicules quittent l'anneau.
- L'îlot séparateur : Il s'agit de l'îlot qui sépare les voies de circulation opposées, au droit des branches d'entrée/sortie.

La figure 4 matérialise les composants majeurs d'un carrefour giratoire.

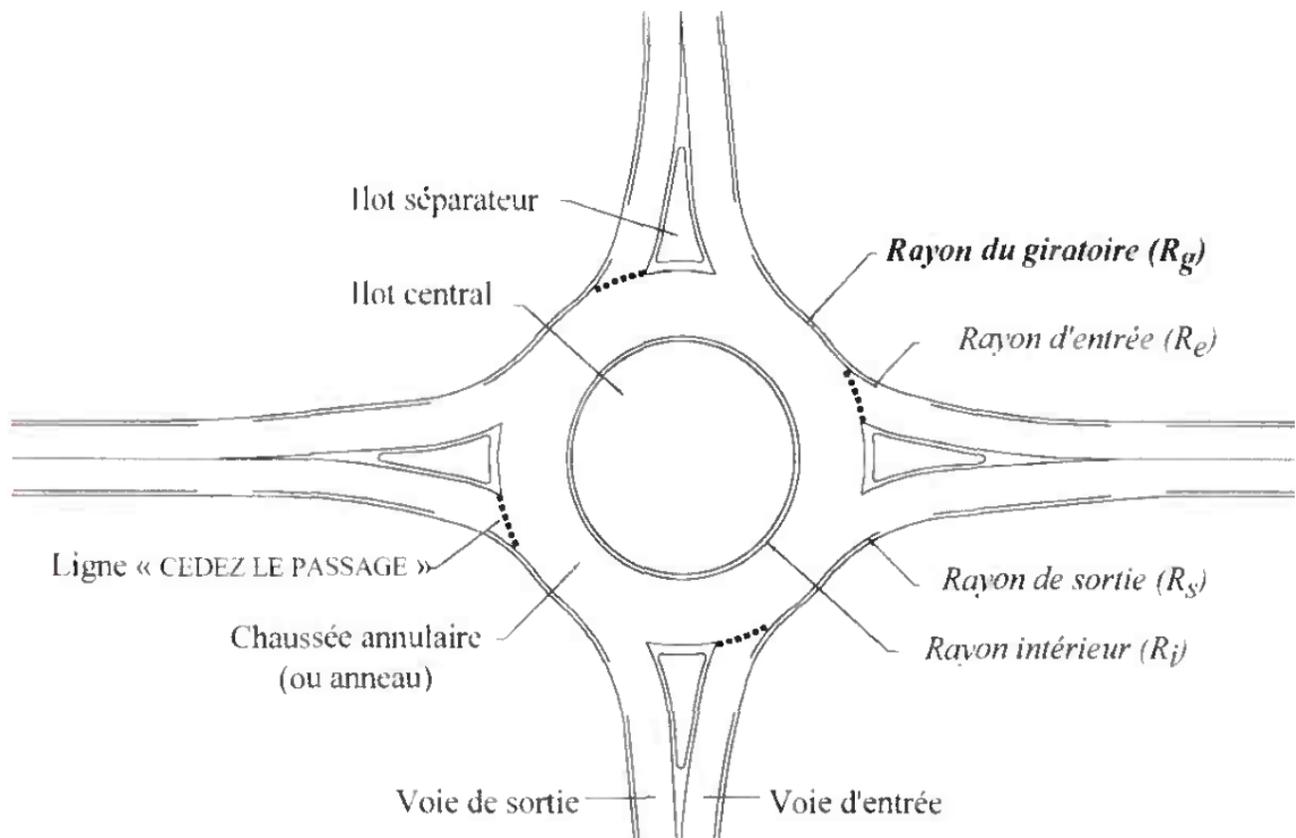


Figure 4 : Composantes principales d'un giratoire [20]

Les carrefours giratoires sont conçus pour améliorer la fluidité et la sécurité du trafic en permettant une circulation continue, réduisant ainsi le temps d'attente et les risques de collisions graves. C'est dans ce cadre qu'il a été prévu l'aménagement d'un carrefour giratoire au PK (0 + 900) de la PV2. Nous nous appuyerons dans cette partie sur le « Guide des carrefours urbains » du CERTU et sur « l'Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales, carrefours plans » du SETRA.

III.3.1 Principes d'aménagement

La conception des carrefours giratoires doit être guidée par des principes fondamentaux, accompagnés de recommandations spécifiques, parmi lesquels :

- ✓ Aménagement simple : Privilégier un aménagement de faible étendue, de forme circulaire.
- ✓ Exclusion d'obstacles agressifs : Éliminer tout obstacle potentiellement agressif pour les véhicules qui pourraient quitter accidentellement la chaussée.
- ✓ Perception claire par l'utilisateur : Assurer une bonne perception d'approche du carrefour par l'utilisateur, grâce à des dispositions géométriques appropriées et à une pré-signalisation visible et lisible, annonçant de manière explicite le type d'aménagement.
- ✓ Contrainte de trajectoire : Introduire une contrainte de trajectoire à l'entrée (faible rayon d'entrée) et à la traversée du carrefour pour éviter des vitesses excessives.
- ✓ Vérification de la capacité : S'assurer que la capacité de l'aménagement est suffisante pour absorber les flux de trafic présents.
- ✓ Éviter le surdimensionnement : Éviter de surdimensionner les composants de l'aménagement, car une majoration visant à augmenter la capacité peut être préjudiciable à la sécurité.
- ✓ Dimensionnement modéré de l'îlot central : Ne pas hésiter à dimensionner modérément l'îlot central en cas de contraintes d'emprise ou de topographie.

III.3.2 Analyse de la capacité

En milieu urbain, la capacité des giratoires est un problème fort, d'où l'importance des calculs de capacité. Le calcul de la capacité se base sur les trafics directionnels à l'heure la plus chargée et s'estime en unité de véhicules particuliers par heure.

En l'absence des données de trafic aux différentes entrées du giratoire, une observation du trafic horaire total entrant dans le giratoire permet de se faire une idée du niveau de la réflexion à mener sur la capacité selon le « guide des carrefours urbains » du CERTU.

Nous utiliserons ainsi le trafic de la PV2 pour estimer notre trafic horaire. Les directives à respecter, varient en fonction du trafic horaire :

- Pour un trafic < 1500 uvp/h, il n'y a normalement pas de problème ;
- Pour un trafic compris de 1500 à 2000 uvp/h, un examen de la répartition des trafics est nécessaire ; on vérifiera que la somme des trafics entrant et tournant ne dépasse pas 1000 uvp/h à chaque entrée
- Pour un trafic de plus de 2000 uvp/h, un test de capacité est obligatoire.

III.3.3 Conception géométrique

Lorsqu'on aborde la conception géométrique d'un giratoire, les principales caractéristiques à définir sont :

- Le rayon intérieur (R_i) : Il s'agit du rayon de l'îlot central.
- Le rayon extérieur (R_{ext} ou R_g) : Il s'agit du rayon total du giratoire.
- La largeur d'anneau (L_a) : Il s'agit de la largeur de la zone de circulation.
- La largeur d'entrée (L_e) : Il s'agit de la largeur d'entrée, mesurée à 5 m de la ligne de cession de priorité.
- La largeur de sortie (L_s).
- Le rayon d'entrée (R_e).
- Le rayon de sortie (R_s).
- Le rayon de raccordement (R_r) qui permet d'assurer la transition entre l'alignement droit (branche) et les rayons d'entrée/sortie.
- Les dimensions de l'îlot séparateur

La figure 5 illustre les caractéristiques géométriques d'un carrefour giratoire.

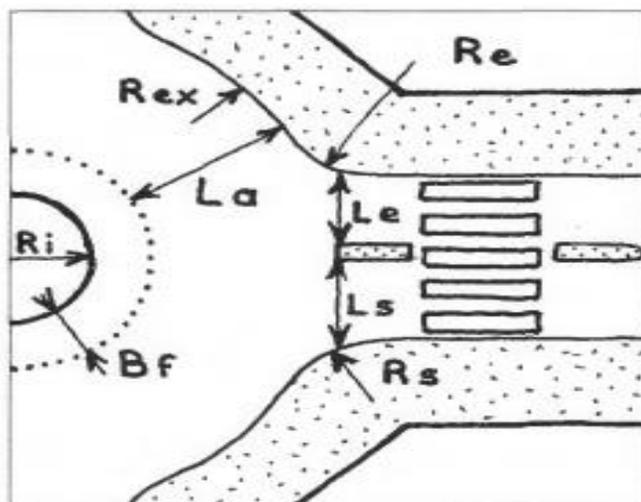


Figure 5 : Caractéristiques géométriques d'un giratoire [20]

Ces caractéristiques seront définies en accord avec les directives du « Guide des carrefours urbains » du CERTU et de « l'Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales, carrefours plans » du SETRA.

III.3.4 Dimensionnement structural de l'anneau

Dans cette section, nous examinerons les différentes structures et épaisseurs de chaussée nécessaires pour l'anneau du giratoire.

Pour ce faire, nous nous appuyerons sur les données de trafic et les données géotechniques de la PV2 ainsi que sur certaines normes et documents, notamment :

- Norme NF P 98-086 ;
- Norme NF P 98-170 ;
- Conception et dimensionnement des structures de chaussée du SETRA - LCPC de décembre 1994 ;
- Guide technique carrefours giratoires en béton – IDRRIM
- Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux du CEBTP.

➤ Sollicitations sur la chaussée

Sur la chaussée annulaire, lors du freinage et de l'accélération, des contraintes de cisaillement considérables se produisent, accompagnées d'efforts tangentiels générés par les mouvements de

rotation des essieux. De plus, les vitesses dans le carrefour giratoire sont relativement basses, prolongeant ainsi la durée d'application de la charge.

➤ **Le trafic et la portance**

Le trafic de dimensionnement qui sera considéré sera le trafic de la PV2. Il sera classé selon la norme NF P 98-086 de Octobre 2011. L'Annexe E de cette norme nous donne la classification suivante :

Tableau 7 : Classes de trafic T_i et de la moyenne géométrique associé [2]

Classe	T5	T4	T3-	T3+	T2-	T2+	T1-	T1+	T0-	T0+	TS-	TS+	TEX
TMJA _d dimensionnant	1-25	25-50	50-85	85-150	150-200	200-300	300-500	500-750	750-1200	1200-2000	2000-3000	3000-5000	>5000
Moyenne géométrique	5	35	65	115	175	245	390	615	950	1550	2450	3875	5920

Afin de mettre en place les matériaux de la chaussée, il est impératif que le sol support présente une portance adéquate, évaluée en fonction de son module de rigidité E. Le Guide technique des Carrefours giratoires en béton et la norme NF P 98-086 définissent des classes de portance PF1 à PF4 selon les valeurs du module EV2 à l'essai de plaque, consignées dans le tableau ci-dessous. Le tableau 8 nous montre les classes de portance et les équivalences indicatives entre les essais.

Tableau 8 : Classes de portance et équivalence indicative entre les essais [10]

Classe portance	Module EV2 à l'essai de plaque (MPa)	Déflexion (mm)	CBR (Californian Bearing Ratio)	Coefficient de Westergard K (daN/cm ³)
PF1	20 à 50	Essai non adapté	Entre 5 et 10	Entre 5 et 6
PF2	50 à 80	< 2	Entre 10 et 15	Entre 6 et 6,5
PF2 ^{qs}	80 à 120	<1,3	Entre 15 et 20	Entre 6,5 et 7
PF3	120 à 200	<0,9 ou <0,6	> 20	Entre 7 et 14
PF4	> 200	< 0,4	-	> 14

Il est déconseillé de construire un giratoire en béton sur une portance PF1. Nous envisagerons donc d'obtenir au minimum une PF2 comme sol support.

➤ **Les caractéristiques du béton**

Dans toutes les situations, quelle que soit la charge de trafic que la chaussée devra supporter, le choix du béton de roulement se porte sur la **classe 5 (BC5)** définie par la norme **NF P 98-170**. Les valeurs caractéristiques de résistance mécanique à atteindre après 28 jours sont donc de 32 MPa en compression (selon la norme NF EN 12390-3) ou de 2,7 MPa en fendage (selon la norme NF EN 13390-6), ce qui équivaut approximativement à des valeurs moyennes ciblées de 40 MPa en compression ou de 3,3 MPa en fendage.

Dans le cas où la fondation est également en béton, le choix se porte sur un béton de **classe 3 (BC3)**, conforme à la norme **NF P 98-170**.

➤ **Structures types**

En fonction de l'intensité du trafic de poids lourds, différentes structures en béton sont envisageables, se distinguant par leurs compositions et leurs méthodes de construction. Le tableau 9 présente le choix de structure à effectuer suivant le trafic poids lourds. Il est important de noter que ce tableau ne prétend pas être un catalogue exhaustif de toutes les structures possibles.

Tableau 9 : Choix des structures suivant le trafic (exprimé en TMJA) [10]

Trafic (PL/jour)	BC5/Cdf	BC5/BC3	BC5 _g /BC3	BC5 _g /GB	BAC/BC3	BAC/GB
0 à 30	x					
30 à 150	x	x				
150 à 750			x	x		
750 à 1500			x	x	x	x

*BC_i : béton de ciment non goudonné de classe i ; BC_g : béton de ciment goudonné de classe 5 ;
GB : grave bitume ; BAC : béton armé continu ; Cdf : Couche de forme*

Les croix dans le tableau 9 désignent quelle structure de chaussée peut être utilisée pour chaque classe de trafic. Pour un certain niveau de trafic, l'utilisation de goujons dans le plan médian de la couche de surface offre un transfert plus efficace des charges au niveau des joints. Cela permet à la structure de la chaussée de supporter des sollicitations plus importantes.

Les goujons utilisés sont conformes à la norme NF EN 13877-3, et leurs dimensions ainsi que leur espacement sont spécifiés dans le tableau de l'annexe B de la norme NF P 98-170 de septembre 2018, reproduit ci-dessous.

Tableau 10 : Dimension des goujons utilisés en chaussée routière et distribution dans la couche de béton [1]

Epaisseur de la dalle (m)	Diamètre des goujons (mm)	Longueur minimale des goujons (mm)	Espacement théorique des goujons (m)
0,13 à 0,15	20	400	0,24
0,16 à 0,20	25	450	0,30
0,21 à 0,28	30	450	0,30
0,29 à 0,43	40	500	0,40

➤ **Vérification des épaisseurs sur ALIZE**

La vérification de la structure choisie pour notre giratoire sera effectuée à l'aide du logiciel ALIZE, en suivant la méthodologie décrite au **III.2.3** (Vérification des épaisseurs par la méthode rationnelle).

III.4 Assainissement de la route

Dans le contexte d'un projet routier, l'assainissement fait référence à l'ensemble des techniques et des mesures mises en place pour gérer les eaux pluviales le long de la route. Les principaux objectifs de l'assainissement routier sont les suivants :

- ✓ Assurer la durabilité et la longévité des infrastructures routières.
- ✓ Garantir la sécurité routière en éliminant les obstacles potentiels tels que les débris ou les eaux stagnantes.

- ✓ Protéger l'environnement en évitant la pollution des eaux, des sols et des écosystèmes environnants.

Pour assurer un drainage efficace des eaux, des études hydrologiques et hydrauliques sont essentielles. Elles permettront de concevoir des ouvrages d'assainissement adaptés qui garantiront une bonne gestion des eaux.

III.4.1 Etude hydrologique

L'étude hydrologique vise à analyser les eaux de surface, notamment les eaux de pluie, afin de recueillir les données nécessaires à l'évaluation des débits d'eau interceptés par la route. L'étude sera menée conformément aux étapes suivantes.

III.4.1.1 Délimitation des bassins versants

Un bassin versant est une région topographiquement délimitée par des crêtes naturelles, qui guide la collecte et le drainage des eaux de pluie et des cours d'eau vers un point de sortie commun appelé exutoire. Le découpage des bassins versants doit tenir compte des facteurs suivants :

- La topographie des lieux : l'eau coule des points hauts vers les points bas et le réseau doit suivre cette logique ;
- Un plan d'urbanisation : le réseau doit suivre dans la mesure du possible les voies de circulation (surtout s'il est à surface libre).

La délimitation et la caractérisation ont été faites de la manière suivante : dans un premier temps, nous avons mené une campagne d'appréciation sur le terrain qui a consisté à relever la direction des pentes dans toutes les voies qui se situent sur le côté amont de la route à construire. La figure 6 présente l'ensemble des rues qui ont été prospectées.

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km



Figure 6 : Résultats de la campagne menée sur le terrain

Cette campagne a permis de mieux apprécier le sens d'écoulement des eaux au vu des habitations et des constructions existantes. Les flèches dessinées sur cette carte représentent le sens d'écoulement qu'une goutte d'eau pourrait potentiellement prendre en fonction de la pente, lorsqu'elle tombe dans la rue considérée.

Dans un deuxième temps, la délimitation des bassins versants a été faite sur le plan de la zone à l'aide des lignes de partage d'eau repérées lors de la campagne d'appréciation sur le terrain. Les logiciels GLOBAL MAPPER 20, AUTOCAD et COVADIS nous ont permis de définir les courbes de niveaux, de délimiter les bassins versants afin d'obtenir leurs caractéristiques. Cette délimitation a été ajustée avec les résultats de la campagne pour une meilleure précision des tracés. La figure de délimitation des bassins versants est fournie en annexe IV.

III.4.1.2 Caractéristiques physiques des bassins versants

La détermination des caractéristiques physiques d'un bassin consiste à calculer ou à évaluer les paramètres essentiels nécessaires à la mise en œuvre de la méthode proposée. Il s'agit notamment de :

- ✓ La surface **S (Km²)**
- ✓ Le périmètre **P (m)**
- ✓ La pente moyenne **\bar{i}_{MOY}** exprimée en (%)
- ✓ Les altitudes maximales et minimales (**m**)
- ✓ La longueur du chemin hydraulique **L** exprimé en mètre (**m**)
- ✓ Le coefficient de ruissellement (**C**).

III.4.1.3 Période de retour et coefficients de Montana

Les coefficients de Montana a et b varient en fonction de la période de retour T. Conformément aux termes de référence du projet, nous convenons d'adopter une période de retour T= 5 ans avec des coefficients de Montana qui sont $a(T) = 7,9$ et $b(T) = -0,5$.

III.4.1.4 Evaluation des débits de projets

Le débit de projet caractérise le débit maximal adopté pour la conception d'un ouvrage hydraulique. Il existe plusieurs méthodes qui permettent de déterminer le débit ruisselé telles que :

- La méthode ORSTOM : s'applique à des bassins dont la superficie se situe entre 4 et 200 km².
- La méthode CIEH : s'applique aux bassins versants dont la superficie est inférieure à 4 km² en particulier les bassins non urbanisés.
- La méthode rationnelle : s'applique aux bassins versants non urbanisés de superficie n'excédant pas 400 hectares.
- La méthode superficielle de Caquot : s'applique aux bassins versants urbains de superficie n'excédant pas 400 hectares.

Cependant pour notre étude, nous utiliserons la méthode superficielle de **CAQUOT** pour la détermination des débits projets car elle s'applique aux bassins versants urbains de superficie inférieure à 400ha et elle est plus adaptée pour les bassins versants en zone urbaine.

➤ **La méthode superficielle de Caquot**

La méthode superficielle de Caquot est une variante de la méthode rationnelle. Elle se traduit par une formule donnant le débit de pointe en fonction des seules caractéristiques du bassin (surface, pente, et coefficient de ruissellement).

La formule superficielle de CAQUOT exprimant le débit en fonction de ces seules caractéristiques est donnée par :

$$Q(T) = \left(\frac{a(T) \times \mu(M)^{b(T)}}{6 \times (\beta + \delta)} \right)^{\frac{1}{1-b(T) \times f}} \times I^{\frac{c \times b(T)}{1-b(T) \times f}} \times C^{\frac{1}{1-b(T) \times f}} \times A^{\frac{d \times b(T) + 1 - \varepsilon}{1-b(T) \times f}} \quad (7)$$

ou

$$Q(T) = K(M, T)^{\frac{1}{U(T)}} \times I^{\frac{V(T)}{U(T)}} \times C^{\frac{1}{U(T)}} \times A^{\frac{W(T)}{U(T)}} \quad (8)$$

Avec :

$$K(M, T) = \frac{a(T) \times \mu(M)^{b(T)}}{6 \times (\beta + \delta)}$$

$$U(T) = 1 - b(T) \times f$$

$$V(T) = c \times b(T)$$

$$W(T) = d \times b(T) + 1 - \varepsilon$$

- **Coefficients de la formule de Caquot**

Les valeurs proposées ici sont :

$$\beta + \delta = 1,40$$

$$\varepsilon = 0.05$$

$$\mu = 0.19 \times M^{0,84}$$

$$c = -0.41$$

$$d = 0.507$$

$$f = -0.287$$

- **Détermination du coefficient de ruissellement C**

Pour notre zone d'étude, nous retiendrons l'application d'un coefficient de ruissellement égal à 0,5 en considérant la zone comme zone d'habitat très ancien et la nature du sol moyenne, pour le dimensionnement des ouvrages de drainage longitudinaux gauches de notre chaussée. Quant aux ouvrages droits qui ne collecteront que les eaux de la demie chaussée et des concessions aux abords, nous retiendrons un coefficient de ruissellement égal à 0,8 (emprise voie urbaine rapide).

Les valeurs du coefficient de ruissellement sont données dans un tableau en annexe IV.

- **Détermination de la pente générale I**

Elle peut être déterminée par la forme du relief, à l'aide de la formule :

$$I \text{ (m/m)} = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{L} \quad (9)$$

Avec :

Z max : côte du point le plus élevé (m)

Z min : côte du point le plus bas (m)

L : longueur de plus long cheminement hydraulique (m)

- **Le coefficient de l'allongement M**

Le modèle de Caquot introduit un allongement moyen défini ci-dessous, à la surface considérée :

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}} \quad (10)$$

Avec :

M : Allongement (m) ;

L : longueur de plus long cheminement hydraulique (m) ;

A : Superficie du bassin versant (m²).

- **Le facteur de correction de l'allongement**

La formule de Caquot est souvent présentée pour la valeur particulière de $M = 2$, sachant qu'alors une correction notée (m) devra être appliquée à la valeur trouvée du débit si M différent de 2. Le facteur de correction est défini par la formule suivante :

$$m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0,7*b(T)} \quad (11)$$

Le débit corrigé sera alors :

$$Q_{cor} = m \times Q(T) \quad (12)$$

III.4.2 Etude hydraulique

L'étude hydraulique dans la conception d'un projet routier consiste à choisir les ouvrages hydrauliques adéquats et de dimensionner leurs sections, en tenant compte des débits d'eau prévus, des contraintes géométriques et des objectifs de gestion des eaux pluviales, afin d'assurer une gestion efficace des écoulements, de prévenir les inondations et de maintenir la stabilité des infrastructures routières.

III.4.2.1 Choix des ouvrages

Dans le cadre de notre projet, le réseau d'assainissement proposé sera principalement composé de caniveaux et de dalots cadres en béton armé. Cette préférence repose sur la facilité de mise en œuvre et sur les coûts de maintenance qui sont relativement bas.

Les caniveaux seront positionnés à droite et à gauche sur tout le long de la route et auront une section rectangulaire.

Quant aux dalots, ils seront des prolongements des caniveaux, ce qui signifie qu'ils seront conçus avec des sections hydrauliques similaires à celles des caniveaux. Ces dalots serviront d'ouvrages de franchissement au niveau des amorces et assureront la continuité de l'écoulement des eaux jusqu'au collecteur principal.

III.4.2.2 Dimensionnement hydraulique des ouvrages longitudinaux

➤ Assemblage des bassins versants

En se basant sur les débits de pointe des bassins versants de la zone de projet, il s'agira ici de réaliser des assemblages en série et en parallèle afin de calculer avec précision les quantités d'eau de pluie qui transiteront à travers les différents tronçons de nos caniveaux. Le tableau 11 présente les paramètres équivalents des assemblages en série et en parallèle.

Tableau 11 : Paramètres équivalents des assemblages en série et en parallèle [7]

Assemblage	Surface	Coefficient de ruissellement	Pente	Allongement	Débit
En série	$A_{eq} = \Sigma A_i$	$C_{eq} = \frac{\Sigma C_i \times A_i}{\Sigma A_i}$	$I_{eq} = \frac{(\Sigma L_j)^2}{\left(\frac{\Sigma L_j}{\sqrt{I_j}}\right)^2}$	$M_{eq} = \frac{\Sigma L_i}{\Sigma \sqrt{A_i}}$	Si $Q_{eq} > \Sigma(Q_j)$ alors $Q_{eq} = \Sigma(Q_j)$ Si $Q_{eq} < \Sigma(Q_j)$ alors $Q_{eq} = \text{Max}(Q_j)$
En parallèle	$A_{eq} = \Sigma A_i$	$C_{eq} = \frac{\Sigma C_i \times A_i}{\Sigma A_i}$	$I_{eq} = \frac{\Sigma I_j \times Q_j}{\Sigma Q_j}$	$M_{eq} = \frac{L_i \times Q_{max}}{\sqrt{\Sigma A_i}}$	Si $Q_{eq} > \Sigma(Q_j)$ alors $Q_{eq} = \Sigma(Q_j)$ Si $Q_{eq} < \Sigma(Q_j)$ alors $Q_{eq} = \text{Max}(Q_j)$

➤ Calcul des sections

Les calculs hydrauliques ont été réalisés avec la formule de Manning-Strickler en condition d'écoulement uniforme.

$$Q = K_s \times S \times R h^{2/3} \times I^{1/2} \quad (13)$$

Avec :

- Q : Débit dans le caniveau (m³/s)
- S = by : Section mouillée du caniveau (m)
- P = b + 2yn : Périmètre mouillé du caniveau (m)
- Rh = S/P : Rayon hydraulique (m)
- K_s = 75 pour béton armé
- I : Pente du caniveau (m/m)
- Y_N : Tirant d'eau (m)
- b : Largeur au plafond (m)

Le régime d'écoulement sera vérifié à partir du nombre de Froude.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times y_n}} \quad (14)$$

Avec :

- Fr : Nombre de Froude
- V = Vitesse d'écoulement
- Y_n = Tirant d'eau (m)
- g = accélération de la pesanteur
- Fr < 1 Ecoulement fluvial
- Fr = 1 Ecoulement critique
- Fr > 1 Ecoulement torrentiel

Après avoir choisi la forme des caniveaux (rectangulaire) et le revêtement (béton armé) pour la définition de la rugosité K_s nous fixons une valeur b et déterminons y_n par itération, de sorte à répondre aux conditions d'écoulement en ayant un écoulement fluvial sur tous nos tronçons. Après

avoir calculé le tirant d'eau normal, nous l'additionnons à la revanche r pour obtenir la hauteur de la section.

La revanche sera calculée à partir de la formule de Lacey :

$$r = 0,20 + 0,15Q^{1/3} \quad (15)$$

Avec :

r : Revanche en m

Q : Débits dans le caniveau (m^3/s)

L'ensemble de ces calculs seront effectués à l'aide d'une programmation Excel avec la formule de Manning-Strickler comme formule d'entrée.

III.4.3 Dimensionnement structural des ouvrages

Cette partie nous permettra de définir les dimensions des éléments constitutifs de nos ouvrages, mais aussi les sections d'aciers nécessaires pour supporter les charges et sollicitations prévues tout en respectant les normes de sécurité et de performance. L'objectif final de ce dimensionnement sera de fournir les différents plans d'exécution.

➤ Dimensionnement structural des caniveaux

Les règles de calcul béton armé définies sont celles du BAEL 91 modifié 99. Les éléments porteurs tels que la dalle, le voile et le radier seront étudiés indépendamment en fonction des différentes charges appliquées. Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II fascicule 61 (Conception, Calcul et Epreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français.

- La dalle sera étudiée sous une roue isolée de 10T (Br) en stationnement.
- Le piédroit quant à lui sera calculé en considérant l'effort transmis par la dalle chargée et la poussée des terres dans un premier temps et dans un deuxième temps en considérant les poussées dues à la roue de 10T concentrée stationnée sur la chaussée à fleur de la paroi du piédroit, les dalles n'étant pas encore posées.
- Enfin, le radier est à étudier sous les efforts qui lui sont transmis par les voiles dans les différents cas de chargement.

➤ **Dimensionnement structural des dalots**

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles BAEL 91. Les surcharges routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) Français en la matière.

On pré-dimensionne les différents éléments des dalots pour obtenir les épaisseurs par la formule suivante :

$$e = \frac{l}{32} + 0,125 \quad (16)$$

Avec l : plus grande dimension de l'ouverture hydraulique

Le dalot est considéré comme un élément cadre et sera calculé sous les charges suivantes :

- Charges permanentes : Il s'agit du poids propre du dalot et de la poussée des terres (pression exercée par le remblai de terre autour et au-dessus du dalot).
- Surcharges routières : dues aux véhicules passant au-dessus du dalot. Il s'agit des surcharges de type A(L), surcharges de type B (Bc, Bcniger, Br, Bt) et les surcharges militaires (Mc 120).

De manière générale, on mènera les calculs par bande de 1,00m mètre de largeur de dalot. Les valeurs des efforts et sollicitations M et N (moments et efforts normaux) seront déterminés sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage « formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL.

IV Résultats et discussions

La section suivante se penchera sur les résultats obtenus lors de l'étude.

IV.1 Conception géométrique de la route

IV.1.1 Tracé en plan

Nous avons établi un tracé de base constitué par une succession d'alignements droits raccordés par des courbes circulaires. Cette conception a été établie en tenant compte des contraintes topographiques, de sécurité, de confort, ainsi que du contexte urbain. Les rayons qui ont été utilisés varient entre 250 et 2000 m. En respectant les normes énoncées précédemment, nous aboutissons à une polygonale d'axe d'une longueur totale de 3451,316 m. Le listing de l'axe en plan est fourni en annexe II. Le tableau 12 récapitule les caractéristiques de notre tracé en plan.

Tableau 12 : Récapitulatifs des caractéristiques du tracé en plan

Elément	Plus petit rayon (m)	Plus grand rayon (m)	Total alignement droit (m)	Total courbe (m)	Longueur du projet (m)
Valeur (m)	250	2000	3052,489	398,827	3451,316
Pourcentage (%)	-	-	88,44	11,56	100

IV.1.2 Profil en long et profils en travers types

Dans des soucis d'optimiser le cout du projet, le calage de la ligne rouge a été réalisé en épousant l'allure du terrain naturel afin de minimiser le volume des terrassements. Le profil en long de notre route se compose de 28 alignements droits et 27 alignements courbes. Le tracé combiné tracé en plan profil en long est présenté en annexe VIII.

Pour ce qui concerne les profils en travers de notre route, nous avons obtenu 3 profils en travers type, en fonction de l'aménagement prévu. Leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau 14. Les plans des profils en travers types sont disponibles en annexe VIII et la tabulation des profils en travers en annexe II.

Tableau 13 : Récapitulatif des caractéristiques géométriques des profils en travers types

Caractéristiques géométriques	Cas sans stationnement	Cas avec stationnement	Cas au niveau du marché et de la gare routière STAFF
Emprise de la route	40 m	40 m	40 m
Vitesse	60 km/h	60 km/h	60 km/h
Circulation	2 chaussées à 2 voies	2 chaussées à 2 voies	2 chaussées à 2 voies
Largeur de chaussée	6.5 m	8.5 m	6.5 m
TPC	1.5 m	1.5 m	1.5 m
Pente transversale chaussée	2.5 %	2.5 %	2.5 %
Trottoir	1.75 m	1.75 m	3.6 m
Pente transversal trottoir	1 %	1 %	1 %
Aire de décharge	-	-	6 m
Caniveaux	Section rectangulaire	Section rectangulaire	Section rectangulaire

IV.1.3 Aménagement des amorces

Les amorces qui se situent au niveau des rues adjacentes à la route sont des voies qui se raccordent à la voie principale et qui permettent l'accès dans les quartiers. Dans le cas de notre projet, ces amorces seront bitumées sur une longueur de 10 m. Le rayon de raccordement minimal sera de 8 m afin de faciliter l'insertion des longs véhicules. Le plan type des amorces se trouve en annexe VIII.

IV.2 Dimensionnement de la structure de chaussée

IV.2.1 Caractérisation de la plateforme

Les résultats des essais faits sur les prélèvements nous montrent que les sols sont composés en prédominance de graveleux latéritique et d'argile très compressible. Quant aux essais de portance, les résultats montrent des **CBR** variant de **20 à 69 à 95%** de l'OPM. Ce qui nous permet d'avoir des classes de portance qui varient entre **S4 et S5** pour le sol de la plateforme, en se référant au guide pratique de dimensionnement des chaussées des pays tropicaux du CEBTP. Nous choisirons donc un sol de plateforme de **classe de portance S4**.

IV.2.2 Etude du trafic

Les hypothèses retenues pour le calcul du trafic de dimensionnement sont les suivantes :

- Essieu de référence : essieu isolé à roues jumelées de 13 tonnes ;
- Durée de vie : 20 ans ;
- Coefficients de répartition transversale : 0,5 ;
- Taux géométrique de croissance annuelle du trafic : 5 % ;
- Année de mise en service : 2024 ;
- Coefficient d'Agressivité Moyen CAM : 0,8.

La classe de trafic s'évalue en fonction du trafic en nombre d'essieux équivalents. Les résultats obtenus après calcul de ce trafic sont les suivants :

- PV2 : **9,58.10⁴ essieux équivalents**
- PV3 : **2,35.10⁵ essieux équivalents**
- PV4-PV5 : **2,07.10⁶ essieux équivalents.**

Les résultats obtenus à l'issue de la campagne de comptage de trafic et de nos calculs révèlent à l'horizon du projet un trafic **T1** pour la **PV1 et PV2** et un trafic **T3** pour la **PV4 et la PV5**, conformément au guide pratique de dimensionnement des chaussées des pays tropicaux du CEBTP.

Cependant, nous convenons donc d'adopter la classe de trafic **T2** pour le dimensionnement de la **PV2** et de la **PV3**. Ce trafic T2 se justifie au regard du trafic dévié après aménagement de tout projet de voirie urbaine. Quant à la **PV4** et la **PV5**, le trafic **T3** sera maintenu. Le détail des calculs ayant permis d'évaluer la classe de trafic est disponible en annexe III.

IV.2.3 Proposition de la structure de chaussée

En se basant sur les données obtenues précédemment et en se référant au Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour pays tropicaux du CEBTP, nous proposons 3 variantes pour la structure de chaussée. Ainsi, pour un sol de classe S4 et des trafics classés T2 et T3, et en considérant la disponibilité des matériaux sur le plan local, nous avons dans le tableau 14 les variantes suivantes :

Tableau 14 : Proposition de structure de chaussée [3]

Variantes	Couche	Structure de chaussée proposée par le CEBTP	Epaisseur (cm)	
			PV2 - PV3	PV4 - PV5
Variante 1	Roulement	Béton bitumineux	5	5
	Base	Graveleux latéritique naturel	15	20
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20	15
Variante 2	Roulement	Béton bitumineux	5	5
	Base	Graveleux latéritique ou grave naturelle amélioré au Ciment	15	20
	Fondation	Graveleux latéritique ou grave naturelle O/D	20	15
Variante 3	Roulement	Béton bitumineux	5	5
	Base	Concassé 0/d	15	20
	Fondation	Graveleux latéritique ou grave naturelle O/D ou tout-venant de concassage	20	20

Choix de variante : Nous optons pour la **variante 1** en raison de la disponibilité abondante du matériau graveleux latéritique naturel à Ouagadougou, répondant de manière cohérente aux exigences de notre route et présentant un coût comparativement moindre par rapport aux variantes 2 et 3. Cependant, le matériau graveleux latéritique naturel disponible au niveau de notre emprunt a un indice portant CBR < 80 et conformément aux recommandations en vigueur au Burkina Faso, le matériau devra être amélioré. Le matériau pourra être amélioré au ciment, au concassé ou à la chaux. Mais au vu de nos classes de trafic T2, T3 et pour des raisons économiques, nous convenons d'améliorer le graveleux latéritique par adjonction de concassés dans une proportion de 30% pour le concassé (0/31,5) pour atteindre un CBR de 120 en couche de base.

La structure de chaussée sera composée comme suit :

Tableau 15 : Structures de chaussée retenues

Couche	Structure de chaussée retenue	épaisseur (cm)		
		PV2	PV3	PV4 - PV5
Roulement	Béton bitumineux	5	5	5
Base	Graveleux latéritique amélioré au concassé	15	15	20
Fondation	Graveleux latéritique naturel	20	20	15

IV.2.4 Vérification de la structure de chaussée sur ALIZE

Les vérifications à effectuer dans cette partie concernent :

- La déformation verticale ϵ_z à la surface des couches doit être inférieure à la déformation admissible $\epsilon_{z,adm}$: $\epsilon_z \leq \epsilon_{z,adm}$;
- La contrainte verticale σ_z à la surface des couches doit être inférieure à la contrainte admissible $\sigma_{z,adm}$: $\sigma_z \leq \sigma_{z,adm}$

➤ Caractérisation des matériaux

En se basant sur les critères d'acceptabilité des différentes couches et les résultats des sondages sur la plateforme et les différents sites d'emprunt, nous avons établi les valeurs admissibles de CBR pour chaque couche. Il nous est fourni dans le rapport géotechnique un tableau donnant le CBR moyen du sol de plateforme en fonction du type de sol reproduit dans le tableau 16.

Tableau 16 : CBR moyen retenu en fonction du type de sol [9]

CBR	CBR moyen retenu	Type de sol	E
0-6	3	S1	15
6-10	8	S2	50
10-20	15	S3	75
20-30	25	S4	125
> 30	30	S5	180

Pour nos sols de types S4, les CBR qui seront considérés auront une valeur de 25. On distingue quatre classes de portance de sol de plate-forme en fonction de la valeur du module de Young.

Tableau 17 : Classe de plateforme en fonction du module [19]

Classes	PF1	PF2	PF3	PF4
Limites (MPa)	20	50	120	200

Le CBR de notre plateforme valant 25, le module E vaut : $E = 125$ MPa. Cette valeur correspond à une **plateforme de classe PF3**. Quant aux critères d'acceptabilité des différentes couches, ils sont fournis dans le tableau 18.

Tableau 18 : Critères d'acceptabilité des couches en fonction du CBR [3]

Couches	Valeur de CBR
Base	≥ 80 à 95% de l'OPM
Fondation	≥ 30 à 95% de l'OPM
Sol support	≥ 5 à 95% de l'OPM

Les modules de Young sont calculés à partir des valeurs de CBR fixées. Nous fixons donc comme valeur minimum de CBR à atteindre un CBR de 25 pour la plateforme, 39 pour la couche de fondation, et 120 pour la couche de base. Le tableau 19 nous présente les caractéristiques des matériaux à utiliser pour chaque couche de chaussée.

Tableau 19 : Caractéristiques des matériaux à utiliser en structure de chaussée

Couche	PV2-PV3			PV4-PV5		
	H (cm)	CBR	E (MPa)	H (cm)	CBR	E (MPa)
Roulement	5	-	-	5	-	-
Base	15	120	600	20	120	600
Fondation	20	39	195	15	39	195
Plateforme (Pf3)	∞	25	125	∞	25	125

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Pour la couche de revêtement, le module de Young dépend du type de matériau utilisé et de la température à laquelle la chaussée est exposée. Pour une température de 30°C et un matériau en béton bitumineux, le coefficient de Young est de **1300 MPa**.

Le coefficient de poisson sera $\nu = 0,35$ pour tous les matériaux naturels, compris entre 0,25 et 0,35 pour les matériaux traités et toutes les interfaces seront considérées collées.

➤ **Calcul et comparaison des sollicitations**

Les valeurs des sollicitations admissibles ont été calculées et sont présentées dans le tableau 20.

Tableau 20 : Récapitulatif des valeurs des contraintes et déformations admissibles

Couche	PV2		PV3		PV4 - PV5	
	$\sigma_{z,adm}$ (Mpa)	$\epsilon_{z,adm}$ (μdef)	$\sigma_{z,adm}$ (Mpa)	$\epsilon_{z,adm}$ (μdef)	$\sigma_{z,adm}$ (Mpa)	$\epsilon_{z,adm}$ (μdef)
Roulement	-	-	-	-	-	-
Base	0,8	1253,9	0,76	1030,8	0,66	475,4
Fondation	0,26	1253,9	0,25	1030,8	0,22	475,4
Plateforme (Pf3)	0,17	1253,9	0,16	1030,8	0,14	475,4

Les résultats fournis par le logiciel ALIZE sont présentés et comparés aux valeurs admissibles dans les tableaux 21, 22 et 23 :

Tableau 21 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV2

PV2						
Couche	Epaisseur des couches (cm)	Valeurs admissibles		Valeurs calculées		Observations
		$\sigma_{z,adm}$ (Mpa)	$\epsilon_{z,adm}$ (μdef)	σ_z (Mpa)	ϵ_z (μdef)	
Roulement	5	-	-	-	-	Condition vérifiée
Base	15	0,802	1253,9	0,595	700,4	Condition vérifiée
Fondation	20	0,261	1253,9	0,175	900,7	Condition vérifiée
Plateforme (Pf3)	∞	0,167	1253,9	0,077	617,3	Condition vérifiée

Tableau 22 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV3

PV3						
Couche	Epaisseur des couches (cm)	Valeurs admissibles		Valeurs calculées		Observations
		$\sigma_{z,adm}$ (Mpa)	$\epsilon_{z,adm}$ (μ def)	σ_z (Mpa)	ϵ_z (μ def)	
Roulement	5	-	-	-	-	Condition vérifiée
Base	15	0,757	1030,8	0,595	700,4	Condition vérifiée
Fondation	20	0,246	1030,8	0,175	900,7	Condition vérifiée
Plateforme (Pf3)	∞	0,157	1030,8	0,077	617,3	Condition vérifiée

Tableau 23 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV4 et la PV5

PV4 – PV5						
Couche	Epaisseur des couches (cm)	Valeurs admissibles		Valeurs calculées		Observations
		$\sigma_{z,adm}$ (Mpa)	$\epsilon_{z,adm}$ (μ def)	σ_z (Mpa)	ϵ_z (μ def)	
Roulement	5	-	-	-	-	Condition non vérifiée
Base	20	0,664	475,4	0,602	707,3	Condition non vérifiée
Fondation	15	0,216	475,4	0,128	682,3	Condition non vérifiée
Plateforme (Pf3)	∞	0,138	475,4	0,073	585,9	Condition non vérifiée

Les tableaux ci-dessus montrent que les contraintes et les déformations calculées par le logiciel sont inférieures aux contraintes et déformations admissibles au niveau de toutes les couches de la PV2 et de la PV3. Cependant, les conditions sur les PV4 et PV5 ne sont pas vérifiées.

Nous proposons donc de modifier les composantes en remplaçant l'amélioration du graveleux latéritique au concassé par une amélioration au ciment (3%) en couche de base. Parallèlement, nous proposons d'améliorer le graveleux latéritique naturel de la couche de fondation au concassé dans le but d'augmenter le module de portance de ses différentes couches. L'ajustement de la structure de chaussée proposée par le CEBTP nous permet de proposer la structure suivante :

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

- Roulement : **5 cm Béton bitumineux**
- Base : **20 cm Graveleux latéritique amélioré (3%) au ciment CBR \geq 160**
- Fondation : **15 cm Graveleux latéritique (30%) au concassé CBR \geq 120**

Le tableau 24 nous présente les résultats de la vérification des contraintes observées.

Tableau 24 : Vérification des contraintes et déformations de la structure proposée sur la PV4 et la PV5

PV4-PV5						
Couche	Epaisseur des couches (cm)	Valeurs admissibles		Valeurs calculées		Observations
		$\sigma_{z,adm}$ (Mpa)	$\epsilon_{z,adm}$ (μ def)	σ_z (Mpa)	ϵ_z (μ def)	
Roulement	5	-	-	-	-	Condition vérifiée
Base	20	0,712	-	-0,084	-	Condition vérifiée
Fondation	15	0,664	475,4	0,143	265,6	Condition vérifiée
Plateforme (Pf3)	∞	0,138	475,4	0,059	474,5	Condition vérifiée

Les contraintes et déformations calculées sont maintenant vérifiées. Nous avons donc retenu la structure de chaussée suivante :

Tableau 25 : Structure définitive de chaussée

Rue	Couche	Structure de chaussée retenue
PV2 – PV3	Roulement	5 cm Béton bitumineux
	Base	15 cm Graveleux latéritique amélioré au concassé CBR \geq 120
	Fondation	20 cm Graveleux latéritique naturel CBR \geq 39
PV4 – PV5	Roulement	5 cm Béton bitumineux
	Base	20 cm Graveleux latéritique amélioré au ciment CBR \geq 160
	Fondation	15 cm Graveleux latéritique amélioré au concassé CBR \geq 120

IV.3 Aménagement du carrefour giratoire

IV.3.1 Analyse de la capacité

En s'appuyant sur le trafic de dimensionnement T2 pris sur la PV2, nous obtenons un nombre équivalent de 300 à 1000 uvp/jour selon le guide du CEBTP.

Tableau 26 : Trafic en nombre de véhicules par jour [3]

Classe de trafic	Nombre de véhicules par jour
T1	< 300
T2	de 300 à 1000
T3	de 1000 à 3000
T4	de 3000 à 6000
T5	de 6000 à 12000

Nous optons pour la valeur la plus défavorable de cet intervalle pour le dimensionnement, soit 1000 uvp/jour. Sur cette base, nous obtenons un trafic horaire d'environ 42 uvp/h, restant inférieur à 1500 uvp/h.

En suivant les recommandations du guide des carrefours urbains du CERTU, il n'y a normalement pas de problèmes. Cela signifie qu'il n'est pas nécessaire de réaliser des tests de capacité ni d'effectuer des examens de répartition des trafics.

IV.3.2 Conception géométrique

Compte tenu de la réserve de capacité obtenue et de l'espace disponible pour le projet, nous opterons pour un rayon de giration R_g de 20 m avec 3 branches. Les caractéristiques géométriques du carrefour giratoire sont répertoriées dans le tableau 27. Le tableau 28 récapitule les différents paramètres géométriques des ilots séparateurs. La vitesse pratiquée maximale sera de 50 km/h.

Tableau 27 : Récapitulatif des différents paramètres de l'aménagement du giratoire [20]

	Notations	Paramétrage	Valeurs retenues (en m)
Rayon du giratoire	R_g	$12 \text{ m} \leq R_g \leq 25 \text{ m}$	$R_g = 20$
Largeur de l'anneau	L_a	$6 \text{ m} \leq L_a \leq 9 \text{ m}$	7
Bande franchissable	B_f	$B_f = 1,50 \text{ m}$ si $R_g \leq 15\text{m}$ $0 \leq B_f \leq 2\text{m}$ si $R_g > 15\text{m}$	1,5
Rayon intérieur	R_i	$R_g - L_a - B_f$	11,5
Rayon d'entrée*	R_e	$10 \text{ m} \leq R_e \leq 15 \text{ m}$ et $\leq R_g$	15
Largeur de la voie entrante	L_e	$L_e = 4\text{m}$	4
Rayon de sortie*	R_s	$15 \text{ m} \leq R_s \leq 30 \text{ m}$ et $> R_i$	20
Largeur de la voie sortante	L_s	$4 \text{ m} \leq L_s \leq 5 \text{ m}$	5
Rayon de raccordement	R_r	$R_r = 4 R_g$	80

Tableau 28 : Récapitulatif des différents paramètres des ilots séparateurs [20]

	Notations	Paramétrage	Valeurs retenues (en m)
Hauteur du triangle de construction	H	$H = R_g$	20
Base du triangle de construction	B	$B = R_g / 4$	5,00
Déport de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0,5 + R_g / 50) / 2$ ou 0	0,45
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = R_g / 50$	0,40

IV.3.3 Dimensionnement structural de l'anneau

➤ Le trafic et la portance

Le TMJA dimensionnant est celui du nombre maximal de poids lourds. Le trafic poids lourd maximal sur la PV2 est supposé de l'ordre de 30% du trafic total selon le guide du CEBTP.

$$TMJA_d = 30\% TMJA \text{ total}$$

$$TMJA_d = 30\% \times 1000 \text{ uvp}$$

$$TMJA_d = 300 \text{ PL/jr}$$

Le $TMJA_d$ calculé correspond d'après la norme NF P 98-086 de Octobre 2011 à une classe de **T1** pour une moyenne géométrique de poids lourds de **390 PL/J**, qui sera utilisée pour le dimensionnement.

Les hypothèses qui sont retenues pour le calcul du trafic en nombre d'essieux équivalent sont :

- Le trafic à l'année de mise en service sera le $TMJA_d = 390 \text{ PL/J}$
- Taux géométrique de croissance annuelle du trafic : 5 % ;
- Durée de vie : 20 ans ;
- Coefficient d'Agressivité Moyen CAM : 1,00.

En utilisant les formules de calcul du trafic cumulé en poids lourds pendant la durée de vie et du trafic en nombre d'essieux équivalent stipulées dans le titre IV.2.2 (Etude du trafic), nous obtenons les résultats suivants :

Tableau 29 : Résultats du calcul du trafic en nombre d'essieux équivalent au niveau du giratoire

	Giratoire
TMJA _d	390
n	20
i	0,05
Trafic cumulé en poids lourds	4706938,567
CAM	1
Trafic en nombre d'essieux équivalent	4,7069. 10⁶

Le trafic en nombre d'essieux équivalent est égal à **4,7069. 10⁶**. Cette valeur sera utilisée pour déterminer l'épaisseur de la dalle du giratoire.

La plateforme prise en considération est celle de la PV2, avec un CBR moyen égal à 25 et un module $E=125$ Mpa, ce qui correspond à une plateforme de type **PF3**.

➤ **Structure type**

Il ressort de notre analyse que nous avons deux possibilités de choix de structure, à savoir du BC5g/BC3 et du BC5g/GB. Mais de façon plus optimale, nous choisirons du béton de ciment **BC5g/BC3** et ferons des vérifications de contraintes grâce au logiciel ALIZE afin de se rassurer de la validité de notre choix. L'épaisseur de la dalle goujonnée est donnée en fonction du trafic en nombre d'essieux équivalent par un abaque de dimensionnement tiré du guide technique des carrefours giratoires en béton de l'IDDRIM disponible en annexe III.

Avec cette valeur de trafic, l'épaisseur de la dalle goujonnée obtenue sur l'abaque est d'environ 20 cm. Nous aurons donc une dalle goujonnée de **20 cm** en **béton de classe 5** posée sur une fondation de **15 cm** en **béton de classe 3**.

En ce qui concerne les goujons, ils seront de diamètre **25 mm**, avec une longueur minimale de **450 mm** et un espacement théorique de **30 cm**.

➤ **Vérification des épaisseurs sur ALIZE**

La vérification des contraintes sur le logiciel Alizé s'est faite en considérant les interfaces entre la plateforme et la couche de fondation collée, et entre la couche de fondation et la couche de base-roulement glissante, conformément à la norme NF P 98-086. Le tableau 30 présente les résultats de la comparaison entre les sollicitations admissibles et les sollicitations calculées.

Tableau 30 : Comparaison des contraintes et déformations obtenues aux valeurs admissibles

Couche	Epaisseur des couches (cm)	Valeurs admissibles		Valeurs calculées		Observations
		$\sigma_{t,adm}$ (Mpa)	$\epsilon_{z,adm}$ (μ def)	σ_t (Mpa)	ϵ_z (μ def)	
Base - Roulement	20	1,553	-	-1,318	-	Condition vérifiée
Fondation	15	1,152	-	-0,663	-	Condition vérifiée
Plateforme (Pf3)	∞	-	528,2	-	113,6	Condition vérifiée

La vérification des contraintes sur le logiciel Alizé nous conduit à retenir la composition suivante de la structure :

Tableau 31 : Structure finale de l'anneau du giratoire

Choix	Matériaux		Epaisseur (cm)
	Béton de ciment de classe 5		20
	Béton de ciment de classe 3		15
Aciers	Diamètre des goujons (mm)	Longueur des goujons (mm)	Espacement minimal des goujons (cm)
	25	450	30

Nous retrouverons en annexe III toutes les figures (Giratoire et chaussées) présentant les vérifications effectuées sur Alizé.

IV.4 Assainissement de la route

IV.4.1 Etude hydrologique

➤ Délimitation bassins versants

Après délimitation, nous avons recensé un total de 29 bassins versants du côté amont de la route à construire et 8 bassins versants du côté aval, ce qui nous conduit à un total de **37 bassins versants**.

➤ Caractéristiques des bassins versants

Les principales caractéristiques de nos bassins versants sont les suivantes :

- Superficie : elle varie entre **13 162,79 m²** et **9 034,714 m²**.
- Débit : il varie entre **0,279 m³/s** et **4,477 m³/s**.

Par la suite, ces caractéristiques nous permettront d'assembler les différents bassins versants afin d'obtenir les débits dimensionnants pour nos ouvrages hydrauliques. Un tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins est disponible en annexe IV.

IV.4.2 Etude hydraulique

IV.4.2.1 Dimensionnement hydraulique des caniveaux

➤ Description des exutoires

Pour un bon assainissement des différentes rues du projet, des caniveaux seront réalisés pour drainer les eaux jusqu'aux différents exutoires. Les principaux exutoires sont le canal de Wemtenga pour les PV5 et PV4 et le canal Kadiogo pour les PV3 et PV2.

Les caniveaux de la PV5 se raccorderont à des caniveaux de section 180 x 140 cm² sur la tranche conditionnelle pour rejoindre le canal de Wemtenga.

Les caniveaux de la PV4 se raccorderont aux caniveaux d'une route existante (rue 28.48) pour rejoindre le canal de Wemtenga.

Concernant les PV2 et PV3, leurs caniveaux se raccorderont au collecteur principal qui acheminera les eaux jusqu'au canal Kadiogo. Le plan de situation des exutoires est présenté en annexe IV.

➤ Assemblage des bassins versants

Une fois que les bassins élémentaires ont été identifiés avec leurs caractéristiques respectives, il est nécessaire de procéder à des assemblages, qui peuvent se faire en série ou en parallèle. Nous avons obtenu au total 21 tronçons à dimensionner avec des débits de dimensionnement variant entre **0,239 à 12,32 m³/s**. Les tableaux illustrant les différents assemblages réalisés en fonction de chaque tronçon, ainsi que leurs caractéristiques et leurs débits équivalents qui en résultent sont présentés dans les tableaux 32, 33 et 34. On retrouvera en annexe IV les tableaux résumant le calcul des débits.

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Tableau 32 : Débit dimensionnant des ouvrages longitudinaux côté gauche

Tronçons	Longueur (m)	BV associés	Superficie (m²)	Pente I (m/m)	C	Qretenu (m³/s)
C1	309.49	BV28, BV29 (Parallèle)	80314,1975	0,014	0,5	1,65
C2	355.22	BV26, BV27, BV28, BV29 (Parallèle)	257231,912	0,0122	0,5	2,849
C3	272.82	BV21, BV22 (Parallèle)	102036,746	0,0126	0,5	1,929
C4	218.18	BV20 (Parallèle)	44474,5618	0,0091	0,5	0,952
C5	545.78	BV16, BV20 (Parallèle)	150500,058	0,0127	0,5	3,593
C6	235.49	BV11	77840,169	0,0065	0,5	0,992
C7	357.05	BV7, BV9, BV11, BV12 (Parallèle)	210615,859	0,0075	0,5	3,215
C8	169.28	BV6, BV8 (Série)	84135,3912	0,0107	0,5	4,499
		(BV6, BV8), BV7, BV9, BV11, BV12 (Parallèle)	294751,251	0,0096	0,5	
C9	300.43	BV5, BV6, BV7, BV8, BV9, BV11, BV12 (Parallèle)	365446,254	0,0102	0,5	6,265
C10	131.53	BV1	35936,8558	0,0106	0,5	0,681
C11	155.15	BV1, BV2 (Parallèle)	171554,547	0,0088	0,5	2,55
C12	288,37	BV1, BV2, BV3, BV4 (Parallèle)	325995,053	0,014	0,5	4,401

Tableau 33 : Débit dimensionnant des ouvrages longitudinaux côté droit

Tronçons	Longueur (m)	BV associés	Superficie (m ²)	Pente I (m/m)	C	Qretenu (m ³ /s)
C13	339,88	BV30	10110,0318	0,0065	0,8	0,239
C14	301,49	BV30, BV31 (Parallèle)	20199,9808	0,0065	0,8	0,661
C15	260,9	BV32	9034,7144	0,00949	0,8	0,279
C16	363,16	BV4	12038,7023	0,0065	0,8	0,3
C17	407,42	BV4, BV5 (Parallèle)	25847,2463	0,0065	0,8	0,598
C18	816,18	BV35	30025,0301	0,0073	0,8	0,734
C19	409,85	BV35, BV36 (Parallèle)	41873,7574	0,00702	0,8	1,132
C20	525,29	BV37	14599,3606	0,0065	0,8	0,524

Tableau 34 : Débit dimensionnant du collecteur principal

Tronçons	Longueur (m)	BV associés	Superficie (m ²)	Pente I (m/m)	C	Qretenu (m ³ /s)
Collecteur	936.46	BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV8, BV9, BV11, BV12, BV35, BV36, BV37 (Parallèle)	747914,425	0,0111	0.523	12,32

➤ **Calcul des sections**

Pour ce projet, nous avons essentiellement deux catégories de caniveaux à dimensionner :

- Les caniveaux secondaires qui seront positionnés de part et d'autre de la route, auront pour rôle de collecter les eaux pouvant potentiellement traverser la voie.
- Le collecteur principal qui recueillera les eaux des caniveaux secondaires sur la PV2 et la PV3 et les acheminera ensuite vers l'exutoire.

Nous avons obtenu 8 types de section de caniveaux. Le choix des sections est basé sur les différents critères de calculs, les différents types de sections disponibles sur le marché et sur les exigences

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

du CCTP. Les caniveaux seront partiellement couverts de dallettes aux endroits sollicités par la population, au droit des entrées de propriétés, et relayés par des dalots cadres en béton armé au niveau des franchissements des rues. Le tableau 35 nous récapitule les différentes sections de caniveaux obtenues sur chaque tronçon.

Tableau 35 : Récapitulatif du dimensionnement hydraulique des caniveaux

Tronçons	Longueur (m)	Q (m³/s)	V (m/s)	b (m)	H (m)	Section retenue (cm²)	Localisation des tronçons	Côté
C1	309.49	1,65	2,8	1	0,97	100 x 100	PV5 PK 0+356 à PK 0+690	Gauche
C2	355.22	2,849	3,2	1,2	1,15	120 x 120	PV5 PK 0+000 à PK 0+356	Gauche
C3	272.82	1,929	3,12	1	1	100 x100	PV4 PK 0+765 à PK 1+075	Gauche
C4	218.18	0,952	2,6	1	0,71	100 x 80	PV4 PK 0+546 à PK 0+765	Gauche
C5	545.78	3,593	3,35	1,4	1,2	140 x 120	PV4 PK 0+000 à PK 0+546	Gauche
C6	235.49	0,992	2,755	0,8	0,8	80 x 80	PV3 PK 0+000 à PK 0+274	Gauche
C7	357.05	3,215	3,3	1,4	1,12	140 x 120	PV2 PK 1+048 à PK 1+160	Gauche
C8	169.28	4,499	3,5	1,5	1,3	150 x 140	PV2 PK 0+878 à PK 1+048	Gauche
C9	300.430	6,265	3,5	2	1,37	200 x 140	PV2 PK 0+577 à PK 0+878	Gauche
C10	131.535	0,681	2,5	0,8	0,67	80 x 80	PV2 PK 0+000 à PK 0+132	Gauche
C11	155.145	2,55	3	1,2	1,11	120 x 120	PV2 PK 0+132 à PK 0+288	Gauche
C12	288,375	4,401	3,4	1,5	1,31	150 x 140	PV2 PK 0+288 à PK 0+577	Gauche
C13	339,88	0,223	2	0,6	0,477	80 x 80	PV5 PK 0+302 à PK 0+690	Droit
C14	301,49	0,645	2	0,8	0,733	80 x 80	PV5 PK 0+000 à PK 0+302	Droit
C15	260,90	0,279	2	0,5	0,577	80 x 80	PV4 PK 0+772 à PK 1+075	Droit
C16	363,16	0,3	2	0,5	0,601	80 x 80	PV4 PK 0+408 à PK 0+772	Droit
C17	407,42	0,598	2	0,7	0,754	80 x 80	PV4 PK 0+000 à PK 0+408	Droit
C18	816,18	0,734	2	0,8	0,794	80 x 80	PV2 0+936 à PV3 0+274	Droit
C19	409,85	1,132	2	0,9	0,985	100 x100	PV2 PK 0+526 à PK 0+936	Droit
C20	525,29	0,524	2	0,7	0,695	80 x 80	PV2 PK 0+000 à PK 0+526	Droit
Collecteur	936.46	12,32	3,75	2,5	1,86	250 x 220	PK 0+526	Droit

IV.4.2.2 Dimensionnement hydraulique des dalots

Comme énoncé précédemment, les dalots seront le prolongement des caniveaux. Ils auront les sections 80 x 80 cm², 100 x 80 cm², 100 x 100 cm², 120 x 120 cm², 140 x 120 cm², 150 x 140 cm², 200 x 140 cm², 250 x 220 cm². Nous avons obtenu au total 27 dalots. Les longueurs varient entre 10m, 15m et 23m. Le tableau 36 nous présente les différents dalots avec leurs localisations respectives sur le tracé.

Tableau 36 : Récapitulatif du dimensionnement hydraulique des dalots

Rue	Sections (cm ²)	Longueur (m)	Localisation	Côté
PV2	80 x 80	15	PK 0+060	Gauche
		10	PK 0+100	Droit
		15	PK 0+280	Droit
		15	PK 0+450	Droit
		10	PK 1+16	Droit
	100 x 100	10	PK 0+560	Droit
		15	PK 0+140	Droit
		15	PK 0+920	Droit
		15	PK 0+280	Gauche
	120 x 120	15	PK 0+280	Gauche
	140 x 120	15	PK 1+160	Gauche
	150 x 140	10	PK 1+108	Gauche
200 x 140	15	PK 0+740	Gauche	
200 x 140	23	PK 0+560	Traversée	
PV3	-	-	-	-
PV4	80 x 80	15	PK 0+230	Droit
		10	PK 0+320	Droit
		10	PK0+500	Droit
		15	PK 0+900	Droit
	100 x 80	15	PK 0+320	Gauche
	100 x 100	10	PK 0+100	Gauche
	120 x 120	23	PK 1+075	Traversée
140 x 120	15	PK 0+190	Gauche	
PV5	80 x 80	15	PK 0+075	Droit
		15	PK 0+120	Droit
		10	PK 0+320	Droit
		15	PK 0+600	Droit
	100 x 100	15	PK 0+400	Gauche

Les 2 dalot de 250 x 220 cm² se trouvent sur le tracé du collecteur principal.

IV.4.3 Dimensionnement structural des ouvrages

Dans cette partie, il s'agira pour nous de définir les sections d'armatures nécessaires à la stabilité et au bon fonctionnement des ouvrages.

Comme résultats, nous pourrions proposer le choix des armatures nécessaires pour chaque ouvrage.

Les notes de calculs et l'ensemble des plans d'exécution sont respectivement disponibles aux annexes IV et VIII.

➤ Dimensionnement structural des caniveaux

Pour le dimensionnement des caniveaux, nous avons appliqué le même principe de calcul à toutes les sections. Le ferrailage, a été réalisé en double nappe pour le radier, les voiles et le tablier afin de garantir une résistance optimale. Les sections d'acier obtenues pour chaque élément des caniveaux sont récapitulées dans le tableau 37.

En annexe IV, nous présenterons la note de calcul d'un caniveau de section 100 x 100 cm².

➤ Dimensionnement structural des dalots

Nous avons réalisé le dimensionnement manuel d'un dalot section de 100 x 100 cm², d'une longueur de 15 m, située au PK 0+140 de la PV2. Les autres sections ont été dimensionnées à l'aide du logiciel CYPE. Pour le calcul effectué avec ce logiciel, nous présenterons uniquement le dimensionnement d'un dalot de section 250 x 220 cm² de 10m de longueur.

Les résultats du dimensionnement de l'ensemble des dalots est présenté dans le tableau 38.

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Tableau 37 : Récapitulatif des sections d'acier des caniveaux

Section (cm ²)	Dalette (20 cm)			Piédroit (15 cm)			Radier (15 cm)		
	Nappe inférieure	Nappe supérieure	Transversal	Face Intérieure	Face Extérieure	Transversal	Nappe inférieure	Nappe supérieure	Transversal
80*80	HA 12 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 8 esp 15 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 8 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm
100*80	HA 12 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 8 esp 15 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 8 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm
100*100	HA 12 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 12 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 15 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm
120*120	HA 12 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 10 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm
140*120	HA 12 esp 10 cm	HA 12 esp 10 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 10 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm
150*140	HA 14 esp 12 cm	HA 14 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 14 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 14 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm
200*140	HA 14 esp 9 cm	HA 14 esp 9 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 13 cm	HA 14 esp 13 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 14 esp 13 cm	HA 12 esp 13 cm	HA 8 esp 20 cm
250*220	HA 16 esp 12 cm	HA 16 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 14 esp 15 cm	HA 16 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 16 esp 15 cm	HA 14 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Tableau 38 : Récapitulatif des sections d'acier des dalots

Section (cm ²)	Epaisseur des éléments (cm)	Tablier			Piédroit			Radier		
		Nappe inférieure	Nappe supérieure	Transversal	Face Intérieure	Face Extérieure	Transversal	Nappe inférieure	Nappe supérieure	Transversal
80*80	15	HA 10 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm
100*80	20	HA 10 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm
100*100	20	HA 12 esp 15 cm	HA 12 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 20 cm	HA 10 esp 20 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 15 cm	HA 12 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm
120*120	20	HA 12 esp 14 cm	HA 12 esp 14 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 14 cm	HA 10 esp 14 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 14 cm	HA 12 esp 14 cm	HA 8 esp 20 cm
140*120	20	HA 12 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 12 cm	HA 10 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 12 esp 12 cm	HA 8 esp 20 cm
150*140	20	HA 12 esp 10 cm	HA 12 esp 10 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 10 esp 10 cm	HA 10 esp 10 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 10 cm	HA 12 esp 10 cm	HA 8 esp 20 cm
200*140	25	HA 14 esp 15 cm	HA 12 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 15 cm	HA 10 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 12 esp 15 cm	HA 14 esp 15 cm	HA 8 esp 20 cm
250*220	25	HA 14 esp 10 cm	HA 12 esp 10 cm	HA 10 esp 20 cm	HA 12 esp 10 cm	HA 12 esp 10 cm	HA 8 esp 20 cm	HA 14 esp 10 cm	HA 14 esp 10 cm	HA 10 esp 20 cm

IV.5 Signalisation, sécurité et éclairage

Les projets routiers ont pour but premier l'amélioration des conditions de vie des populations. Ainsi, pour que tous ces objectifs soient atteints, il est fondamental d'entreprendre certaines mesures sécuritaires afin de joindre l'utile à l'agréable et bannir le caractère nuisible de la route. Il s'agira de façon générale, de mettre en place des dispositifs et des infrastructures suivant les prescriptions, les indications et la sécurité des riverains et usagers de la route.

IV.5.1 Proposition de signalisation routière

La signalisation routière permet d'informer les usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons, quant aux règles à respecter lors de leurs déplacements. Qu'elle soit verticale ou horizontale, permanente ou temporaire, la signalisation routière a été conçue avec pour objet de rendre plus sûre la circulation routière, d'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières et de donner des informations relatives à l'usage de la route.

En considérant les fonctions assurées par la signalisation, on distingue :

- ✓ La signalisation temporaire : Elle a trait aux modifications momentanées des conditions de circulation.
- ✓ La signalisation permanente : Elle a trait aux conditions courantes de circulation : dangers, intersections et priorités ;

IV.5.2 Signalisation temporaire

Pour ce présent projet elle sera mise en place pendant la durée des travaux. Généralement à fond jaune, elle servira à prévenir la zone de travaux tout en donnant les indications et conduites à tenir lors de la traversée. Cette signalisation contient les messages suivants :

- ✓ Début de chantier ou Fin de chantier ;
- ✓ Déviation à gauche ou à droite ;
- ✓ Chaussée rétrécie, route barrée ou sortie de camions ;
- ✓ Réduction du nombre de voies libres ;
- ✓ Limitation de vitesse.



Figure 7 : Panneaux de signalisation temporaires [27]

IV.5.3 Signalisation permanente

Elle comprend les signaux et dispositifs implantés de façon définitive, destinés à signaler et à renseigner sur les conditions permanentes de circulation. Elle est constituée de :

- ✓ Signalisation horizontale;
- ✓ Signalisation verticale.

➤ Signalisation horizontale

Dans le cadre de la signalisation routière, la signalisation horizontale regroupe, tous les différents marquages au sol. Elles ont pour fonction de guider les usagers et de leur indiquer quel comportement adopter à ces endroits. Elles sont réfléchissantes et constituées de bandes blanches continues ou discontinues. Pour ce projet, la signalisation horizontale sera composée :

- ✓ Des marquages longitudinaux : ce sont les lignes d'axe et de rive de la chaussée ;
- ✓ Des marquages transversaux : ce sont des lignes qui viennent en complément des panneaux « STOP » et « cédez le passage » ;
- ✓ Des marquages pour le passage des piétons, et les stationnements.

La largeur des lignes est définie par rapport à une unité « u ». La valeur de « u » est liée au type de route. Pour le projet, la valeur de « u » retenue est égale à 7,5 cm comme prescrit dans le tableau 39 donnant les différentes valeurs de « u » en fonction du type de route.

Tableau 39 : Valeur de "u" en fonction du type de voie [13]

Type de route	Valeur de « u »
Autoroutes	7,5 cm
Routes à chaussées séparées	
Routes à 4 voies en rase campagne	
Routes importantes, notamment routes à grande circulation	6 cm
Autre route	5 cm
Lignes tracées sur les pistes cyclables	3 cm

Les caractéristiques des différentes lignes de marquage sont présentées dans le tableau 40.

Tableau 40 : Eléments utilisés pour la signalisation horizontale [13]

Type de ligne	Longueur des pleins (m)	Longueur des vides (m)	Largeur (cm)	Application
T1	3	10	15	Séparation de voies en section courante
T2	3	3,5	15	Lignes de rives
T'2	0,5	0,5	15	Stop et cédez le passage
T3	3	1,33	15	À l'approche de zones dangereuses (virage, rondpoint)

La figure 8 illustre les différents types de lignes qui seront utilisées dans le cadre du projet.

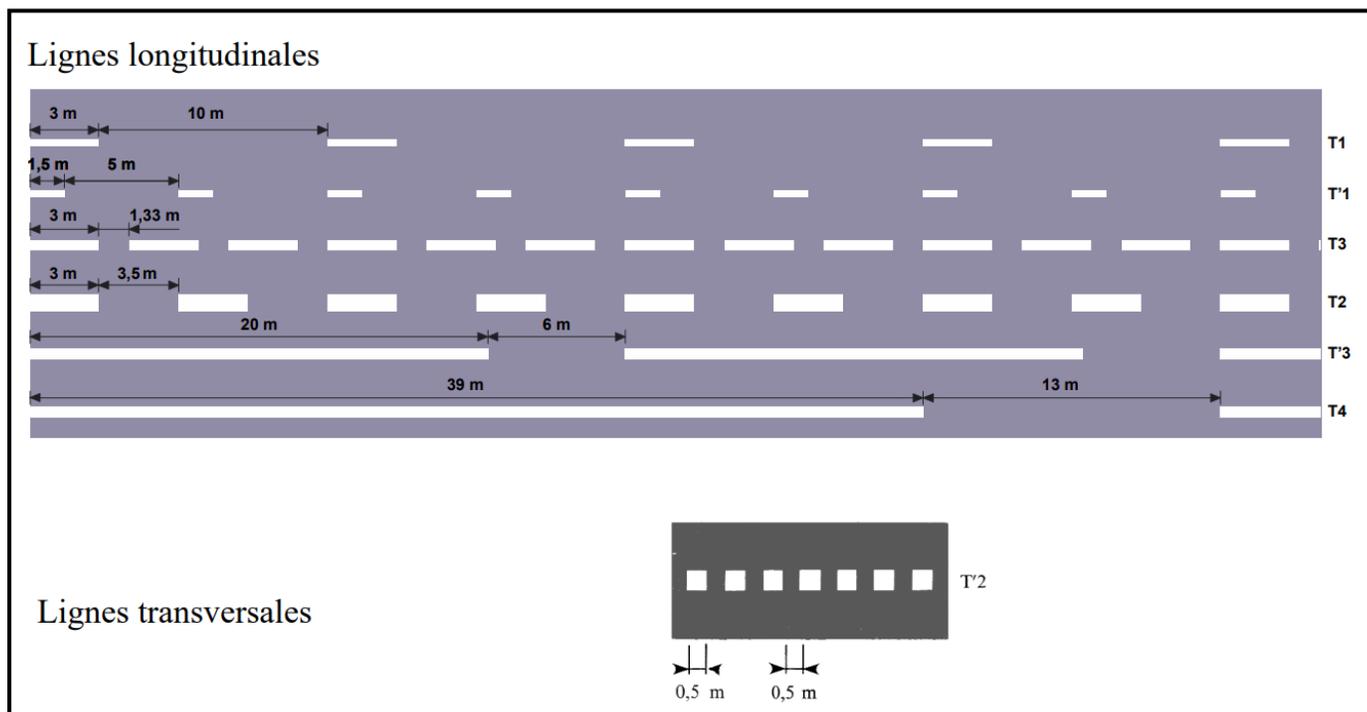


Figure 8 : Illustration des différents types de modulations utilisés dans notre projet. [13]

➤ Signalisation verticale

C'est l'ensemble des signaux conventionnels implantés verticalement sur le domaine routier, destinés à assurer la sécurité des usagers de la route. Elle regroupe ainsi les signalisations par panneaux, par balisage, par bornage ou par feux. Les panneaux suivants seront utilisés dans notre projet :

- ✓ Les panneaux de danger (type A) : Ils informent les usagers d'éventuels dangers qu'ils peuvent rencontrer. Ils sont de forme triangulaire ;
- ✓ Les panneaux d'intersection et de priorité (type AB) : Ils marquent un arrêt obligatoire, priorité de passage pour piéton, cédez le passage ;
- ✓ Les panneaux de prescription de type B : Ils marquent les obligations et indiquent les diverses prescriptions particulières. Ils sont de forme circulaire.
- ✓ Les panneaux de prescription de type C : Ils sont prévus pour transmettre une information ou donner une indication, généralement liée à la présence d'un aménagement de la route ou d'un service.

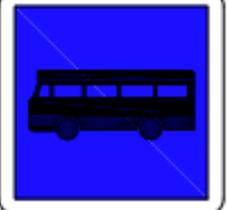
Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Les éléments de signalisation verticale prévus pour ce projet sont relevés dans le tableau 41 :

Tableau 41 : Signalisation verticale prévue pour le projet [27]

Panneaux	Code	Type	Rôle	Position	Nombre
	AB4	Les panneaux stop	Indiquent une obligation de s'arrêter	Sur les voies secondaires, les bretelles	30
	A1a	Virage à droite	Annonce un virage à droite	50 m avant le virage	1
	A1b	Virage à gauche	Annonce un virage à gauche	50 m avant le virage	1
	AB3a	Passage piéton	Annonce de passage piéton	50 m avant le passage	12
	C20	Passage piéton	Laissez passage aux piétons	Signalisation de position	12
	C27	Signalisations de cassis ou dos d'âne	Indication d'une surélévation de chaussée	Signalisation de position	12
	A2b	Signalisations de cassis ou dos d'âne	Indique la présence d'un cassis et qu'il faut ralentir	A l'approche d'un lieu public (marché, église, école, ...)	12

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

	A13b	Cédez le passage	Cédez le passage à l'intersection	A l'entrée du carrefour à sens giratoire	3
	A13a	Proximité d'un endroit fréquenté par les enfants	Indique un passage d'enfant	Devant les écoles	8
	AB25	Carrefour à sens giratoire	Annonce d'une intersection où le conducteur est tenu de céder le passage aux véhicules débouchant de l'anneau central par sa gauche.	50 m avant l'entrée du carrefour à sens giratoire	3
		Feux tricolores	Règlementation de la circulation	A l'intersection de grandes voies	20
	B21-1	Panneau d'obligation de tourner à droite	Indique une obligation de tourner à droite	Sur le giratoire	3
	C6	Arrêt de bus	Indique l'arrêt pour les transports en communs (SOTRACO)	Aux arrêts des bus	11
	C1a	Parking	Indique les parkings publics	Au niveau des parkings	11

IV.5.4 Sécurité

Il est essentiel de souligner que les exigences relatives à la sécurité routière ne peuvent être simplement formulées. Elles nécessitent une prise en compte approfondie de tous les aspects du fonctionnement et des éventuels dysfonctionnements des systèmes élémentaires, incluant les éléments humains, les véhicules, et l'environnement.

Pendant la réalisation des travaux, la sécurité et le confort des travailleurs sont des préoccupations primordiales. Par conséquent, chaque agent intervenant sur le domaine routier doit obligatoirement porter des équipements de protection individuelle de haute visibilité de **classe 2 ou 3**.

Pour les riverains, nous prévoyons de restreindre leur accès à la voie en installant des barrières de sécurité, garantissant ainsi leur sécurité pendant la période de construction.

Quant aux usagers, en plus des dispositifs de signalisation mentionnés précédemment, nous mettrons en place les mesures de sécurité suivantes :

- ✓ Des ralentisseurs pour limiter la vitesse à des points bien déterminés ;
- ✓ Des guides roues de hauteur 50 cm pour les dalots ;
- ✓ Et un éclairage public.

IV.5.5 Eclairage public

L'éclairage des voies urbaines joue un rôle essentiel en matière de sécurité pour les piétons et les automobilistes, tout en contribuant à l'amélioration du cadre de vie. Elle vise à faciliter la circulation nocturne en assurant à la fois la sécurité et le confort des usagers.

➤ Implantation

Le dispositif d'éclairage sera composé de candélabres qui soutiennent les lampes. Les candélabres doivent être dimensionnés et conçus pour résister aux forces du vent et aux chocs, ainsi que pour faire face à la corrosion. Les objectifs essentiels visés dans le choix des lampes sont l'efficacité lumineuse et la durée de vie. Dans ce projet, nous choisissons des lampes solaires au vu de leur solution économe en énergie, respectueuse de l'environnement, leur facilité à être installer et économiquement avantageuse pour l'éclairage.

➤ **Paramètres d'implantation**

Pour déterminer l'emplacement optimal dans un espace public, il est essentiel de prendre en considération la largeur de la chaussée à éclairer, l'avancée du feu par rapport au bord de la chaussée, la hauteur du feu et l'espacement entre deux foyers lumineux.

Le tableau 42 synthétise les principaux types d'implantations des points lumineux en fonction de la hauteur des feux (h) et la largeur de la chaussée (l).

Tableau 42 : Récapitulatif des principaux types d'implantation des points lumineux [8]

Type d'implantation recommandé	Rapport entre h et l	Type de chaussée	Observations
Implantation unilatérale	$l \leq h$	Chaussée simple à double sens de circulation	La luminance de la partie de la chaussée située loin des luminaires est plus faible que celle située du même coté
Implantation bilatérale en quinconce	$h < l \leq 1,5 h$		Un soin particulier doit être apporté à l'uniformité des luminances de la chaussée
Implantation bilatérale vis-à-vis	$1,5 h < l$		-
Implantation axiale (rétro-bilatérale)	$l \leq h$	Chaussée double à deux sens de circulation	-

Etant donné que nous avons une chaussée double avec TPC, nous allons opter pour une **implantation axiale**.

❖ **Calcul des inter-distances et hauteur de feu.**

Hauteur de feu

Pour une chaussée double de la largeur totale $L=20$ m (y compris le TPC), nous avons la largeur d'une chaussée $l = 10$ m. Afin de satisfaire à la condition $h \geq l$, nous allons prendre **$h = 12$ m**.

Inter-distance

L'inter-distance est obtenue par la relation : $e = 3 \times h = 3 \times 12$ ce qui nous donne **$e = 36$ m**.

❖ **Nombre de candélabres**

Connaissant la longueur totale L de notre chaussée, nous pouvons déduire le nombre total de candélabres n .

$$n = \frac{L}{e} = \frac{3452}{36} \text{ Ce qui nous donne } n = 96 \text{ candélabres}$$

On a au total **96 candélabres** espacés de **36 m** avec une hauteur de **12 m** chacun.

V Notice d'impact environnemental et social

L'intégration des études d'impact environnemental et social (EIES) dans un projet routier est une étape cruciale visant à évaluer les conséquences potentielles de l'infrastructure sur l'environnement et les communautés locales. L'EIES s'appuie sur des analyses pour identifier, évaluer et atténuer les impacts négatifs tout en mettant en évidence les opportunités de développement durable.

V.1 Objectifs

Pour la mise en œuvre de l'aménagement des voiries des centres secondaires, la présente mission vise à réaliser une notice afin de préserver l'environnement au Burkina Faso. De manière spécifique, il s'agit de :

- Identifier et évaluer les impacts environnementaux et sociaux potentiels dus aux travaux d'aménagement et à l'exploitation des voiries des centres secondaires ;
- Décrire les risques et dangers potentiels et les mesures relatives en phases d'installation, de construction, d'exploitation et d'entretien ;
- Proposer un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) pour mettre en œuvre les mesures d'atténuation.

V.2 Identification des impacts du projet

Les phases du projet considérées sont l'installation du chantier, l'exécution des travaux et celle d'exploitation. Les récepteurs de l'environnement pris en compte incluent l'ambiance sonore, l'air, le sol, les eaux de surface, les eaux souterraines, la végétation, la faune, le paysage, la santé publique, la sécurité, les activités économiques, la qualité d'étude et de bien-être des étudiants. Le tableau 65 en annexe V présente la description et la nature des impacts potentiels, classifiés en fonction de la composante affectée et de la phase du projet.

V.3 Identification des risques et plan de gestions des risques

Le danger est perçu et considéré généralement comme une catégorie d'impact négatif du fait qu'il porte atteinte à l'intégrité, à la santé, voir à la vie de l'homme. Raison pour laquelle l'analyse des risques est prescrite comme une obligation d'identifier, d'évaluer les dangers potentiels lors des activités et de prévoir des mesures de prévention et de protection de l'homme en général. Le risque désigne un évènement imprévisible défavorable suite à un facteur naturel ou d'origine humaine en absence d'actions de prévention et de précaution. L'identification des risques vise à garantir la santé et la sécurité en milieu de travail du personnel en particulier et de la population en général.

Le tableau 66 en annexe V nous fournit le plan pour la gestion des risques identifiés.

V.4 Plan de gestion environnementale et social

Afin de réduire les impacts négatifs potentiels identifiés, un plan de gestion environnemental et social est défini. L'objet de ce plan est de présenter les impacts les plus significatifs et les mesures d'atténuation. Ces mesures environnementales sont proposées afin d'accroître les bénéfices du projet (mesures de bonification) ou de réduire les impacts environnementaux et sociaux (mesures d'atténuation) aussi bien pendant la phase de travaux que pendant la phase d'exploitation de ces différentes rues. On retrouvera le plan de gestion environnementale et sociale en annexe V.

VI Estimation du coût du projet

Le devis estimatif présente de manière détaillée le coût total de l'ensemble des travaux à réaliser, incluant les coûts de la main-d'œuvre.

Les travaux à réaliser dans le cadre de ce projet sont regroupés en plusieurs postes de travail, classés comme suit :

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

- Série 100 : Installations générales et repli du chantier ;
- Série 200 : Travaux préparatoires ;
- Série 300 : Terrassements généraux ;
- Série 400 : Chaussée et revêtement ;
- Série 500 : Assainissement et protection ;
- Série 600 : Provisions pour déplacement des réseaux divers existants
- Série 700 : Signalisation – sécurité
- Série 800 : Eclairage public
- Série 900 : Mesures environnementales et sociales

On retrouve dans le tableau 43 une évaluation du coût du projet.

Tableau 43 : Evaluation du coût du projet

N° Prix	Désignation	Montant Total en FCFA	Pourcentage
Série 100	Installations générales et repli du chantier	426 136 050	10,11
Série 200	Travaux préparatoires	35 419 668	0,85
Série 300	Terrassements généraux	197 770 780	4,72
Série 400	Chaussée et revêtement	1 048 128 340	24,91
Série 500	Assainissement et protection	1 999 823 530	47,61
Série 600	Provisions pour déplacement des réseaux divers existants	65 000 000	1,56
Série 700	Signalisation – sécurité	171 880 000	4,10
Série 800	Eclairage public	211 200 000	5,04
Série 900	Mésures environnementales et sociales	45 600 020	1,10
MONTANT TOTAL HT		4 200 958 388 FCFA	
TVA (18%)		756 172 509,80 FCFA	
MONTANT TOTAL TTC		4 957 130 898 FCFA	
COUT KILOMETRIQUE		1 549 103 406 FCFA	

L'estimation du coût du projet nous conclut un montant total d'environ **4 957 130 898 FCFA TTC**, soit **1 549 103 406 FCFA par Km**. Le coût moyen de construction de la voirie urbaine est généralement estimé entre **700 millions et 1 milliard de francs CFA par Km**, ce qui reste inférieur au coût de notre projet. Cependant, cela peut être justifié par des conditions spécifiques du projet. Nous remarquons que les **travaux d'assainissement et de protection** représentent le poste de coût le plus élevé avec **40% du coût total du projet**. Ceci s'explique par un linéaire important de **7,8 km de caniveaux** à construire et la présence de **27 dalots** prévus pour drainer les eaux. De plus, la structure de chaussée mise en place sur les tronçons PV4 et PV5, en raison d'un trafic élevé, a augmenté les coûts de construction, plaçant la catégorie **chaussée et revêtement** à **21% du coût total du projet**. Sur la figure 9, nous observons la répartition des coûts de chaque poste de travail en pourcentage par rapport au coût total du projet.

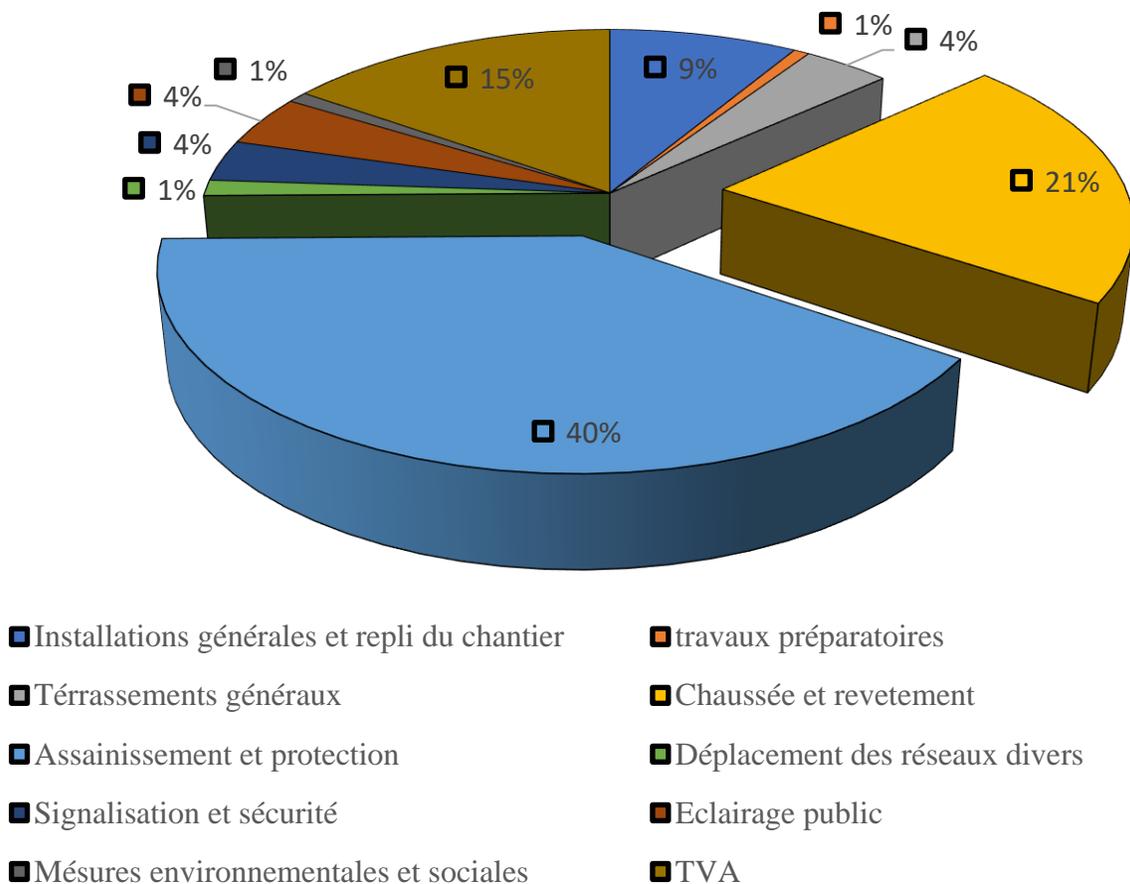


Figure 9 : Répartition des coûts d'exécution du projet

Conclusion et recommandations

L'étude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires plus précisément, du tronçon reliant le quartier de Dassasgho à celui de Wayalghin long de 3.2 km, a permis d'aboutir à des résultats permettant d'opter pour des résolutions techniques afin d'assurer une bonne réalisation des ouvrages et des aménagements projetés. Dans sa globalité, l'objectif général de cette étude qui était de faire une étude technique dudit tronçon est atteint, car des propositions techniques et financières qui ont été faites aussi bien sur la structure de chaussée, les ouvrages d'assainissement, la signalisation et la sécurité routière.

En effet, de cette étude il ressort des propositions concrètes par rapport à la structure de chaussée qui sera composée d'une **couche de fondation de 20 cm de graveleux latéritique naturel**, d'une **couche de base de 15 cm en graveleux latéritique amélioré au concassé** avec une **couche de roulement de 5 cm en béton bitumineux** sur les **PV2 et PV3** et une structure de chaussée qui sera composée d'une **couche de fondation de 15 cm de graveleux latéritique naturel amélioré au concassé**, d'une **couche de base de 20 cm en graveleux latéritique amélioré au ciment à proportion de 3%** avec une **couche de roulement de 5 cm en béton bitumineux** sur les **PV4 et PV5**.

Après une étude hydrologique qui nous a donné les débits de pointe d'eaux qui traversent la route, une étude hydraulique nous a permis de déterminer la section des ouvrages hydrauliques qui serviront à évacuer les quantités d'eau calculées. De façon globale, **huit (8) sections de caniveaux** notamment des sections de **80 x 80 cm², 100 x 80 cm², 100 x 100 cm², 120 x 120 cm², 140 x 120 cm², 150 x 140 cm², 250 x 220 cm²**, et **vingt-sept (27) dalots** ont été obtenus.

Le coût total de notre projet est de **quatre milliards neuf cent cinquante-sept millions cent trente mille huit cent quatre-vingt-dix-huit FRANCS CFA/TTC (4 957 130 898 Francs CFA TTC)** soit **un milliard cinq cent quarante-neuf millions cent trois milles quatre cent six Francs CFA TTC par kilomètre (1 549 103 406 FCFA TTC/km)**.

Cependant, au terme de notre étude, nous avons pu énumérer diverses recommandations cruciales pour orienter la réussite de la réalisation de ce projet. Il s'agit notamment de :

- Veiller au curage des caniveaux et dalots à la fin des travaux, partiellement obstrués par les terrassements, afin d'assurer leur bon fonctionnement.

- Impliquer activement la communauté locale dans le processus d'entretien des infrastructures routières en organisant des sessions de sensibilisation et de formation.
- Assurer un entretien régulier des voies en effectuant des travaux de maintenance courante et périodique, préservant ainsi leur état optimal au fil du temps.
- Veiller rigoureusement au respect des mesures de sécurité sur le chantier, notamment en assurant le port effectif des équipements de sécurité.

Bibliographie

A. Ouvrages et articles

1. AFNOR, NF P 98 - 170 Chaussée en béton de ciment : Exécution et contrôle, Septembre 2018 ;
2. AFNOR NF P 98 - 086 : Dimensionnement structurel des chaussées routières - Application aux chaussées neuves, Octobre 2011 ;
3. CEBTP, Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, Edition 1984 ;
4. CERTU, Guide technique d'aménagement des carrefours urbains, Janvier 1999 ;
5. CERTU, Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU), Mars 2009 ;
6. FOTO Koffi Thomas Anderson, « Etudes techniques détaillées des travaux d'aménagement et de bitumage d'un tronçon de 25 kilomètres de la route bocanda - kouassikouassikro - allangouassou en république de Côte d'Ivoire » Mémoire de fin d'étude 2IE, 2023
7. François-Noël CRES, Hydrologie Urbaine Quantitative - Assainissement Pluvial, Septembre 2001 ;
8. GOMNA Aboubakar, Réseau d'Eclairage Public, Octobre 2023 ;
9. Groupement GEFA/GTAH/EMERGENCE INGENIERIE, Vol III Rapport Géotechnique, Février 2022
10. IDRRIM, Guide technique Carrefours giratoires en béton, Mars 2015 ;
11. KLEINLOGEL Adolf, Formulaire des cadres simples, 1969
12. Ministère Français de l'Equipement et du Logement, Fascicule 61 conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, Titre II- programme des charges et épreuves des ponts routes ;
13. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, INSTRUCTION INTERMINISTÉRIELLE SUR LA SIGNALISATION ROUTIÈRE 1^{ère} PARTIE : Généralités, 22 octobre 1963 ;
14. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, INSTRUCTION INTERMINISTÉRIELLE SUR LA SIGNALISATION ROUTIÈRE 7^e PARTIE : Marques sur chaussée, 22 octobre 1963 ;

15. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, INSTRUCTION INTERMINISTÉRIELLE SUR LA SIGNALISATION ROUTIÈRE du 8^e PARTIE : Signalisation temporaire, 22 octobre 1963 ;
16. MONE O, IIIème PARTIE : DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES, 2021
17. Nguyen VAN TUU, Hydraulique Routière BCEOM, 1981 ;
18. OUEDRAOGO Abdoul Rahim, « Etude technique et détaillée des travaux de construction et de bitumage de l'interconnexion de la RN 01 et RN 04 lot 2 tronçon 1 section 2 » Mémoire de fin d'étude 2IE, 2011.
19. SETRA-LCPC, Guide technique Conception et dimensionnement des structures de chaussée, Décembre 1994 ;
20. SETRA, Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales, décembre 1998;
21. SETRA, Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes, Janvier 2006 ;
22. SETRA, Guide technique de l'assainissement routier, Octobre 2006 ;
23. Globex construction, Rapport géotechnique sur la PV2, PV3, PV4, PV5 et de l'emprunt de Saaba, 2023
24. Règles BAEL 91 révisées 99 DTU P 18-702, Février 2000 ;

B. Sites internet

25. <https://www.infociments.fr/voiries-urbaines/carrefours-giratoires-en-beton>, consulté le 30/11/2023 ;
26. <https://www.urbaplan.ch/fr/project/programme-pddo2-ouagadougou/>, consulté le 17/08/2023
27. <https://www.ornikar.com/code/cours/panneaux/planche-tous-panneaux>, consulté le 18/08/2023

Annexes

Annexes.....	I
Annexe I : Présentation et données du projet.....	II
I- Organigramme de l'entreprise	II
II- Caractéristiques physiques et naturelles de la zone d'étude	III
III- Données du projet.....	V
Annexe II : Conception géométrique.....	IX
Annexe III : Dimensionnement de la structure de chaussée et du giratoire.....	XXII
I Etude du trafic.....	XXII
II Vérification structure de chaussée	XXIV
III Giratoire	XXV
Annexe IV : Assainissement de la route	XXVII
I- Hydrologie	XXVII
II- Hydraulique.....	XXXV
III- Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques.....	XXXVII
Annexe V : Etude d'impact environnemental et social.....	LXXXIII
Annexe VI : Estimation du cout du projet	XCIII
Annexe VII : Suivi de la réalisation des travaux	XCVII
I- L'installation du chantier	XCVII
II- Les travaux topographiques	XCVIII
III- Les travaux de préparation du terrain.....	XCIX
IV- Les terrassements	C
V- L'assainissement.....	CV
Annexe VIII : Plans d'exécution.....	CIX

Annexe I : Présentation et données du projet

I- Organigramme de l'entreprise

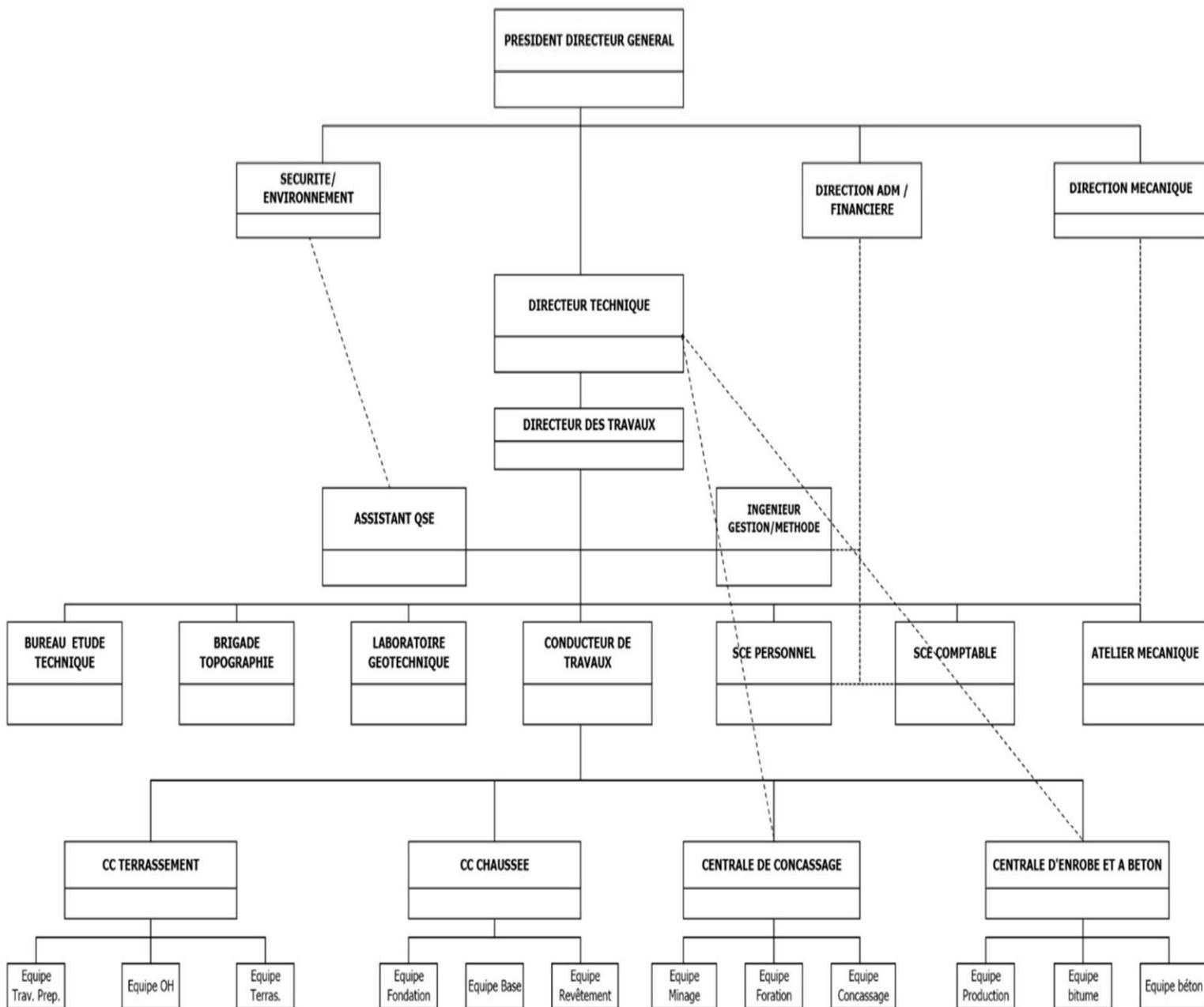


Figure 10 : Organigramme de l'entreprise

II- Caractéristiques physiques et naturelles de la zone d'étude

- **Climat**

Ouagadougou a un climat soudano-sahélien caractérisé par une saison sèche et une saison pluvieuse. Les moyennes pluviométriques annuelles se situent entre 600 et 800 mm. Les mois de juillet et août sont les mois les plus pluvieux avec environ 60 % des précipitations totales. Les températures varient entre 17 °C et 42 °C en fonction de la saison. La ville de Ouagadougou a connu une variation de ses températures moyennes annuelles durant les décennies 1996-2017. En période chaude (mars et avril) la température dépasse souvent les 38°C à l'ombre et pendant la période froide (décembre, janvier) ; la température est située autour de 20°C à 22°C.

- **Relief**

La morphologie de l'agglomération est celle d'une pénéplaine à l'altitude moyenne de 300m. Le relief est constitué par des buttes de cuirasses latéritiques au Sud-ouest, à l'Ouest et au nord (altitude 320 m). Les pentes sont faibles (1,5%) jusque vers les bas-fonds. La cote la plus basse de 282 m correspond au lit du Massili au nord-est de la ville.

- **Végétation et faune**

La végétation de Ouagadougou est passée de la savane arborée à la savane arbustive en l'espace d'un quart de siècle. La ceinture verte qui protégeait la ville de vents violents a progressivement disparu, et le seul lieu arboré de Ouagadougou est le parc Bangr-Weogo, « poumons » de la ville. Du fait de l'urbanisation, seules quelques espèces utilitaires telles que le karité (*Vitellaria paradoxa*), le raisinier (*Lannea microcarpa*), etc. ont été épargnées ou conservées. Quelques espèces fruitières ou non comme les manguiers (*Mangifera indica*), l'eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*), les nimiers (*Azadirachta indica*), le caïlcédrat (*Khaya Senegalensis*) ont été plantées à l'intérieur ou aux alentours des concessions, le long des rues et du barrage. Quant à la faune terrestre, elle est quasi inexistante dans la zone du projet hormis les oiseaux qui viennent se poser momentanément sur les quelques arbustes, probablement en provenance du Parc Bangr-Weogo et les quelques bétails qui viennent se promener et s'abreuver autour du barrage. Toutefois, la zone du barrage est riche en végétaux aquatiques, en amphibiens et insectes périaquatiques. Le barrage contient également des poissons de petite taille (tilapia, carpe, etc.).

- **Géologie et sol**

La ville de Ouagadougou est située dans une zone de socle cristallin et cristallophyllien du Paléo-Protérozoïque, affecté par de grandes fractures orientées NE-SW, NW-SE et N-S (Ouandaogo-Yameogo S., 2008). Ces formations sont enfouies sous une épaisse couverture d'altération qui dépasse par endroits 40 mètres et dont le profil complet comprend une cuirasse latéritique aluminoferrugineuse surmontant des altérites argileuses et les arènes grenues.

- **Hydrologie et ressources en eau**

La ville de Ouagadougou est drainée par des affluents du Massili qui se jette dans le Nakambé qui lui, joint ses eaux à celles des autres branches de la Volta au Ghana. L'affluent principal qui traverse la ville est coupé par quatre barrages colinéaires (barrage de Boulmiougou sur la route de Bobo Dioulasso, barrage n° 1 route de Ouahigouya, barrage n° 2 de Tanghin, barrage n° 3 route de Kaya). En effet, la capitale s'alimente en eau potable à partir d'eau de surface du barrage n° 3 situé au cœur de la ville et du barrage de Loumbila édifié à 15 km au nord sur la route Ouagadougou-Kaya. Les eaux des autres affluents drainant la ville sont endiguées par des canaux qui contournent le barrage n° 3 pour se rejoindre à l'Est de la ville. Un seul, celui de Kadiogo rejoint le barrage n° 2. Toutes ces ressources sont intermittentes, tarissables dès le mois d'avril.

- **Milieu humain/ Population et son évolution**

La ville de Ouagadougou connaît une croissance démographique et une urbanisation très poussée. La population estimée à 1 915 102 habitants avec 49,60% de femmes et 50,40% d'hommes en 2012 (commune de Ouagadougou, 2012) est passée à 2 744 666 habitants en 2017 (INSD, 2018). Au recensement général de la population et de l'habitat de 2019, la commune de Ouagadougou compte 2 453 496 habitants répartis comme suit : 1 203 811 hommes, 1 249 685 femmes. La population urbaine de la Commune de Ouagadougou représente 45,4% de l'ensemble de la population urbaine du pays (RGPH 2019).

- **Activité des populations**

À l'instar de la ville de Ouagadougou, les populations de la zone du projet sont diversement occupées. Il s'agit entre autres de personnels de services et de commerce, d'artisans, d'ouvriers et d'employés non qualifiés, d'agriculteurs, d'éleveurs, de pêcheurs, de cadres subalternes de

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

l'administration, etc. Selon le RGPH 2006 (INSD, 2009), la majorité de ces occupations (81,5 % pour Ouagadougou) sont du secteur tertiaire. En outre, dans la commune de Ouagadougou, le taux d'activité des personnes de 15 ans ou plus est de 73,0 %. Ce taux augmente avec l'âge, passant de 33,4 % entre 15 et 19 ans à 72,2 % entre 40 et 44 ans, l'âge auquel l'activité est la plus intense. À partir de 45 ans, le taux amorce une décroissance continue qui le situe à 13,7 % au-delà de 75 ans (INSD, 2009).

III- Données du projet

Tableau 44: Tableau récapitulatif des résultats géotechniques des sondages (1/2) tronçon PV2 [23]

Sondage	Epaisseur (cm)	PV	Position	GRANULOMETRIE					LIMITE D'ATTERBERG		PROCTOR		Classe de portance		Classification HRB		
				<0.08mm	<2mm	<5mm	>10mm	Dmax	WL	I _p	W%	Yd	95%	98%			
S1 au PK0+050	35/65	2	Gauche	18	31,5	45,5	76	25	30,1	16,2	7,1	2,18	26	-	S4	A2-6	
S2 au PK0+150	25/60		Droite	26	39	57	84	25	31,3	16,7	9,4	2,04	30	-	S5	A2-6	
S3 au PK0+250	35/70		Axe	22	38	63	91	20	20	10	5,0	2,28	59	-	S5	A2-4	
S4 au PK0+350	20/40		Droite	9	22	37	65	25	20	9	8,0	2,13	38	-	S5	A2-4	
S5 au PK0+450	25/80		Gauche	8	27,5	44	76	16	34,1	18,1	9,0	2,07	55	-	S5	A2-6	
S6 au PK0+550	20/55		Axe	20	24,5	45	70,5	31,5	28,1	14	9,8	2,06	60	-	S5	A2-6	
S7 au PK0+650	15/60		Gauche	Cuirasse													
S8 au PK0+775	0/35		Droite	30	44	66	90	20	30	15	6,2	2,32	59	-	S5	A2-6	
S9 au PK0+850	25/60		Axe	Cuirasse													

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Tableau 45: Tableau récapitulatif des résultats géotechniques des sondages du tronçon PV2 (2/2) et du tronçon PV3 [23]

Sondage	Epaisseur prélèvement (cm)	PV	Position	GRANULOMETRIE					LIMITE D'ATTERBERG		PROCTOR		Classe de portance	Classification HRB	
				<0.08mm	<2mm	<5mm	>10mm	Dmax	WL	I _p	W%	Yd	95%		
S10 au PK0+950	0/60	2	Gauche	Cuirasse											
S11 au PK1+050	10/60		Droite	16,5	31	44,5	68	31,5	20,9	10,9	5,7	2,26	60	S5	A2-6
S12 au PK1+150	5/40		Axe	12,5	38,5	59	85,5	40	35,7	17,9	9,8	2,15	60	S5	A2-6
S13 au PK1+250	5/60		Gauche	20,5	35,5	53	80	31,5	36,7	19,2	9,6	2,05	40	S5	A2-6
S14 au PK1+350	10/60		Droite	20	32	54,5	86	16	36,7	19,4	7,6	2,19	26	S4	A2-6
S15 au PK1+450	25/60		Axe	Cuirasse											

Tableau 46: Tableau récapitulatif des résultats géotechniques des sondages tronçon PV4 [23]

Sondage	Epaisseur (cm)	PV	Position	GRANULOMETRIE					LIMITE D'ATTERBERG		PROCTOR		CBR	Classe de portance	Classification HRB
				<0.08mm	<2m m	<5mm	>10mm	Dmax	WL	I _p	W%	Yd	95%		
S1 au PK0+050	20/60	4	Droite	26	54	67	87	25	38	19	6,0	2,28	41	S5	A2-6
S2 au PK0+150	0/60		Gauche	25	46,5	73	94,5	20	21,5	10,3	6,1	2,17	54	S5	A2-6
S3 au PK0+250	15/60		Axe	21,5	45	53,5	74	31,5	22,3	11,3	8,0	2,20	46	S5	A2-6
S4 au PK0+350	0/60		Droite	Cuirasse											
S5 au PK0+450	20/60		Gauche	Cuirasse											
S6 au PK0+550	0/60		Axe	21,5	45	53,5	74	25	38,7	18,8	9,8	2,14	51	S5	A2-6
S7 au PK0+650	15/60		Droite	Cuirasse											
S8 au PK0+775	0/60		Gauche	14	27	44	71	31,5	20,3	10,9	6,7	2,21	69	S5	A2-6
S9 au PK0+850	25/60		Axe	Cuirasse											
S10 au PK0+950 A	0/60		Droite	Cuirasse											

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Tableau 47 : récapitulatif des résultats géotechniques des sondages de l'emprunt de Saaba [23]

Sondage	Epaisseur (cm)	GRANULOMETRIE				LIMITE D'ATTERBERG		PROCTOR		CBR		Volume en m ³	Nature du matériau	Utilisation possible
		<0,08mm	<2mm	<5mm	>20mm	WL	I _p	W%	Yd	95%	98%			
Emprunt N°1 à Saaba	5/50	10,5	35	61	04	22	11,5	8,9	2,15	61	89	22500	Graveleux latéritique	Fondation et Base
Emprunt N°1 à Saaba	50/100	16	40,5	61,5	02	33	16	11,5	2,10	39	50	25000	Graveleux latéritique	Fondation

Tableau 48: Tableau récapitulatif des résultats géotechniques des sondages tronçon PV5 [23]

Sondage	Epaisseur prélèvement (cm)	PV	Position	GRANULOMETRIE					LIMITE D'ATTERBERG		PROCTOR		CBR	Classe de portance	Classification HRB
				<0.08mm	<2mm	<5mm	>10mm	Dmax	WL	I _p	W%	Yd	95%		
S1 au PK0+050 D	25/60	5	Gauche	17	27	38	67	31,5	29,8	15	9,7	2,22	28	S4	A2-6
S2 au PK0+200 A	0/60		Axe	23	33	41	66	25	27,5	13,8	8,6	2,12	23	S4	A2-6
S3 au PK0+350 G	5/60		Droite	32	47	59	82,5	31,5	29,7	15,1	9,8	2,14	20	S4	A2-7
S4 au PK0+500 A	0/60		Gauche	16,5	29	37	56	31,5	42	22	7,0	2,26	64	S5	A2-6
S5 au PK0+650 D	25/60		Gauche	24,5	39,5	51	88	31,5	24,2	13	9,2	2,14	27	S4	A2-6

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Tableau 49 : Résultats de comptage de trafic par rue [9]

Catégorie	PV2 (Rue NABA BOULSA-KIBA)		PV3 (Rue 27.31)		PV4-5 (Rue DES ARCHIVES NATIONALES)	
	TMJ	TMJA	TMJ	TMJA	TMJ	TMJA
VP	171	169	653	645	4325	4273
Camionnette	11	11	29	29	57	56
Véhicule 4x4	119	118	171	169	445	440
Minibus	4	4	17	17	31	31
Total VL	305	301	870	859	4858	4799
Bus - Cars Autocars	0	0	6	6	24	24
Camions 2 essieux (P11)	4	4	16	16	82	81
Camions lourds (P12, P13, P21, P22, P23)	10	10	15	15	78	77
Semi-Remorques (T11S1, T11S2, T11S3T12S1, T12S2, T12S3))	4	4	6	6	206	204
Camions avec remorque	0	0	1	1	4	4
Total PL	18	18	44,0	43,5	394	389
Total trafic	323	320	914	904	5252	5190
%PL	5%	6%	5%	8%	7%	7%

Annexe II : Conception géométrique

Tableau 50 : Axe en plan

Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	284.45gr	484,433	0,000	666033,427	1371450,003
Arc 1	Rayon	200.000 m	164,178	484,433	665563,365	1371332,883
	Centre X	665611.719 m				
	Centre Y	1371138.816 m				
Droite 2	Gisement	232.20gr	238,958	648,611	665436,754	1371235,704
Droite 3	Gisement	184.15gr	1195,851	887,569	665320,993	1371026,657
Arc 2	Rayon	2000.000 m	4,680	2083,420	665615,720	1369867,694
	Centre X	667554.027 m				
	Centre Y	1370360.610 m				
Droite 4	Gisement	184.00gr	686,312	2088,100	665616,879	1369863,159
Arc 3	Rayon	1000.000 m	138,461	2774,412	665787,582	1369198,416
	Centre X	666756.156 m				
	Centre Y	1369447.141 m				
Droite 5	Gisement	175.18gr	149,490	2912,873	665831,181	1369067,114
Arc 4	Rayon	-250.000 m	91,508	3062,363	665887,991	1368928,840
	Centre X	665656.747 m				
	Centre Y	1368833.833 m				
Droite 6	Gisement	198.49gr	297,445	3153,871	665906,676	1368839,781
				3451,316	665913,753	1368542,420
Longueur totale de l'axe 3451.316 mètre(s)						

Tableau 51 : Profil en long du projet

Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.35 %	308,924	0,000	290,438
Parabole 1	Rayon	-3000.000 m	3,418	308,924	289,345
	Sommet Absc.	298.313 m			
	Sommet Alt.	289.364 m			
Pente 2	Pente	-0.47 %	108,874	312,343	289,331
Parabole 2	Rayon	10000.000 m	7,567	421,217	288,822
	Sommet Absc.	467.981 m			
	Sommet Alt.	288.712 m			
Pente 3	Pente	-0.39 %	90,104	428,783	288,789
Parabole 3	Rayon	5000.000 m	24,449	518,887	288,436
	Sommet Absc.	538.486 m			
	Sommet Alt.	288.398 m			
Pente 4	Pente	0.10 %	29,397	543,337	288,400
Parabole 4	Rayon	-10000.000 m	7,133	572,734	288,429
	Sommet Absc.	582.434 m			
	Sommet Alt.	288.433 m			
Pente 5	Pente	0.03 %	32,878	579,867	288,433
Parabole 5	Rayon	3000.000 m	23,315	612,745	288,441
	Sommet Absc.	611.975 m			
	Sommet Alt.	288.441 m			
Pente 6	Pente	0.80 %	0,314	636,060	288,538
Parabole 6	Rayon	-2600.000 m	27,251	636,374	288,540

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

	Sommet Absc.	657.248 m			
	Sommet Alt.	288.624 m			
Pente 7	Pente	-0.25 %	50,840	663,626	288,616
Parabole 7	Rayon	3000.000 m	21,069	714,465	288,492
	Sommet Absc.	721.824 m			
	Sommet Alt.	288.483 m			
Pente 8	Pente	0.46 %	71,780	735,535	288,514
Parabole 8	Rayon	-3000.000 m	35,370	807,315	288,842
	Sommet Absc.	821.026 m			
	Sommet Alt.	288.873 m			
Pente 9	Pente	-0.72 %	2,815	842,685	288,795
Parabole 9	Rayon	6000.000 m	84,647	845,500	288,775
	Sommet Absc.	888.817 m			
	Sommet Alt.	288.619 m			
Pente 10	Pente	0.69 %	112,059	930,147	288,761
Parabole 10	Rayon	-20000.000 m	65,589	1042,205	289,533
	Sommet Absc.	1179.971 m			
	Sommet Alt.	290.007 m			
Pente 11	Pente	0.36 %	159,244	1107,795	289,877
Parabole 11	Rayon	25000.000 m	215,923	1267,038	290,452
	Sommet Absc.	1176.818 m			
	Sommet Alt.	290.289 m			
Pente 12	Pente	1.22 %	0,264	1482,962	292,163
Parabole 12	Rayon	-1500.000 m	11,676	1483,226	292,167
	Sommet Absc.	1501.594 m			
	Sommet Alt.	292.279 m			
Pente 13	Pente	0.45 %	163,413	1494,902	292,264
Parabole 13	Rayon	30000.000 m	3,128	1658,315	292,993
	Sommet Absc.	1524.469 m			
	Sommet Alt.	292.695 m			

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Pente 14	Pente	0.46 %	183,268	1661,443	293,007
Parabole 14	Rayon	30000.000 m	10,577	1844,711	293,844
	Sommet Absc.	1707.738 m			
	Sommet Alt.	293.531 m			
Pente 15	Pente	0.49 %	74,315	1855,289	293,894
Parabole 15	Rayon	-30000.000 m	40,792	1929,604	294,260
	Sommet Absc.	2077.155 m			
	Sommet Alt.	294.623 m			
Pente 16	Pente	0.36 %	5,215	1970,396	294,433
Parabole 16	Rayon	30000.000 m	98,777	1975,612	294,451
	Sommet Absc.	1868.853 m			
	Sommet Alt.	294.261 m			
Pente 17	Pente	0.69 %	124,299	2074,388	294,965
Parabole 17	Rayon	-20000.000 m	52,625	2198,687	295,817
	Sommet Absc.	2335.711 m			
	Sommet Alt.	296.286 m			
Pente 18	Pente	0.42 %	91,002	2251,313	296,108
Parabole 18	Rayon	-50000.000 m	15,370	2342,315	296,492
	Sommet Absc.	2553.312 m			
	Sommet Alt.	296.938 m			
Pente 19	Pente	0.39 %	87,614	2357,685	296,555
Parabole 19	Rayon	-35000.000 m	59,401	2445,300	296,898
	Sommet Absc.	2582.238 m			
	Sommet Alt.	297.166 m			
Pente 20	Pente	0.22 %	107,617	2504,700	297,080
Parabole 20	Rayon	40000.000 m	74,582	2612,317	297,318
	Sommet Absc.	2523.703 m			
	Sommet Alt.	297.220 m			
Pente 21	Pente	0.41 %	41,861	2686,899	297,553
Parabole 21	Rayon	50000.000 m	92,224	2728,760	297,724
	Sommet Absc.	2524.765 m			
	Sommet Alt.	297.307 m			
Pente 22	Pente	0.59 %	46,942	2820,984	298,185
Parabole 22	Rayon	-40000.000 m	114,148	2867,926	298,463
	Sommet Absc.	3104.901 m			
	Sommet Alt.	299.165 m			
Pente 23	Pente	0.31 %	45,051	2982,074	298,976

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Parabole 23	Rayon	-35000.000 m	44,984	3027,125	299,115
	Sommet Absc.	3134.598 m			
	Sommet Alt.	299.280 m			
Pente 24	Pente	0.18 %	81,392	3072,109	299,224
Parabole 24	Rayon	-50000.000 m	0,740	3153,501	299,369
	Sommet Absc.	3242.772 m			
	Sommet Alt.	299.449 m			
Pente 25	Pente	0.18 %	145,598	3154,241	299,371
Parabole 25	Rayon	-20000.000 m	50,322	3299,839	299,628
	Sommet Absc.	3335.251 m			
	Sommet Alt.	299.660 m			
Pente 26	Pente	-0.07 %	47,373	3350,161	299,654
Parabole 26	Rayon	-5000.000 m	4,933	3397,534	299,619
	Sommet Absc.	3393.806 m			
	Sommet Alt.	299.620 m			
Pente 27	Pente	-0.17 %	4,141	3402,466	299,613
Parabole 27	Rayon	3000.000 m	40,171	3406,608	299,606
	Sommet Absc.	3411.804 m			
	Sommet Alt.	299.601 m			
Pente 28	Pente	1.17 %	4,538	3446,778	299,805
				3451,316	299,858
Longueur totale de l'axe 3451.316 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 3451.353 mètre(s)					

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Tableau 52 : Tabulation du profil en travers

Num	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0,000	Droite 1	Pente 1	290,433	290,438	384,45	666033,427	1371450,003	-2,50	-2,50	-0,35
P02	25,000	Droite 1	Pente 1	290,253	290,349	384,45	666009,169	1371443,959	-2,50	-2,50	-0,35
P03	50,000	Droite 1	Pente 1	290,248	290,261	384,45	665984,910	1371437,915	-2,50	-2,50	-0,35
P04	75,000	Droite 1	Pente 1	290,069	290,172	384,45	665960,652	1371431,870	-2,50	-2,50	-0,35
P05	100,000	Droite 1	Pente 1	289,920	290,084	384,45	665936,394	1371425,826	-2,50	-2,50	-0,35
P06	125,000	Droite 1	Pente 1	289,927	289,996	384,45	665912,135	1371419,782	-2,50	-2,50	-0,35
P07	150,000	Droite 1	Pente 1	289,950	289,907	384,45	665887,877	1371413,738	-2,50	-2,50	-0,35
P08	175,000	Droite 1	Pente 1	290,001	289,819	384,45	665863,619	1371407,694	-2,50	-2,50	-0,35
P09	200,000	Droite 1	Pente 1	290,112	289,730	384,45	665839,360	1371401,650	-2,50	-2,50	-0,35
P10	225,000	Droite 1	Pente 1	290,000	289,642	384,45	665815,102	1371395,605	-2,50	-2,50	-0,35
P11	250,000	Droite 1	Pente 1	289,878	289,553	384,45	665790,843	1371389,561	-2,50	-2,50	-0,35
P12	275,000	Droite 1	Pente 1	289,847	289,465	384,45	665766,585	1371383,517	-2,50	-2,50	-0,35
P13	300,000	Droite 1	Pente 1	289,858	289,377	384,45	665742,327	1371377,473	-2,50	-2,50	-0,35
P14	325,000	Droite 1	Pente 2	289,330	289,272	384,45	665718,068	1371371,429	-2,50	-2,50	-0,47
P15	350,000	Droite 1	Pente 2	288,957	289,155	384,45	665693,810	1371365,384	-2,50	-2,50	-0,47
P16	375,000	Droite 1	Pente 2	288,877	289,038	384,45	665669,552	1371359,340	-2,50	-2,50	-0,47
P17	400,000	Droite 1	Pente 2	288,835	288,921	384,45	665645,293	1371353,296	-2,50	-2,50	-0,47
P18	425,000	Droite 1	Parabole 2	288,804	288,805	384,45	665621,035	1371347,252	-2,50	-2,50	-0,43
P19	450,000	Droite 1	Pente 3	288,717	288,706	384,45	665596,777	1371341,208	-2,50	-2,50	-0,39

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

P20	475,000	Droite 1	Pente 3	288,810	288,608	384,45	665572,518	1371335,163	-2,50	-2,50	-0,39
P21	484,433	Arc 1	Pente 3	288,621	288,571	384,45	665563,365	1371332,883	-2,50	-2,50	-0,39
P22	500,000	Arc 1	Pente 3	288,507	288,510	379,50	665548,422	1371328,536	-2,50	-2,50	-0,39
P23	525,000	Arc 1	Parabole 3	288,316	288,416	371,54	665525,262	1371319,164	-2,50	-2,50	-0,27
P24	550,000	Arc 1	Pente 4	288,376	288,406	363,58	665503,452	1371306,978	-2,50	-2,50	0,10
P25	575,000	Arc 1	Parabole 4	288,402	288,430	355,63	665483,331	1371292,167	-2,50	-2,50	0,07
P26	600,000	Arc 1	Pente 5	288,366	288,438	347,67	665465,214	1371274,964	-2,50	-2,50	0,03
P27	625,000	Arc 1	Parabole 5	288,449	288,470	339,71	665449,383	1371255,637	-2,50	-2,50	0,43
P28	648,611	Arc 1	Parabole 6	288,654	288,610	332,20	665436,754	1371235,704	-2,50	-2,50	0,33
P29	650,000	Droite 2	Parabole 6	288,650	288,614	332,20	665436,080	1371234,488	-2,50	-2,50	0,28
P30	675,000	Droite 2	Pente 7	288,581	288,589	332,20	665423,970	1371212,618	-2,50	-2,50	-0,25
P31	700,000	Droite 2	Pente 7	288,516	288,527	332,20	665411,859	1371190,747	-2,50	-2,50	-0,25
P32	725,000	Droite 2	Parabole 7	288,466	288,484	332,20	665399,748	1371168,876	-2,50	-2,50	0,11
P33	750,000	Droite 2	Pente 8	288,495	288,580	332,20	665387,637	1371147,006	-2,50	-2,50	0,46
P34	775,000	Droite 2	Pente 8	288,766	288,694	332,20	665375,526	1371125,135	-2,50	-2,50	0,46
P35	800,000	Droite 2	Pente 8	288,913	288,809	332,20	665363,415	1371103,264	-2,50	-2,50	0,46
P36	825,000	Droite 2	Parabole 8	288,923	288,871	332,20	665351,304	1371081,394	-2,50	-2,50	-0,13
P37	850,000	Droite 2	Parabole 9	288,866	288,744	332,20	665339,193	1371059,523	-2,50	-2,50	-0,65
P38	875,000	Droite 2	Parabole 9	288,651	288,634	332,20	665327,082	1371037,653	-2,50	-2,50	-0,23
P39	887,569	Droite 2	Parabole 9	288,472	288,619	308,17	665320,993	1371026,657	-2,50	-2,50	-0,02
P40	900,000	Droite 3	Parabole 9	288,684	288,629	284,15	665324,057	1371014,609	-2,50	-2,50	0,19
P41	925,000	Droite 3	Parabole 9	288,873	288,728	284,15	665330,218	1370990,380	-2,50	-2,50	0,60
P42	950,000	Droite 3	Pente 10	289,035	288,898	284,15	665336,380	1370966,152	-2,50	-2,50	0,69

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

P43	975,000	Droite 3	Pente 10	289,308	289,070	284,15	665342,541	1370941,923	-2,50	-2,50	0,69
P44	1000,000	Droite 3	Pente 10	289,432	289,242	284,15	665348,703	1370917,694	-2,50	-2,50	0,69
P45	1025,000	Droite 3	Pente 10	289,571	289,414	284,15	665354,864	1370893,465	- 2,50	- 2,50	0,69
P46	1050,000	Droite 3	Parabole 10	289,681	289,585	284,15	665361,025	1370869,236	- 2,50	- 2,50	0,65
P47	1075,000	Droite 3	Parabole 10	289,759	289,732	284,15	665367,187	1370845,007	- 2,50	- 2,50	0,52
P48	1100,000	Droite 3	Parabole 10	289,829	289,847	284,15	665373,348	1370820,779	- 2,50	- 2,50	0,40
P49	1125,000	Droite 3	Pente 11	289,917	289,939	284,15	665379,510	1370796,550	- 2,50	- 2,50	0,36
P50	1150,000	Droite 3	Pente 11	289,988	290,029	284,15	665385,671	1370772,321	- 2,50	- 2,50	0,36
P51	1175,000	Droite 3	Pente 11	290,104	290,120	284,15	665391,833	1370748,092	- 2,50	- 2,50	0,36
P52	1200,000	Droite 3	Pente 11	290,187	290,210	284,15	665397,994	1370723,863	- 2,50	- 2,50	0,36
P53	1225,000	Droite 3	Pente 11	290,260	290,300	284,15	665404,156	1370699,634	- 2,50	- 2,50	0,36
P54	1250,000	Droite 3	Pente 11	290,373	290,390	284,15	665410,317	1370675,406	- 2,50	- 2,50	0,36
P55	1275,000	Droite 3	Parabole 11	290,412	290,482	284,15	665416,479	1370651,177	- 2,50	- 2,50	0,39
P56	1300,000	Droite 3	Parabole 11	290,523	290,592	284,15	665422,640	1370626,948	- 2,50	- 2,50	0,49
P57	1325,000	Droite 3	Parabole 11	290,628	290,728	284,15	665428,801	1370602,719	- 2,50	- 2,50	0,59
P58	1350,000	Droite 3	Parabole 11	290,672	290,889	284,15	665434,963	1370578,490	- 2,50	- 2,50	0,69
P59	1375,000	Droite 3	Parabole 11	290,824	291,074	284,15	665441,124	1370554,261	- 2,50	- 2,50	0,79
P60	1400,000	Droite 3	Parabole 11	291,559	291,285	284,15	665447,286	1370530,033	- 2,50	- 2,50	0,89
P61	1407,000	Droite 3	Parabole 11	291,499	291,349	284,15	665449,011	1370523,249	- 2,50	- 2,50	0,92
P62	1425,000	Droite 3	Parabole 11	291,347	291,521	284,15	665453,447	1370505,804	- 2,50	- 2,50	0,99

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

P63	1450,000	Droite 3	Parabole 11	291,517	291,782	284,15	665459,609	1370481,575	- 2,50	- 2,50	1,09
P64	1475,000	Droite 3	Parabole 11	291,891	292,067	284,15	665465,770	1370457,346	- 2,50	- 2,50	1,19
P65	1500,000	Droite 3	Pente 13	292,298	292,287	284,15	665471,932	1370433,117	- 2,50	- 2,50	0,45
P66	1525,000	Droite 3	Pente 13	292,529	292,398	284,15	665478,093	1370408,888	- 2,50	- 2,50	0,45
P67	1550,000	Droite 3	Pente 13	292,371	292,510	284,15	665484,255	1370384,660	- 2,50	- 2,50	0,45
P68	1575,000	Droite 3	Pente 13	292,600	292,622	284,15	665490,416	1370360,431	- 2,50	- 2,50	0,45
P69	1600,000	Droite 3	Pente 13	292,569	292,733	284,15	665496,577	1370336,202	- 2,50	- 2,50	0,45
P70	1625,000	Droite 3	Pente 13	292,632	292,845	284,15	665502,739	1370311,973	- 2,50	- 2,50	0,45
P71	1650,000	Droite 3	Pente 13	292,917	292,956	284,15	665508,900	1370287,744	- 2,50	- 2,50	0,45
P72	1675,000	Droite 3	Pente 14	293,456	293,069	284,15	665515,062	1370263,515	- 2,50	- 2,50	0,46
P73	1681,000	Droite 3	Pente 14	293,653	293,097	284,15	665516,541	1370257,700	- 2,50	- 2,50	0,46
P74	1700,000	Droite 3	Pente 14	293,591	293,183	284,15	665521,223	1370239,287	- 2,50	- 2,50	0,46
P75	1725,000	Droite 3	Pente 14	293,324	293,298	284,15	665527,385	1370215,058	- 2,50	- 2,50	0,46
P76	1750,000	Droite 3	Pente 14	293,434	293,412	284,15	665533,546	1370190,829	- 2,50	- 2,50	0,46
P77	1775,000	Droite 3	Pente 14	293,611	293,526	284,15	665539,708	1370166,600	- 2,50	- 2,50	0,46
P78	1800,000	Droite 3	Pente 14	293,709	293,640	284,15	665545,869	1370142,371	- 2,50	- 2,50	0,46
P79	1825,000	Droite 3	Pente 14	293,833	293,754	284,15	665552,031	1370118,142	- 2,50	- 2,50	0,46
P80	1850,000	Droite 3	Parabole 14	293,868	293,869	284,15	665558,192	1370093,914	- 2,50	- 2,50	0,47
P81	1875,000	Droite 3	Pente 15	293,864	293,991	284,15	665564,353	1370069,685	- 2,50	- 2,50	0,49
P82	1900,000	Droite 3	Pente 15	293,881	294,114	284,15	665570,515	1370045,456	- 2,50	- 2,50	0,49

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

P83	1925,000	Droite 3	Pente 15	294,175	294,237	284,15	665576,676	1370021,227	- 2,50	- 2,50	0,49
P84	1950,000	Droite 3	Parabole 15	294,360	294,353	284,15	665582,838	1369996,998	- 2,50	- 2,50	0,42

P85	1975, 000	Droite 3	Pente 16	294,485	294,449	284,15	665588,9 99	136997 2,769	-2,50	-2,50	0,36
P86	2000, 000	Droite 3	Parabole 16	294,559	294,548	284,15	665595,1 61	136994 8,541	-2,50	-2,50	0,44
P87	2025, 000	Droite 3	Parabole 16	294,627	294,668	284,15	665601,3 22	136992 4,312	-2,50	-2,50	0,52
P88	2050, 000	Droite 3	Parabole 16	294,614	294,808	284,15	665607,4 84	136990 0,083	-2,50	-2,50	0,60
P89	2075, 000	Droite 3	Pente 17	294,751	294,970	284,15	665613,6 45	136987 5,854	-2,50	-2,50	0,69
P90	2083, 420	Arc 2	Pente 17	294,807	295,027	284,15	665615,7 20	136986 7,694	-2,50	-2,50	0,69
P91	2088, 100	Arc 2	Pente 17	294,838	295,059	284,00	665616,8 79	136986 3,159	-2,50	-2,50	0,69
P92	2100, 000	Droite 4	Pente 17	294,918	295,141	284,00	665619,8 39	136985 1,633	-2,50	-2,50	0,69
P93	2125, 000	Droite 4	Pente 17	295,120	295,312	284,00	665626,0 57	136982 7,419	-2,50	-2,50	0,69
P94	2150, 000	Droite 4	Pente 17	295,372	295,483	284,00	665632,2 75	136980 3,205	-2,50	-2,50	0,69
P95	2175, 000	Droite 4	Pente 17	295,555	295,655	284,00	665638,4 93	136977 8,990	-2,50	-2,50	0,69
P96	2200, 000	Droite 4	Parabole 17	295,767	295,826	284,00	665644,7 11	136975 4,776	-2,50	-2,50	0,68
P97	2225, 000	Droite 4	Parabole 17	295,997	295,980	284,00	665650,9 30	136973 0,562	-2,50	-2,50	0,55
P98	2250, 000	Droite 4	Parabole 17	296,131	296,103	284,00	665657,1 48	136970 6,347	-2,50	-2,50	0,43
P99	2275, 000	Droite 4	Pente 18	296,191	296,208	284,00	665663,3 66	136968 2,133	-2,50	-2,50	0,42
P100	2300, 000	Droite 4	Pente 18	296,336	296,314	284,00	665669,5 84	136965 7,919	-2,50	-2,50	0,42
P101	2325, 000	Droite 4	Pente 18	296,413	296,419	284,00	665675,8 02	136963 3,704	-2,50	-2,50	0,42

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

P102	2350,000	Droite 4	Parabole 18	296,525	296,524	284,00	665682,020	1369609,490	-2,50	-2,50	0,41
P103	2375,000	Droite 4	Pente 19	296,597	296,623	284,00	665688,238	1369585,276	-2,50	-2,50	0,39
P104	2400,000	Droite 4	Pente 19	296,571	296,720	284,00	665694,457	1369561,061	-2,50	-2,50	0,39
P105	2425,000	Droite 4	Pente 19	296,618	296,818	284,00	665700,675	1369536,847	-2,50	-2,50	0,39
P106	2450,000	Droite 4	Parabole 19	296,721	296,916	284,00	665706,893	1369512,633	-2,50	-2,50	0,38
P107	2475,000	Droite 4	Parabole 19	297,014	297,001	284,00	665713,111	1369488,418	-2,50	-2,50	0,31
P108	2500,000	Droite 4	Parabole 19	297,180	297,069	284,00	665719,329	1369464,204	-2,50	-2,50	0,23
P109	2525,000	Droite 4	Pente 20	297,139	297,125	284,00	665725,547	1369439,989	-2,50	-2,50	0,22
P110	2550,000	Droite 4	Pente 20	297,182	297,180	284,00	665731,765	1369415,775	-2,50	-2,50	0,22
P111	2575,000	Droite 4	Pente 20	297,165	297,235	284,00	665737,983	1369391,561	-2,50	-2,50	0,22
P112	2600,000	Droite 4	Pente 20	297,321	297,291	284,00	665744,202	1369367,346	-2,50	-2,50	0,22
P113	2625,000	Droite 4	Parabole 20	297,377	297,348	284,00	665750,420	1369343,132	-2,50	-2,50	0,25
P114	2650,000	Droite 4	Parabole 20	297,402	297,419	284,00	665756,638	1369318,918	-2,50	-2,50	0,32
P115	2675,000	Droite 4	Parabole 20	297,397	297,506	284,00	665762,856	1369294,703	-2,50	-2,50	0,38
P116	2700,000	Droite 4	Pente 21	297,617	297,606	284,00	665769,074	1369270,489	-2,50	-2,50	0,41
P117	2725,000	Droite 4	Pente 21	297,719	297,708	284,00	665775,292	1369246,275	-2,50	-2,50	0,41
P118	2750,000	Droite 4	Parabole 21	297,759	297,815	284,00	665781,510	1369222,060	-2,50	-2,50	0,45
P119	2756,000	Droite 4	Parabole 21	297,744	297,842	284,00	665783,003	1369216,249	-2,50	-2,50	0,46
P120	2774,412	Arc 3	Parabole 21	297,903	297,931	284,00	665787,582	1369198,416	-2,50	-2,50	0,50
P121	2775,000	Arc 3	Parabole 21	297,904	297,934	283,96	665787,729	1369197,846	-2,50	-2,50	0,50

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

P122	2800,000	Arc 3	Parabole 21	298,204	298,065	282,37	665794,263	1369173,716	-2,50	-2,50	0,55
P123	2825,000	Arc 3	Pente 22	298,282	298,209	280,78	665801,399	1369149,756	-2,50	-2,50	0,59
P124	2850,000	Arc 3	Pente 22	298,251	298,357	279,19	665809,131	1369125,983	-2,50	-2,50	0,59
P125	2875,000	Arc 3	Parabole 22	298,463	298,504	277,59	665817,455	1369102,410	-2,50	-2,50	0,57
P126	2900,000	Arc 3	Parabole 22	298,606	298,640	276,00	665826,366	1369079,053	-2,50	-2,50	0,51
P127	2912,873	Arc 3	Parabole 22	298,708	298,704	275,18	665831,181	1369067,114	-2,50	-2,50	0,48
P128	2925,000	Droite 5	Parabole 22	298,801	298,760	275,18	665835,789	1369055,897	-2,50	-2,50	0,45
P129	2950,000	Droite 5	Parabole 22	298,746	298,865	275,18	665845,290	1369032,773	-2,50	-2,50	0,39
P130	2975,000	Droite 5	Parabole 22	298,839	298,954	275,18	665854,791	1369009,648	-2,50	-2,50	0,32
P131	3000,000	Droite 5	Pente 23	298,823	299,031	275,18	665864,291	1368986,524	-2,50	-2,50	0,31
P132	3025,000	Droite 5	Pente 23	299,016	299,108	275,18	665873,792	1368963,400	-2,50	-2,50	0,31
P133	3050,000	Droite 5	Parabole 23	299,185	299,177	275,18	665883,293	1368940,275	-2,50	-2,50	0,24
P134	3062,363	Arc 4	Parabole 23	299,232	299,205	275,18	665887,991	1368928,840	-2,50	-2,50	0,21
P135	3075,000	Arc 4	Pente 24	299,282	299,229	278,40	665892,496	1368917,034	-2,50	-2,50	0,18
P136	3100,000	Arc 4	Pente 24	299,320	299,274	284,77	665899,625	1368893,083	-2,50	-2,50	0,18
P137	3125,000	Arc 4	Pente 24	299,314	299,318	291,13	665904,326	1368868,540	-2,50	-2,50	0,18
P138	3150,000	Arc 4	Pente 24	299,352	299,363	297,50	665906,554	1368843,650	-2,50	-2,50	0,18
P139	3153,871	Arc 4	Parabole 24	299,370	299,370	298,49	665906,676	1368839,781	-2,50	-2,50	0,18
P140	3175,000	Droite 6	Pente 25	299,467	299,407	298,49	665907,179	1368818,658	-2,50	-2,50	0,18
P141	3200,000	Droite 6	Pente 25	299,522	299,452	298,49	665907,774	1368793,665	-2,50	-2,50	0,18

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

P142	3225,000	Droite 6	Pente 25	299,485	299,496	298,49	665908,369	1368768,672	-2,50	-2,50	0,18
P143	3250,000	Droite 6	Pente 25	299,618	299,540	298,49	665908,963	1368743,679	-2,50	-2,50	0,18
P144	3275,000	Droite 6	Pente 25	299,604	299,584	298,49	665909,558	1368718,686	-2,50	-2,50	0,18
P145	3300,000	Droite 6	Parabole 25	299,523	299,629	298,49	665910,153	1368693,693	-2,50	-2,50	0,18
P146	3325,000	Droite 6	Parabole 25	299,673	299,657	298,49	665910,748	1368668,700	-2,50	-2,50	0,05
P147	3350,000	Droite 6	Parabole 25	299,610	299,654	298,49	665911,343	1368643,707	-2,50	-2,50	-0,07
P148	3375,000	Droite 6	Pente 26	299,435	299,636	298,49	665911,937	1368618,714	-2,50	-2,50	-0,07
P149	3400,000	Droite 6	Parabole 26	299,617	299,616	298,49	665912,532	1368593,721	-2,50	-2,50	-0,12
P150	3425,000	Droite 6	Parabole 27	299,556	299,630	298,49	665913,127	1368568,729	-2,50	-2,50	0,44
P151	3446,000	Droite 6	Parabole 27	299,574	299,796	298,49	665913,627	1368547,734	-2,50	-2,50	1,14
P152	3450,000	Droite 6	Pente 28	299,814	299,842	298,49	665913,722	1368543,736	-2,50	-2,50	1,17
P153	3451,316	Droite 6	Pente 28	299,858	299,858	298,49	665913,753	1368542,420	-2,50	-2,50	1,17

Annexe III : Dimensionnement de la structure de chaussée et du giratoire

I Etude du trafic

➤ Trafic de l'année de mise en service

La classe de trafic est déterminée à partir du trafic poids lourds par sens, compté en moyenne journalière annuelle (MJA), pour la voie la plus chargée, à l'année de mise en service. Pour tenir compte du recouvrement des bandes de roulement, on retiendra la règle suivante pour calculer :

- Largeur inférieure à 5m : 100% du trafic total poids lourds des deux sens
- Largeur comprise entre 5 et 6m : 75% du trafic total poids lourds des deux sens
- Largeur \geq 7m : 50% du trafic total poids lourds des deux sens

Le tableau 53 présente les valeurs du trafic actualisé à l'année de mise en service de la route.

Tableau 53 : Calcul du trafic à l'année de mise en service

Rue	PV2	PV3	PV4 - PV5
TMJA ₂₀₂₁ / PL/jour	18	43,5	389
Coefficient de repartition transversal	0,5	0,5	0,5
TMJA ₂₀₂₁ /PL/jour/Sens	9	21,75	194,5
Date de mise en service	2024	2024	2024
Année de comptage	2021	2021	2021
Taux de croissance géométrique (i)	0,05	0,05	0,05
CAM	0,8	0,8	0,8
Durée de service (ans)	20	20	20
Nombre d'années (n)	3	3	3
TMJA₂₀₂₄ /PL/Jour/Sens	9,9225	23,979375	214,43625

➤ Trafic cumulé en poids lourds (Méthode CEBTP)

Les valeurs de Trafic cumulé en poids lourds obtenues sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 54 : Calcul du trafic cumulé en poids lourds

Rue	PV2	PV3	PV4 - PV5
TMJA ₂₀₂₄ /PL/Jour/Sens	9,9225	23,979375	214,43625
Trafic cumulé de poids lourds (N)	1.10⁵	3.10⁵	3.10⁶

➤ **Calcul du trafic en nombre d'essieux équivalent et classe de trafic**

Pour chaque rue, le trafic en nombre d'essieux équivalent est donné dans le tableau ci-dessous.

Tableau 55 : Calcul du nombre d'essieux standard équivalent 13 tonnes

Rue	PV2	PV3	PV4 - PV5
Trafic cumulé de poids lourds (N)	1.10 ⁵	3.10 ⁵	3.10 ⁶
Coefficient d'Agressivité Moyen (CAM)	0,8	0,8	0,8
Nombre d'essieux standard équivalent 13 tonnes (NE)	9,58.10⁴	2,35.10⁵	2,07.10⁶

On a :

9,58.10⁴ < 5.10⁵ donc T1 sur la PV2

2,35.10⁵ < 5.10⁵ donc T1 sur la PV3

1,5.10⁶ < 2,07.10⁶ < 4.10⁶ donc T3 sur la PV4 et la PV5

Cependant, nous convenons donc d'adopter la classe de trafic **T2** pour le dimensionnement de la **PV2** et de la **PV3**. Ce trafic T2 se justifie au regard du trafic dévié après aménagement de tout projet de voirie urbaine. Quant à la **PV4** et la **PV5**, le trafic **T3** sera maintenu.

II Vérification structure de chaussée

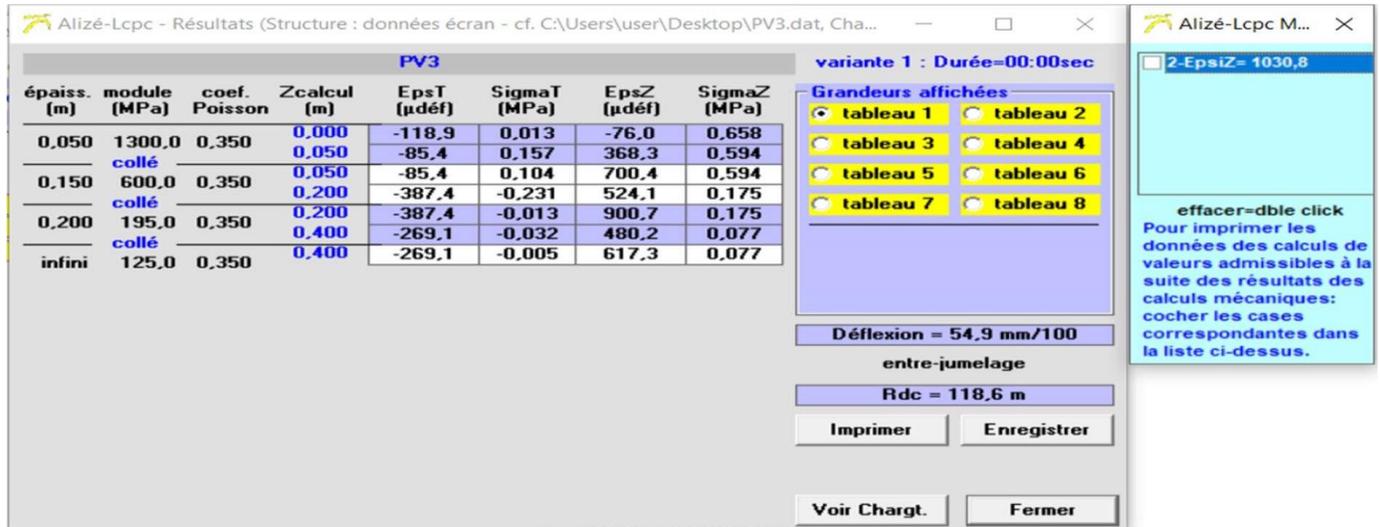


Figure 11 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV3

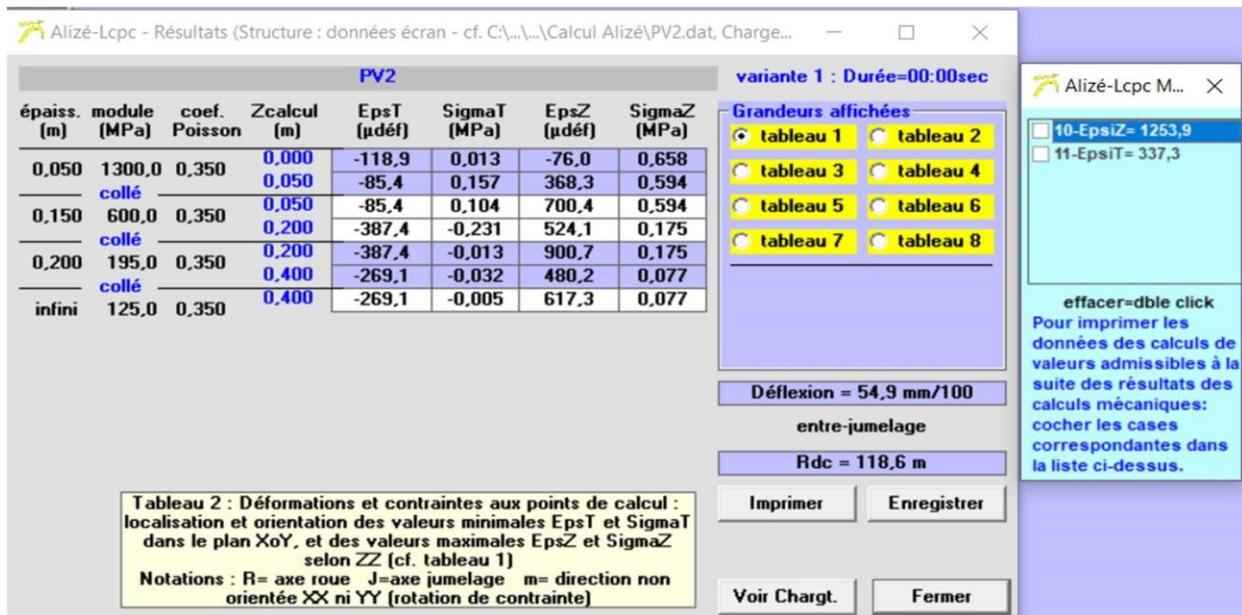


Figure 12 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV2

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

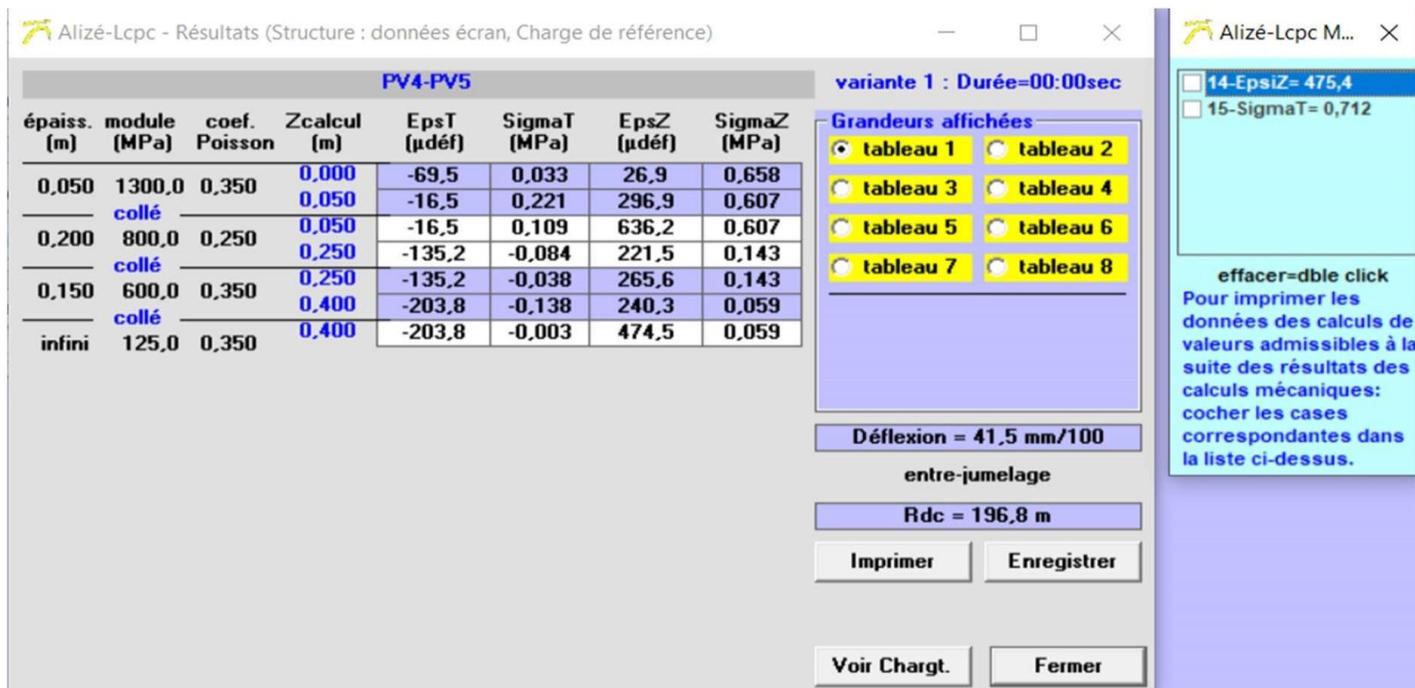


Figure 13 : Vérification des contraintes et déformations sur la PV4-PV5

III Giratoire

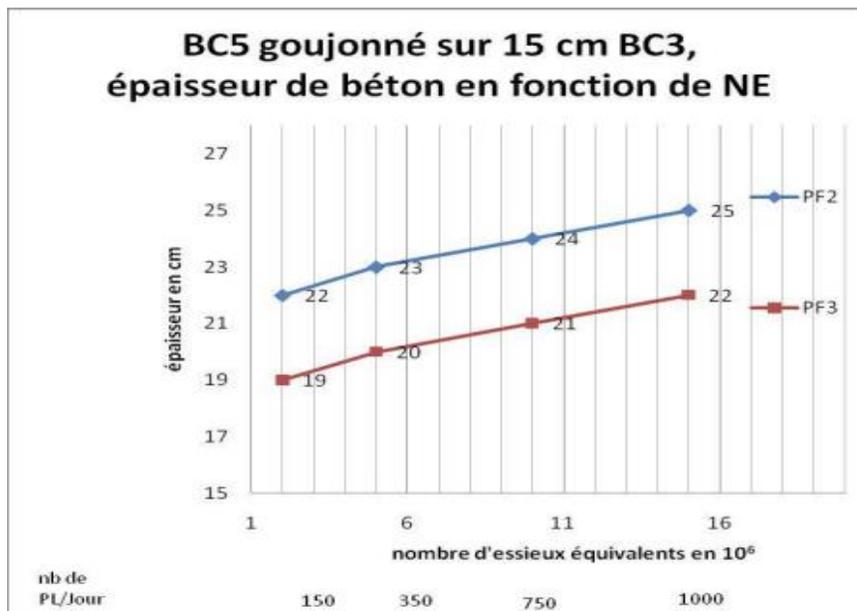


Figure 14 : Abaque de dimensionnement des chaussées en dalles goujonnées sur fondation de 15 cm de BC3

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

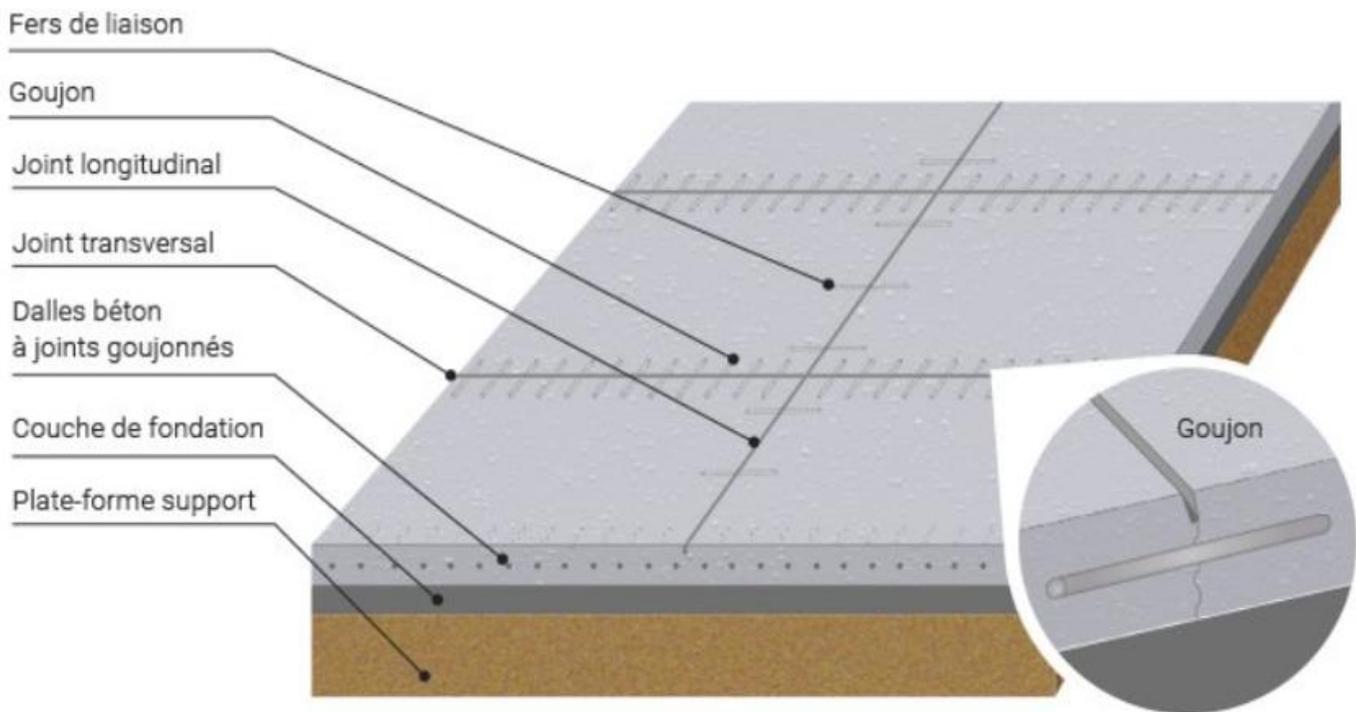


Figure 15 : Mise en œuvre de la structure annulaire du giratoire

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,200	35000,0 glissant	0,250	0,000	14,1	0,809	-2,1	0,657
			0,200	-31,2	-1,318	21,1	0,137
0,150	24000,0 collé	0,250	0,200	15,7	0,570	-8,1	0,137
			0,350	-22,4	-0,663	13,1	0,019
infini	125,0	0,350	0,350	-22,4	0,006	113,6	0,019

variante 1: Durée= 00:00sec

Alizé-Lcpc Mémo

- 11 - SigmaT= 1,553 (bc5)
- 13 - SigmaT= 1,152 (bc3)
- 14 - EpsiZ= 528,2 (gnt et sol)

Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

Fermer

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Figure 16 : Vérification des contraintes et déformations pour le giratoire

Annexe IV : Assainissement de la route

I- Hydrologie

Tableau 56 : Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type de sol [7]

Désignation des zones (D'après les catégories d'urbanisation)	Nature du sol			Facteur correctif en fonction de la pente de la zone	
	Léger (1)	Moyen (2)	Lourd (3)	Terrain plat < 1%	Terrain pentu > 7%
Zone agglomérée, secteur dense, centre-ville - 160 logts/Ha	0,85	0,9	0,9	0,95	1,05
Secteur diffus, centre de quartier - 110 à 150 logts/Ha	0,75	0,8	0,8	0,95	1,05
Banlieue de métropole - 60 à 100 logts/Ha	0,5	0,55	0,6	0,9	1,1
Banlieue éloignée, semi-collectif et pavillons en bande - 40 à 60 logts/Ha	0,4	0,45	0,5	0,9	1,2
Zone pavillonnaire (parcelle de 400m ²) - 20 à 30 logts/Ha	0,3	0,35	0,4	0,9	1,2
Zone pavillonnaire grand standing - 15 à 20 logts/Ha	0,2	0,3	0,35	0,9	1,2
Village rural traditionnel	0,15	0,2	0,25	0,75	1,25
Zone d'habitat de très faible densité - 1 à 5 logts/Ha	0,08	0,1	0,15	0,75	1,25
Zone d'habitat très ancien	0,4	0,5	0,6	0,9	1,2
Emprise autoroute	0,05	0,6	0,65	0,95	1
Emprise route nationale et chemin départemental	0,3	0,4	0,6	0,8	1
Emprise voie urbaine rapide	-	0,8	0,8	1	1
Emprise autres voies urbaines	-	0,9	-	1	1
Emprise échangeurs et carrefours	0,4	0,5	0,6	1	1
Chaussées et parkings	-	0,8	-	0,95	1
Dallage béton	-	0,9	-	0,95	1,05
Zones boisée urbaine parcs et jardins	0,05	0,1	0,15	0,5	1,25



Figure 17 : Découpage des bassins versants

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

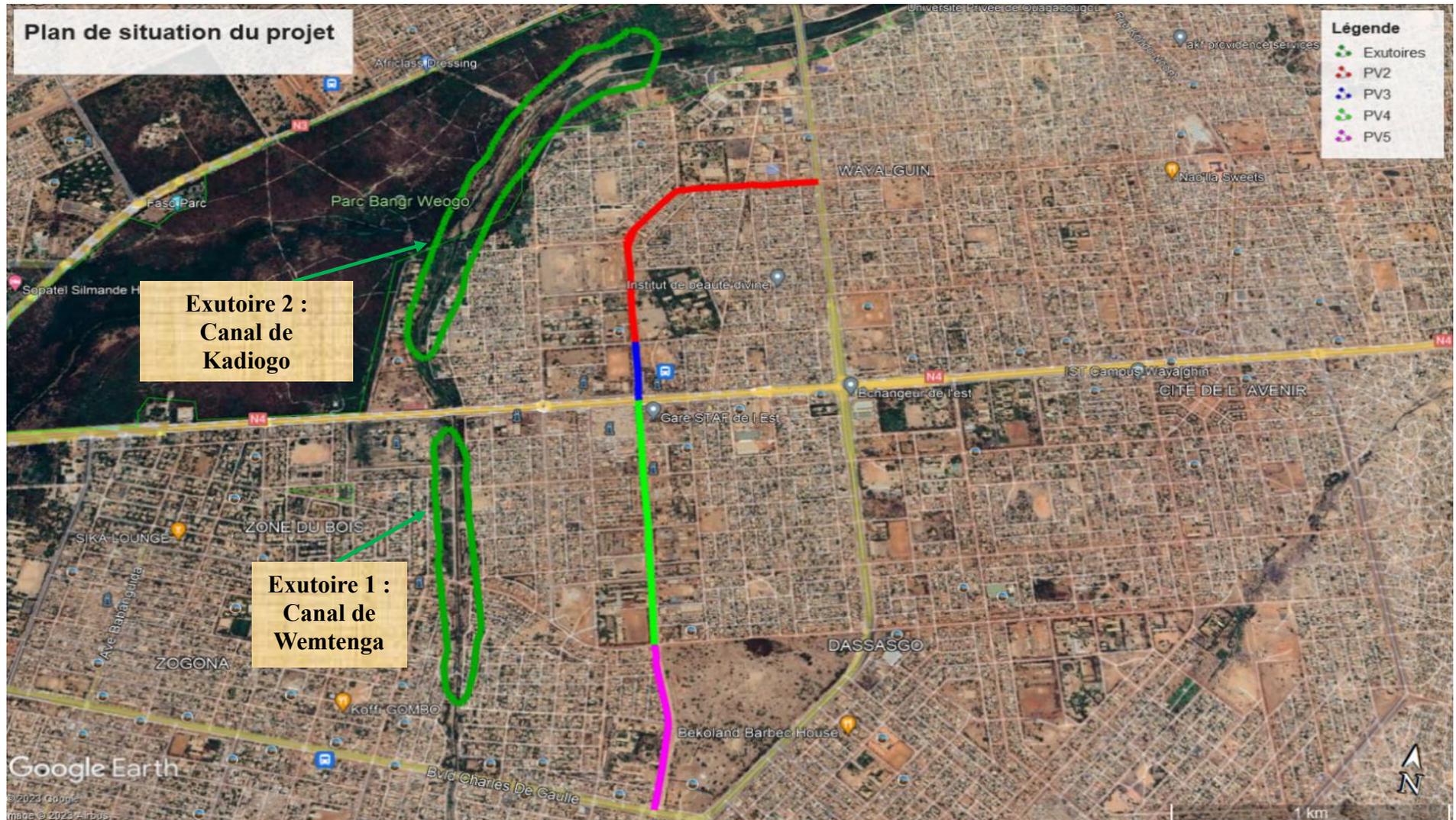


Figure 18 : Plan de situation des exutoires

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

SBV 11	1745,5663	77840,169	0,5	292	295	0,007	648,2494	2,32	7,29	-0,5	0,385754855	1,397	0,8565	0,205	0,7	1,045730986	0,948880267	0,992273497
SBV 12	1749,2813	94696,927	0,5	296	298	0,007	719,3677	2,34	7,29	-0,5	0,387731704	1,394	0,8565	0,205	0,7	1,222792922	0,946861486	1,157815523
SBV 13	706,4192	24205,1296	0,5	294	297	0,011	280,0421	1,80	7,29	-0,5	0,311300689	1,555	0,8565	0,205	0,7	0,516644512	1,037566955	0,536053273
SBV 14	1647,9361	131622,791	0,5	293	299	0,014	257,7865	0,80	7,29	-0,5	0,157524892	2,187	0,8565	0,205	0,7	3,249003314	1,378094511	4,477433635
SBV 15	1113,2128	32621,5394	0,5	295	299	0,011	365,1144	2,02	7,29	-0,5	0,343180071	1,481	0,8565	0,205	0,7	0,625447426	0,996262173	0,623109612
SBV 16	1494,3437	106025,496	0,5	293	299	0,014	395,9436	1,22	7,29	-0,5	0,223920195	1,834	0,8565	0,205	0,7	2,219253043	1,190243007	2,641450416
SBV 17	1103,0827	72750,8944	0,5	297	300	0,008	375,2697	1,39	7,29	-0,5	0,250743705	1,733	0,8565	0,205	0,7	1,337400894	1,135434229	1,518530753
SBV 18	1195,793	86608,9869	0,5	299	301	0,008	265,5148	0,90	7,29	-0,5	0,174265612	2,079	0,8565	0,205	0,7	1,878897313	1,321304638	2,482595734
SBV 19	1435,3084	121424,472	0,5	298	304	0,012	492,5368	1,41	7,29	-0,5	0,254093457	1,722	0,8565	0,205	0,7	2,226338537	1,129173164	2,513921729
SBV 20	844,7312	44474,5618	0,5	296	299	0,009	329,7454	1,56	7,29	-0,5	0,276577497	1,65	0,8565	0,205	0,7	0,873056618	1,08997737	0,951611956
SBV 21	1064,0002	49580,8684	0,5	299	304	0,013	390,7652	1,75	7,29	-0,5	0,304741083	1,572	0,8565	0,205	0,7	0,977894576	1,046814942	1,023674654
SBV 22	1272,5385	52455,8776	0,5	297	303	0,012	486,2329	2,12	7,29	-0,5	0,357593241	1,451	0,8565	0,205	0,7	0,924447484	0,97932977	0,905338942
SBV 23	898,7925	32536,4557	0,5	302	304	0,007	274,1909	1,52	7,29	-0,5	0,270098797	1,67	0,8565	0,205	0,7	0,651176708	1,100795709	0,716812525
SBV 24	1372,3805	76186,6708	0,5	300	302	0,007	360,1381	1,30	7,29	-0,5	0,237573743	1,781	0,8565	0,205	0,7	1,363730423	1,161248454	1,583629845
SBV 25	1683,2661	52528,4341	0,5	300	304	0,008	532,1231	2,32	7,29	-0,5	0,385512181	1,398	0,8565	0,205	0,7	0,786664491	0,949129099	0,74664616
SBV 26	1736,6899	104961,924	0,5	298	305	0,01	714,5189	2,21	7,29	-0,5	0,369225577	1,428	0,8565	0,205	0,7	1,509186403	0,966354021	1,458408349
SBV 27	1514,131	71955,7904	0,5	297	305	0,013	630,6626	2,35	7,29	-0,5	0,389596935	1,39	0,8565	0,205	0,7	1,14458428	0,944970014	1,081597823
SBV 28	1228,3295	53181,1756	0,5	297	304	0,014	461,1391	2,00	7,29	-0,5	0,340058868	1,488	0,8565	0,205	0,7	0,992201621	1,000062068	0,992263206
SBV 29	695,8755	27133,0219	0,5	297	303	0,014	235,4586	1,43	7,29	-0,5	0,256503089	1,714	0,8565	0,205	0,7	0,676746102	1,124741144	0,761164185

BV 30	749,6307	9568,7406	0,8	298,85	299,975	338,5184	0,0065	3,460627773	7,29	-0,5	0,539068193	1,182024255	0,8565	0,205	0,6965	0,270774806	0,825384459	0,22349332
BV 31	676,6827	10089,949	0,8	298,425	299,35	171,8265	0,0065	1,710588935	7,29	-0,5	0,298260646	1,589096479	0,8565	0,205	0,6965	0,399389429	1,05623248	0,42184809
BV 32	582,0831	9034,7144	0,8	295,925	298,45	265,9625	0,00949382	2,798099748	7,29	-0,5	0,450939919	1,292376049	0,8565	0,205	0,6965	0,314024012	0,889115909	0,27920374
BV 33	791,5825	12038,7023	0,8	295,825	296,35	333,7334	0,0065	3,041654179	7,29	-0,5	0,483688612	1,247858412	0,8565	0,205	0,6965	0,347685476	0,863519315	0,30023312
BV 34	882,6424	13808,544	0,8	293,225	295,85	411,6771	0,0065	3,503343854	7,29	-0,5	0,544652027	1,175949523	0,8565	0,205	0,6965	0,362686767	0,821848053	0,29807341
BV 35	1558,2127	30025,0301	0,8	289,65	292,975	455,3807	0,007301583	2,628045588	7,29	-0,5	0,427804386	1,326861601	0,8565	0,205	0,6965	0,807534192	0,908843249	0,733922
BV 36	819,4721	11848,7273	0,8	289,475	290,275	232,7905	0,0065	2,138599205	7,29	-0,5	0,359800943	1,446828628	0,8565	0,205	0,6965	0,407930061	0,976821496	0,39847485
BV 37	1155,2271	14599,3606	0,8	290,175	290,575	228,5413	0,0065	1,891462675	7,29	-0,5	0,324536638	1,523408506	0,8565	0,205	0,6965	0,513409206	1,019720798	0,52353404

Tableau 58 : Feuille de calcul des débits des ouvrages longitudinaux gauches

Tronçons	BV associés	Superficie (m ²)	Pente I (m/m)	Coef de ruissellement	Allongement M (m)	Coefficient de Montana		μ(M)	K(M,T)	U(T)	V(T)	W(T)	Qp (m ³ /s)	m	Qcor (m ³ /s)	Qretenue (m ³ /s)
						a(T)	b(T)									
C1	BV28, BV29	80314,1975	0,014	0,5	1,627180704	7,29	-0,5	0,285995804	1,622812753	0,8565	0,205	0,6965	1,534920317	1,074875029	1,64984752	1,64984752
C2	BV26, BV27, BV28, BV29	257231,912	0,012240987	0,5	2,521259565	7,29	-0,5	0,41315437	1,350181233	0,8565	0,205	0,6965	3,090052015	0,922134675	2,84944411	2,84944411
C3	BV21, BV22	102036,746	0,012581562	0,5	1,522180104	7,29	-0,5	0,270411449	1,668920712	0,8565	0,205	0,6965	1,878151455	1,100265218	2,06646472	1,929013596
C4	BV20	44474,5618	0,009097928	0,5	1,56	7,29	-0,5	0,276577497	1,650212304	0,8565	0,205	0,6965	0,873056618	1,08997737	0,951611956	0,951611956
C5	BV16, BV20	150500,058	0,012701701	0,5	1,020622161	7,29	-0,5	0,19328591	1,974004527	0,8565	0,205	0,6965	3,141214782	1,265487182	3,975167042	3,593062372
C6	BV11	77840,169	0,0065	0,5	2,32	7,29	-0,5	0,385754855	1,397309275	0,8565	0,205	0,6965	1,045730986	0,948880267	0,992273497	0,992273497
C7	BV7, BV9, BV11, BV12	210615,859	0,007537598	0,5	1,567492237	7,29	-0,5	0,277157181	1,648485663	0,8565	0,205	0,6965	2,952355693	1,089026904	3,215194779	3,215194779
C8	BV6, BV8	84135,3912	0,010744394	0,5	2,417214203	7,29	-0,5	0,398784543	1,374292208	0,8565	0,205	0,6965	1,232268271	0,935836975	1,153202212	1,153202212
	BV6, BV7, BV8, BV9, BV11, BV12	294751,251	0,00958091	0,5	1,325022051	7,29	-0,5	0,240669475	1,769040344	0,8565	0,205	0,6965	4,462598893	1,155001136	5,154306792	4,498673188
C9	BV5, BV6, BV7, BV8, BV9, BV11, BV12	365446,254	0,01023121	0,5	0,8	7,29	-0,5	0,157524892	2,186621667	0,8565	0,205	0,6965	6,915060624	1,378094511	9,529607092	6,265177095
C10	BV1	35936,8558	0,010642971	0,5	1,98	7,29	-0,5	0,337617024	1,493606082	0,8565	0,205	0,6965	0,678436498	1,003069499	0,680518958	0,680518958
C11	BV1, BV2	171554,547	0,008834375	0,5	1,771461054	7,29	-0,5	0,307151155	1,565929357	0,8565	0,205	0,6965	2,444398765	1,043384631	2,550448104	2,550448104
C12	BV1, BV2, BV3, BV4	325995,053	0,014	0,5	1,285071287	7,29	-0,5	0,234559197	1,791933998	0,8565	0,205	0,6965	5,384119461	1,167443769	6,285656716	4,401388513
Collecteur	BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV8, BV9, BV11, BV12, BV35, BV36, BV37	747914,425	0,01112369	0,5	0,8	7,29	-0,5	0,157524892	2,186621667	0,8565	0,205	0,6965	12,63035852	1,378094511	17,40582775	12,3224965

Tableau 59 : Feuille de calcul des débits des ouvrages longitudinaux droits

Tronçons	BV associés	Superficie (m ²)	Pente I (m/m)	Coef de ruissellement	Allongement M (m)	Coefficient de Montana		μ(M)	K(M,T)	U(T)	V(T)	W(T)	Qp (m ³ /s)	m	Qcor (m ³ /s)	Qretenue (m ³ /s)
						a(T)	b(T)									
C13	BV30	9568,7406	0,0065	0,8	3,460627773	7,29	-0,5	0,539068193	1,182024255	0,8565	0,205	0,6965	0,270774806	0,825384459	0,223493317	0,223493317
C14	BV30, BV31	19658,6896	0,0065	0,8	1,225498718	7,29	-0,5	0,225390914	1,8280162	0,8565	0,205	0,6965	0,809043741	1,18700076	0,960335536	0,645341404
C15	BV32	9034,7144	0,00949382	0,8	2,798099748	7,29	-0,5	0,450939919	1,292376049	0,8565	0,205	0,6965	0,314024012	0,889115909	0,279203745	0,279203745
C16	BV33	12038,7023	0,0065	0,8	3,041654179	7,29	-0,5	0,483688612	1,247858412	0,8565	0,205	0,6965	0,347685476	0,863519315	0,300233124	0,300233124
C17	BV33, BV34	25847,2463	0,0065	0,8	2,075833576	7,29	-0,5	0,350909663	1,465043697	0,8565	0,205	0,6965	0,780535577	0,987058999	0,770434665	0,598306537
C18	BV35	30025,0301	0,007301583	0,8	2,63	7,29	-0,5	0,427804386	1,326861601	0,8565	0,205	0,6965	0,807534192	0,908843249	0,733921998	0,733921998
C19	BV35, BV36	41873,7574	0,007019517	0,8	2,225377302	7,29	-0,5	0,372025467	1,422859137	0,8565	0,205	0,6965	1,137515455	0,963316989	1,095787963	1,13239685
C20	BV37	14599,3606	0,0065	0,8	1,891462675	7,29	-0,5	0,324536638	1,523408506	0,8565	0,205	0,6965	0,513409206	1,019720798	0,523534045	0,523534045

II- Hydraulique

Tableau 60 : Feuille de calcul du dimensionnement hydraulique

Tronçons	BV associés	Longueur (m)	K	Q (m3/s)	V (m/s)	Sm (m2)	m	b (m)	Yn (m)	Ic	r (m)	H (m)	Section retenue (cm)			Nombre de Foudres	Type d'écoulement
														x			
C1	BV28, BV29	309,4866	75	1,64984752	2,8	0,589231257	0	1	0,589231257	0,007967938	0,377244402	0,966475659	100	x	100	0,90934371	Écoulement Fluvial
C2	BV26, BV27, BV28, BV29	355,2224	75	2,84944411	3,2	0,890451284	0	1,2	0,742042737	0,007926698	0,412656163	1,1546989	120	x	120	0,950782323	Écoulement Fluvial
C3	BV21, BV22	294,2958	75	1,929013596	3,12	0,618273588	0	1	0,618273588	0,009609847	0,386725238	1,004998827	100	x	100	0,993658868	Écoulement Fluvial
C4	BV20	218,1761	75	0,951611956	2,6	0,366004598	0	1	0,366004598	0,009547926	0,34754049	0,713545089	100	x	80	0,982716241	Écoulement Fluvial
C5	BV16, BV20	545,781	75	3,593062372	3,35	1,072555932	0	1,4	0,76611138	0,007626696	0,429745058	1,195856438	140	x	120	0,978071897	Écoulement Fluvial
C6	BV11	235,489	75	0,992273497	2,755	0,360171868	0	0,8	0,450214835	0,010686919	0,349612676	0,799827511	80	x	80	0,983532987	Écoulement Fluvial
C7	BV7, BV9, BV11, BV12	357,0489	75	3,215194779	3,3	0,974301448	0	1,4	0,695929606	0,007879625	0,4213912	1,117320806	140	x	120	0,996759751	Écoulement Fluvial
C8	BV6, BV7, BV8, BV9, BV11, BV12	169,284	75	4,498673188	3,5	1,285335197	0	1,5	0,856890131	0,007390604	0,447620202	1,304510333	150	x	140	0,978384984	Écoulement Fluvial
C9	BV5, BV6, BV7, BV8, BV9, BV11, BV12	300,4304	75	6,265177095	3,5	1,790050599	0	2	0,895025299	0,005920883	0,476525833	1,371551132	200		140	0,954173914	Écoulement Fluvial
C10	BV1	131,535	75	0,680518958	2,5	0,272207583	0	0,8	0,340259479	0,010627779	0,331938437	0,672197916	80	x	80	0,973547003	Écoulement Fluvial
C11	BV1, BV2	155,1491	75	2,550448104	3	0,850149368	0	1,2	0,708457807	0,007164391	0,404941584	1,113399391	120	x	120	0,907739557	Écoulement Fluvial
C12	BV1, BV2, BV3, BV4	288,3751	75	4,401388513	3,4	1,294526033	0	1,5	0,863017355	0,006943519	0,445822234	1,308839589	150	x	140	0,948857953	Écoulement Fluvial

C13	BV30	339,881	75	0,223493317	2	0,111746658	0	0,6	0,186244431	0,012729292	0,29102893	0,477273361	80	x	80	0,713921561	Écoulement Fluvial
C14	BV30, BV31	301,49	75	0,645341404	2	0,322670702	0	0,8	0,403338377	0,006046389	0,329624701	0,732963079	80	x	80	0,713921561	Écoulement Fluvial
C15	BV32	260,8987	75	0,279203745	2	0,139601872	0	0,5	0,279203745	0,010591391	0,298038879	0,577242624	80	x	80	0,713921561	Écoulement Fluvial
C16	BV4	363,1644	75	0,300233124	2	0,150116562	0	0,5	0,300233124	0,010126708	0,300440946	0,60067407	80	x	80	0,713921561	Écoulement Fluvial
C17	BV4, BV5	407,4177	75	0,598306537	2	0,299153269	0	0,7	0,427361812	0,006401524	0,326395761	0,753757573	80	x	80	0,713921561	Écoulement Fluvial
C18	BV35	816,1797	75	0,733921998	2	0,366960999	0	0,8	0,458701249	0,005566818	0,335303146	0,794004395	80	x	80	0,713921561	Écoulement Fluvial
C19	BV35, BV36	409,851	75	1,13239685	2	0,566198425	0	0,9	0,629109361	0,004234218	0,356347453	0,985456814	100	x	100	0,638550857	Écoulement Fluvial
C20	BV37	525,2901	75	0,523534045	2	0,261767022	0	0,7	0,373952889	0,006956188	0,320894414	0,694847303	80	x	80	0,713921561	Écoulement Fluvial
Collecteur	BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6, BV7, BV8, BV9, BV11, BV12, BV35, BV36, BV37	936.4629	75	12,3224965	3,75	3,285999067	0	2,5	1,314399627	0,004526241	0,546463504	1,860863131	250	x	220	0,877686763	Écoulement Fluvial

III- Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques

Dimensionnement structural de caniveau 100 x 100 cm²

Note de calcul d'un caniveau 100 x 100 cm²

Description de l'ouvrage :

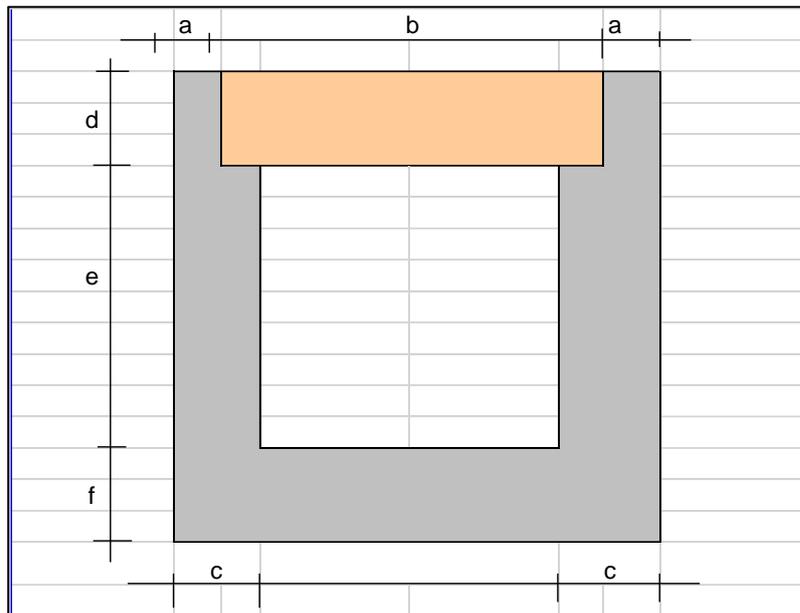


Figure 19 : Caniveau 100x100

Epaisseur de la lèvre de feuillure	a	0,075	m
Portée de la dalle	b	1,13	m
Epaisseur du voile	c	0,15	m
Epaisseur de la dalle	d	0,2	m
Hauteur libre du caniveau	e	1	m
Ouverture du caniveau	i	1	m
Epaisseur du radier	f	0,15	m
Redan de la feuillure	g	0,075	m
Largeur d'une dalle	h	1	m

Les hypothèses de calcul :

Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II fascicule 61 (Conception, Calcul et Epreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communs applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français.

Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL91 modifié 99.

Caractéristiques des matériaux :

De manière générale, on mènera les calculs par bande de 1,00m mètre de largeur de caniveau.

❖ Béton :

- Poids volumique : $\rho_b = 25 \text{ kN/m}^3$
- Résistance caractéristique à 28j :
 - En compression : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$;
 - En traction : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times 25 = 2,10 \text{ MPa}$;
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\vartheta \times \gamma_b} = 14,17 \text{ MPa}$;
avec $\gamma_b = 1,5$ et $\vartheta = 1$;
- Contrainte limite du béton à L'ELS : $\sigma_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$;

❖ Acier :

- Fissuration préjudiciable ;
- Nuance : acier à Haute Adhérence FeE500 ;
- Limite d'élasticité garantie $f_e = 500 \text{ MPa}$
- Coefficient de sécurité : $\gamma_s = 1,15$
- Contrainte de l'acier à l'ELU : $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$;
- Coefficient d'adhérence : $\eta = 1,6$
- Contrainte de calcul des aciers à L'ELS :
$$\sigma_{st} = \min \left(\frac{2}{3} f_e; \max \left(\frac{f_e}{2}, 110 \sqrt{\eta \times f_{t28}} \right) \right)$$

$$\sigma_s = \min \left(\frac{2}{3} \times 500; \max \left(\frac{500}{2}, 110 \sqrt{1,6 \times 2,1} \right) \right)$$

$$\sigma_s = 250 \text{ MPa}$$
 ;
- Enrobage = 2,5 cm.

❖ Sol :

- $\rho_s = 20 \text{ kN/m}^3$;

- Angle de frottement interne : 30° ;
- Coefficient de poussée : 0,33 ;

Principe de calcul des efforts et sollicitations :

Dallettes : La dalle sera étudiée sous une roue isolée 10T (Br) en stationnement.

Piédroits : Efforts à lui transmettre par la dalle chargée ; Poussées dues à la roue de 10T concentrée stationnée sur la chaussée à fleur de la paroi du piedroit.

Radier : Le radier est à étudier sous les efforts qui lui sont transmis par les voiles dans les différents cas de chargement.

Calculs des sections d'armatures :

Le calcul se fera à l'Etat Limite de Service car la fissuration est préjudiciable. Les sollicitations retenues pour le dimensionnement des ferrillages résultent des combinaisons G+1,2Q.

➤ **Détermination des armatures de la dalle :**

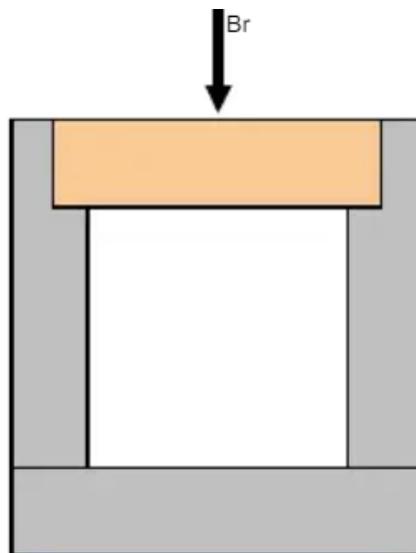


Figure 20 : Dalle soumise à la charge de la roue Br

✓ **Calcul des sollicitations :**

- Poids propre de la dalle au ml :

$$P_p = d \times b \times \rho_b = 0,2 \times 1,13 \times 25$$

$$P_p = 5,65 \text{ kN/ml}$$

- Moment dû au poids propre :

$$M_{pd} = \frac{P_p \times (b-2g)^2}{8} = \frac{5,65 \times (1,13 - (2 \times 0,075))^2}{8} = 0,678 \text{ kN.m}$$

- Moment dû à la surcharge Br :

$$M_{Br} = \frac{Br \times (b-2g)}{4} = \frac{100 \times (1,13 - (2 \times 0,075))}{4} = 24,5 \text{ kN.m}$$

✓ **Combinaison d'actions**

$$M_{ser} = M_{pd} + 1,2M_{Br} = 30,08 \text{ kN.m}$$

✓ **Calcul des aciers de flexion a l'ELS :**

- Hauteur utile

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

$$d = 0,9 \times 0,2 = 0,18 \text{ m}$$

- Paramètre de déformation

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

$$\alpha_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

- Bras de levier

$$Z = d \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right)$$

$$Z = 0,18 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right) = 0,152 \text{ m}$$

- Moment résistant

$$M_{serb} = 0,5 \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{ser} \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \sigma_{bc}$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right) \times 15$$

$$M_{serb} = 0,096 \text{ MN.m}$$

$M_{serb} > M_{ser}$ donc pas d'aciers comprimés.

- Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \cdot \sigma_{st}} = \frac{30,08}{0,152 \times 250} \times 10$$

$$A_{st} = 7,90 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_o \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{stmin} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$ donc $A_{st} = 7,90 \text{ cm}^2/\text{ml}$ de dalle.

La dalle aura une longueur de 0,5 m donc $\frac{A_{st}}{\text{dalle}} = 3,95 \text{ cm}^2$ soit **4HA12 avec un espacement de 20 cm**

- **Ferraillage retenu pour la dalle :**

Aciers principaux : 4 HA12 ; esp 12 cm

Aciers de répartition : HA8 ; esp 20 cm.

➤ **Calcul des armatures du piédroit :**

- **1er cas : Piédroit soumis à la charge de la roue Br et la poussée des terres**

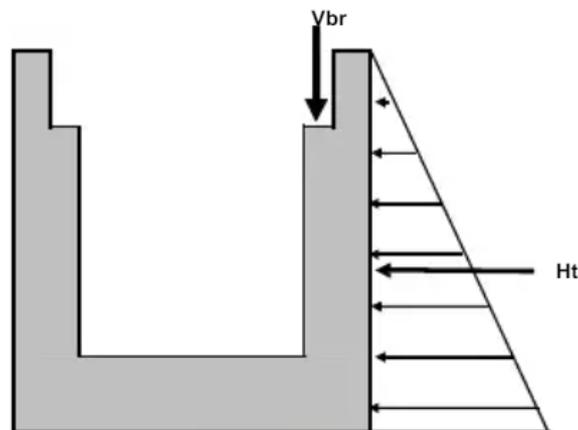


Figure 21 : Piédroit du caniveau soumis à la dalle chargée et la poussée latérale des terres

✓ **Calcul des efforts :**

- Effort dû à l'action de Br de la dalle :

$$V_{Br} = \frac{T_{Br}}{h} \text{ avec } T_{Br} = \frac{100}{2} = 50 \text{ kN/ml}$$

$$V_{Br} = \frac{50}{2} = 25 \text{ kN/ml}$$

- Effort dû au poids propre de la dalle :

$$V_{Pd} = \frac{T_{Pd}}{h} \text{ avec } T_{Pd} = \frac{Pp \times (b - 2g)}{2} = 2,77 \text{ kN/ml}$$

$$V_{Pd} = \frac{T_{Pd}}{h} = \frac{2,77}{1} = 2,77 \text{ kN/ml}$$

- Effort dû au poids propre du pied droit :

$$V_{Pp} = c \times \rho_{\text{béton}} \times (e + c) = 0,15 \times 25 \times (1 + 0,2) = 4,5 \text{ kN/ml}$$

- Résultante des Poussées latérales des terres :

$$H_t = Ka \times \rho_{\text{sol}} \times \frac{(c + e)^2}{2} = 0,33 \times 20 \times \frac{(0,2 + 1)^2}{2} = 4,752 \text{ kN/ml}$$

✓ **Calcul de l'effort vertical transmis au piédroit**

$$V_{ser} = (V_{Pp} + V_{Pd}) + 1,2V_{Br}$$

$$V_{ser} = (4,5 + 2,77) + 1,2 \times 25$$

$$V_{ser} = 67,27 \text{ kN/ml}$$

✓ **Calcul de la poussée transmise au piédroit**

$$H_{tser} = 1 \times H_t = 4,752 \text{ kN/ml}$$

✓ **Moment dû à la poussée des terres**

$$M_{ser} = H_{tser} \times \frac{(d + e)}{3} \times 3 = 4,752 \times \frac{(0,2 + 1)}{3} \times 3$$

$$M_{ser} = 5,7024 \text{ kN.m}$$

✓ **Le piédroit est alors calculé en flexion composée**

- Calcul de l'excentricité du centre de pression : e

$$e = \frac{M_{ser} + \left(\frac{c}{2} - \frac{g}{3}\right) \times N_{ser}}{N_{ser}} = \frac{5,7024 + \left(\frac{0,15}{2} - \frac{0,075}{3}\right) \times 67,27}{67,27}$$

$$e = 0,073 \text{ m}$$

$$\frac{h}{4} = \frac{c}{4} = \frac{0,15}{4} = 0,0375$$

$\frac{h}{4} < e$ donc La section est partiellement comprimée.

✓ **Calcul des aciers**

- Hauteur utile des aciers :

$$d = 0,9h = 0,9 \times 0,15 = 0,135 \text{ m}$$

- Moment fictif :

$$M_{\text{serfictif}} = N_{\text{ser}} \times e_A \text{ avec } e_A = e + \left(d - \frac{1}{2}h\right)$$

$$M_{\text{serfictif}} = 67,27 \times \left(0,073 + \left(0,135 - \frac{1}{2} \times 0,15\right)\right) = 8,94 \text{ kN.m}$$

- Calcul du moment résistant

$$M_{\text{serb}} = 0,5 \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{\text{ser}} \left(1 - \frac{\alpha_{\text{ser}}}{3}\right) \sigma_{bc}$$

$$M_{\text{serb}} = 0,5 \times 1 \times 0,135^2 \times 15 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right)$$

$$M_{\text{serb}} = 0,054 \text{ MN.m}$$

$M_{\text{serfictif}} < M_{\text{serb}}$ donc pas d'aciés comprimés

- Bras du levier :

$$Z_{\text{ser}} = d \left(1 - \frac{1}{3} \alpha_{\text{ser}}\right) = 0,135 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times 0,47\right) = 0,114 \text{ m}$$

- Section des armatures tendues :

$$A_{\text{st}} = \frac{M_{\text{serfictif}}}{Z_{\text{ser}} \cdot \sigma_{\text{st}}} - \frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_{\text{st}}} = \frac{8,94}{0,114 \times 250} - \frac{67,27}{250} \times 10$$

$$A_{\text{st}} = 0,44 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{\text{stmin}} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{stmin} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{st} < A_{stmin}$ donc $A_{st} = 1,74 \text{ cm}^2$ soit 4 HA 8 espacés de 20 cm

- **2eme cas : Pied droit soumis à son poids propre, aux poussées de terre et de la roue Br**

Le piédroit est simultanément soumis à :

* Poussées des terres ; résultante H_t

* Poussées dues à la présence de la roue Bt adjacente à la paroi du piédroit (Surface d'impact de la roue : $60 \times 30 \text{ cm}^2$) ; résultante H_{Bt}

La répartition des poussées de la roue le long du piédroit est comme suit :

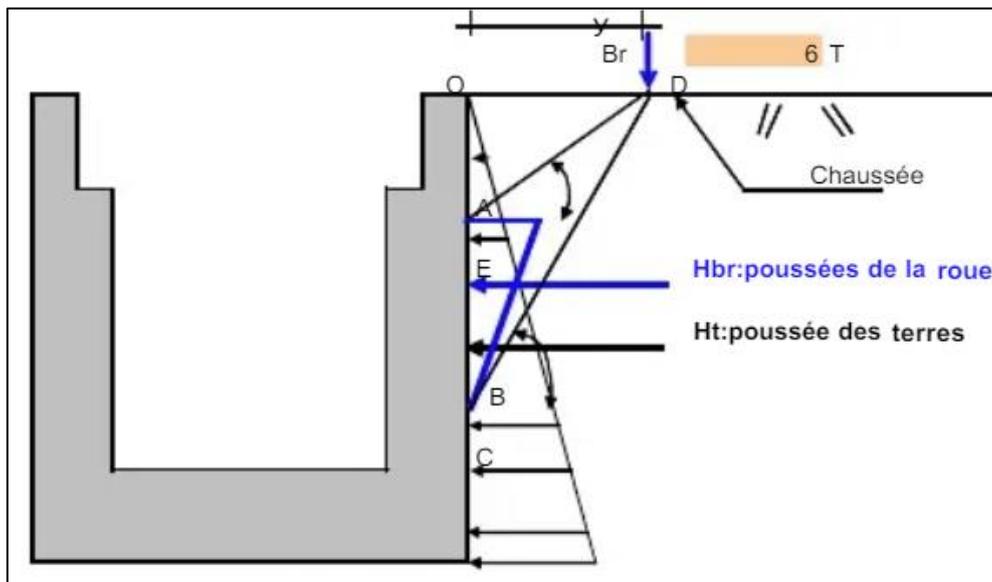


Figure 22 : Piédroit du caniveau soumis à son poids propre, à l'effort de la dalle, aux poussées de terre et de la roue Br

OD : distance de l'axe de la surface d'impact de la roue au piédroit ;

OA : Zone du piédroit soumise à aucune poussée de roue ;

AB : Zone soumise à la poussée de la roue Br

✓ **Calcul des distances définies précédemment**

$$OD = 0,3\text{m}$$

$$OA = OD \times \tan\left(\frac{\emptyset}{180} + \frac{22}{7}\right) = 0,3 \times \tan\left(\frac{30}{180} + \frac{22}{7}\right)$$

$$OA = 0,173 \text{ m}$$

$$OB = OD \times \tan \left(\frac{22}{7} \times \left(\frac{1}{4} + \left(0,5 \times \frac{\emptyset}{180} \right) \right) \right) = 0,3 \times \tan \left(\frac{22}{7} \times \left(\frac{1}{4} + \left(0,5 \times \frac{30}{180} \right) \right) \right)$$

$$OB = 0,520 \text{ m}$$

$$AB = OB - OA = 0,520 - 0,173 = 0,347 \text{ m}$$

$$AE = \frac{AB}{3} = \frac{0,347}{3} = 0,116 \text{ m}$$

- Point d'application de la résultante H_{br} /encastrement

$$EC = -OA - AE + e = -0,173 - 0,116 + 1 = 0,711 \text{ m}$$

- Angle de diffusion longitudinale des charges

$$\theta = 27^\circ$$

- Longueur de la paroi influencée

$$LPi = 0,3 + 2 \times (AB + OA) \times \tan \left(\frac{\emptyset}{180} + \frac{22}{7} \right)$$

$$LPi = 0,3 + 2 \times (0,347 + 0,173) \times \tan \left(\frac{30}{180} + \frac{22}{7} \right)$$

$$LPi = 0,83 \text{ m}$$

✓ Calcul des sollicitations

- Résultante H_{br} des poussées latérales dues à la charge de la roue Br :

$$R_{Hbr} = \frac{1}{3} Br \times \tan \left(\frac{22}{7} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{0,5 \times \emptyset}{180} \right) \right)$$

$$R_{Hbr} = \frac{1}{3} \times 100 \times \tan \left(\frac{22}{7} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{0,5 \times 30}{180} \right) \right)$$

$$R_{Hbr} = 19,25 \text{ kN/ml}$$

- Résultante H_t des poussées de terres latérales :

$$R_{Ht} = Ka \times \rho_{sol} \times \frac{(e+c)^2}{2}$$

$$R_{Ht} = 0,33 \times 20 \times \frac{(1 + 0,12)^2}{2}$$

$$R_{Ht} = 4,752 \text{ kN/ml}$$

- Moment d'encastrement dû à la poussée de terre latérale (H_t) :

$$M_{Ht} = R_{Ht} \times \left(\frac{e+d}{3} \right) = 4,752 \times \left(\frac{1+0,2}{3} \right)$$

$$M_{Ht} = 1,9 \text{ kN.m/ml}$$

- Moment d'encastrement dû à la poussée latérale résultant de la roue Br :

$$M_{Hbr} = R_{Hbr} \times EC = 19,25 \times 0,711$$

$$M_{Hbr} = 13,68 \text{ kN.m/ml}$$

- Moment dû à toutes les poussées (de terre et de la roue) :

$$M_{ser} = 1,9 + 1,2 \times 13,68 = 18,316 \text{ kN.m/ml}$$

✓ **Calcul des armatures : le piédroit est calculé en flexion simple**

- Hauteur utile

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

$$d = 0,9 \times 0,135 = 0,18 \text{ m}$$

- Paramètre de déformation

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

$$\alpha_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

- Bras de levier

$$Z_{ser} = d \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right)$$

$$Z_{ser} = 0,135 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right) = 0,114 \text{ m}$$

- Moment résistant

$$M_{serb} = 0,5 \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{ser} \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \sigma_{bc}$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,135^2 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right) \times 15$$

$$M_{serb} = 0,054 \text{ MN.m}$$

$$M_{serb} > M_{ser} \text{ donc pas d'aciers comprimés.}$$

- Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \cdot \sigma_{st}} = \frac{18,316}{0,114 \times 250} \times 10$$

$$A_{st} = 6,43 \text{ cm}^2 \text{ Soit 6HA12 (6,79 cm}^2\text{) espacés de 20 cm}$$

- Condition de non fragilité

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_o \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{stmin} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{stmin} \text{ donc } A_{st} = 6,43 \text{ cm}^2$$

- **Ferraillage retenu pour le piédroit :**

Face extérieure du piédroit (côté terre) : 6HA12, esp = 15 cm

Face intérieure du piédroit : (coté eau) : 6HA10, esp = 15 cm

Acier de répartition longitudinale : HA8, esp = 20 cm

V.3. Calcul des armatures du radier

Schéma du chargement défavorable au radier :

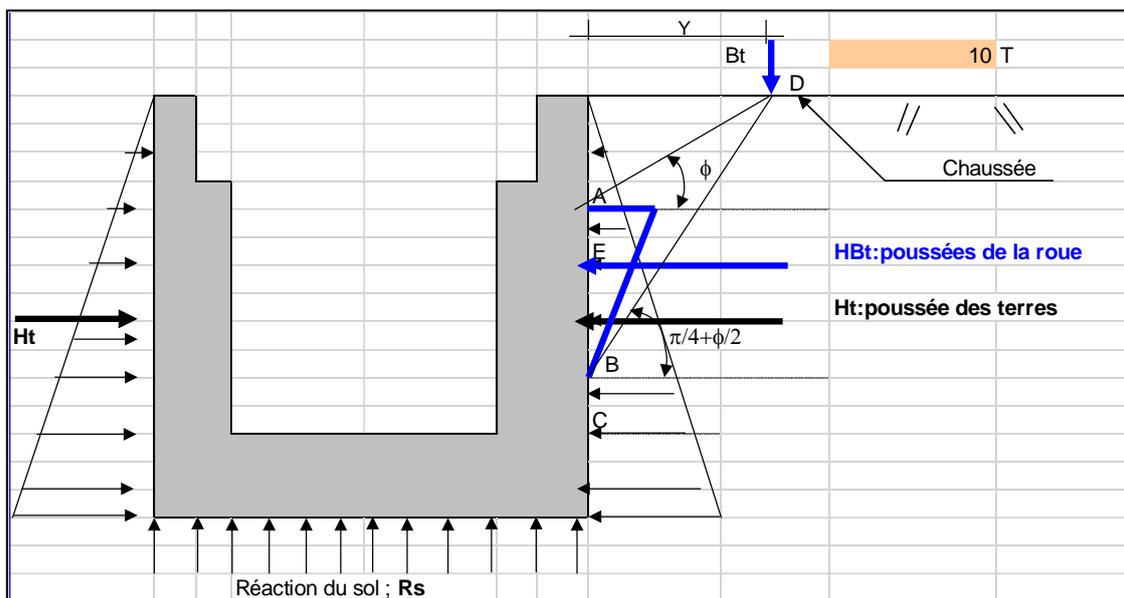


Figure 23 : Réaction du sol sous le radier du caniveau

- ✓ **Détermination des charges :**

- Poids propre de la dalle au ml :

$$P_{pd} = d \times b \times \rho_b = 0,2 \times 1,13 \times 25$$

$$P_{pd} = 5,65 \text{ kN/ml}$$

- Poids propre des piédroits :

$$P_{pp} = c \times \rho_{\text{béton}} \times (e + d) = 0,15 \times 25 \times (1 + 0,2) \times 2 = 9 \text{ kN/ml}$$

- Poids propre du radier :

$$P_{pr} = (b + 2c) \times f \times \rho_b = 1,3 \times 0,15 \times 25$$

$$P_{pr} = 4,9 \text{ kN/ml}$$

- Réaction du sol :

$$R_S = P_{pd} + P_{pp} + P_{pr} = 19,55 \text{ kN/ml}$$

✓ Calcul des sollicitations

- Moment dû aux poids propres :

$$M_{pp} = \frac{(P_{pd} + P_{pp} + P_{pr})}{8} \times (b + 2c)^2 = \frac{5,65 + 9 + 4,9}{8} \times 1,3^2$$

$$M_{pp} = M_{ser} = 4,13 \text{ kN/ml}$$

✓ Calcul des aciers de flexion à l'ELS :

- Hauteur utile

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

$$d = 0,9 \times 0,15 = 0,135 \text{ m}$$

- Paramètre de déformation

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

$$\alpha_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

- Bras de levier

$$Z = d \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right)$$

$$Z = 0,135 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right) = 0,114 \text{ m}$$

- Moment résistant

$$M_{serb} = 0,5 \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{ser} \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \sigma_{bc}$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,135^2 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right) \times 15$$

$$M_{serb} = 0,054 \text{ MN.m}$$

$M_{serb} > M_{ser}$ donc pas d'aciers comprimés.

- Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \cdot \sigma_{st}} = \frac{4,13}{0,114 \times 250} \times 10$$

$$A_{st} = 1,34 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_o \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{stmin} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{st} < A_{stmin}$ donc $A_{st} = 1,74 \text{ cm}^2$ soit 6HA8 (3,02 cm²) pour la nappe supérieure.

Nous avons dans notre cas de chargement pour le radier (figure 21), les moments d'encastrement suivants :

- Moment d'encastrement gauche :

M_{serg} = Moment du à Ht (calculé au niveau du piedroit 1er cas)

$$M_{serg} = 1,568 \text{ kN.ml}$$

- Moment d'encastrement droit :

M_{serd} = Moment du à Ht (calculé au niveau du piedroit 2e cas)

$$M_{serd} = 18,316 \text{ kN.m/ml}$$

- Moment d'encastrement maximal sollicitant le radier :

$$M_{max} = \max\{M_{serg}; M_{serd}\}$$

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

$$M_{max} = \max \{1,568 ; 18,316\}$$

$$M_{max} = 18,316 \text{ kN.m/ml}$$

On constate que le moment maximal en travée (4,13 kN/ml) est inférieur aux moments d'encastrement maximal. De ce fait, nous adopterons le même ferrailage que précédemment (au 2e cas de calcul des piédroits) en nappe inférieure.

- Ferrailage retenu pour le radier :

Nappe inférieure : 6 HA12, esp = 15 cm

Nappe supérieure : 6 HA8, esp = 15 cm

Acier de répartition : HA8 esp = 20 cm

Tableau 61 : Récapitulatif des sollicitations des caniveaux

Partie de l'ouvrage	Dalette		Piédroits		Radier	
Désignation	Mser (KN.m/ml)	épaisseur (m)	Mser (KN.m/ml)	épaisseur (m)	Mser (KN.m/ml)	épaisseur (m)
80 x 80	23,7	0,15	12,7	0,15	14,7	0,15
100 x 80	30	0,15	14,8	0,15	14,8	0,15
100 x 100	30,08	0,2	18,32	0,15	18,32	0,15
120 x 120	36,3	0,2	23,8	0,15	23,8	0,15
140 x 120	42,6	0,2	25,8	0,15	25,8	0,15
150 x 140	45,8	0,2	29,8	0,15	29,8	0,15
200 x 140	62,5	0,2	30,2	0,15	30,2	0,15
250 x 220	79,2	0,2	50	0,15	50	0,15

Dimensionnement structural des dalots

Note de calcul d'un dalot 100 x 100 cm²

Prédimensionnement :

Les épaisseurs du dalot sont fonctions des dimensions de la cellule hydraulique. Les épaisseurs du dalot sont calculées à l'aide de la formule suivante :

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

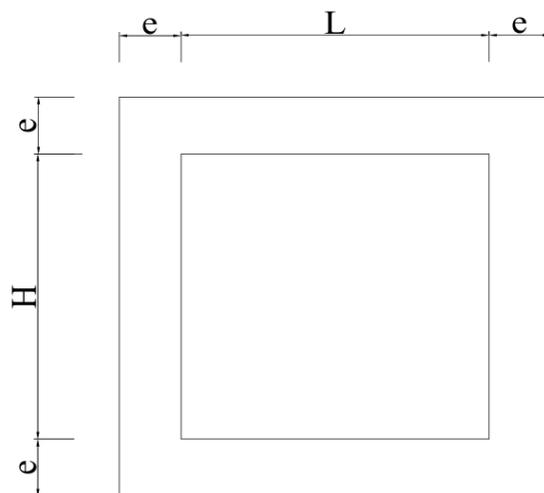
Avec l : plus grande dimension de l'ouverture hydraulique

Pour notre dalot, $l = 1 \text{ m}$.

$$e = \frac{1}{32} + 0,125 = 0,156 \text{ m}$$

Nous prendrons comme épaisseur du dalot $e = 20 \text{ cm}$

Description de l'ouvrage :



- Epaisseur des éléments : $e = 20 \text{ cm}$.
- Largeur de l'ouverture hydraulique : $L = 1,00 \text{ m}$
- Hauteur de l'ouverture hydraulique : $H = 1,00 \text{ m}$
- Guide roue en béton : $0.20 * 0.50 \text{ m}$

Les hypothèses de calcul :

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91.

Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) Français en la matière.

Caractéristiques des matériaux :

❖ Béton :

- Poids volumique : $\rho_b = 25 \text{ kN/m}^3$
- Résistance caractéristique à 28j :
 - En compression : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$;
 - En traction : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times 25 = 2,10 \text{ MPa}$;
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\gamma_b} = 14,17 \text{ MPa}$;
avec $\gamma_b = 1,5$ et $\vartheta = 1$;
- Contrainte limite du béton à L'ELS : $\sigma_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$;

❖ Acier :

- Fissuration préjudiciable ;
- Nuance : acier à Haute Adhérence FeE500 ;
- Limite d'élasticité garantie Fe = 500Mpa
- Coefficient de sécurité : $\gamma_s = 1,15$
- Contrainte de l'acier à l'ELU : $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$;
- Coefficient d'adhérence : $\eta = 1,6$
- Contrainte de calcul des aciers à L'ELS :
$$\sigma_{st} = \min \left(\frac{2}{3} f_e ; \max \left(\frac{f_e}{2} , 110\sqrt{\eta \times f_{t28}} \right) \right)$$

$$\sigma_{st} = \min \left(\frac{2}{3} \times 500 ; \max \left(\frac{500}{2} , 110\sqrt{1,6 \times 2,1} \right) \right)$$

$$\sigma_{st} = 250 \text{ MPa}$$
 ;
- Enrobage = 3 cm.

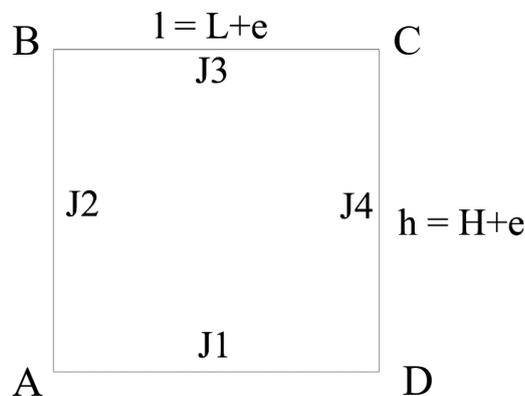
❖ Sol

- $\rho_s = 20 \text{ kN/m}^3$;
- Angle de frottement interne : 30° ;
- Coefficient de poussée ka : 0,33 ;

Principe de calcul des efforts et sollicitations :

De manière générale, on mènera les calculs par bande de 1,00m mètre de largeur de dalot. Les valeurs des efforts et sollicitations M et N (moments et efforts normaux) seront déterminés sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage « formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL.

Schéma statique de calcul du cadre simple



- $J_i = \frac{b_i \times e^3}{12}$ avec $b_i = 1$: inertie de l'élément ;
- $J_1 = J_2 = J_3 = J_4 = \frac{1 \times 0,2^3}{12} = 0,000667 \text{ m}^4$
- e : Epaisseur des éléments = 0,2 m
- h : hauteur entre fibres moyennes = 1,2 m
- l : longueur entre fibres moyennes = 1,2 m

Définition des constantes :

Nous pouvons donc définir les constantes suivantes :

$$k_1 = \frac{J_3}{J_1} = 1 ; \quad k_2 = \frac{J_3}{J_1} \times \frac{h}{l} = 1 ;$$

$$K_1 = 2k_2 + 3 = 5 ; \quad K_2 = 3k_1 + 2k_2 = 5 ;$$

$$K_3 = 3k_2 + 1 - \frac{k_1}{5} = 3,8 ; \quad K_4 = \frac{6k_1}{5} + 3k_2 = 4,2 ;$$

$$F_1 = K1 \times K2 - k2 = 24 ; \quad F_2 = 1 + k1 + 6k2 = 8$$

Conventions :

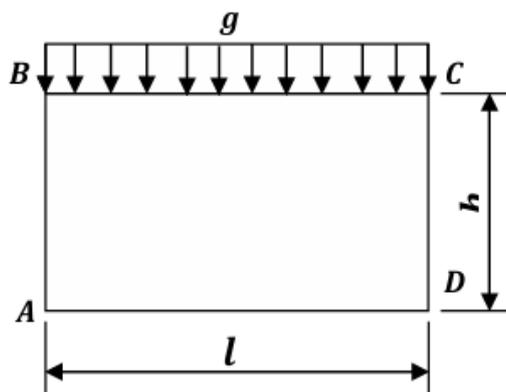
- Les moments fléchissant sont positifs quand ils provoquent de la traction dans la partie interne du cadre.
- N_1 = effort normal dans le radier
- N_2 = effort normal dans le piédroit de gauche
- N_3 = effort normal dans le piédroit de droite
- N_4 = effort dans le tablier
- Si $N > 0$, c'est un effort normal de compression
- Si $N < 0$, c'est un effort normal de traction

Détermination des charges, efforts et sollicitations :

➤ Sous actions permanentes au niveau du tablier (1) :

✓ Charges permanentes :

Les charges permanentes sont constituées du poids propre P_p du tablier, de la charge uniforme sur le tablier due à la couche de roulement, et du poids des guides roues. La couche de roulement est d'épaisseur 5 cm et est constituée de béton bitumineux.



- Poids du tablier : $P_p = e \times b \times \rho_b = 0,2 \times 1 \times 25 = 5 \text{ kN/ml}$
- Poids du revêtement : $P_r = e_r \times b \times \rho_{re} = 0,05 \times 1 \times 24 = 1,2 \text{ kN/ml}$
- Poids des guides roues : $P_{gr} = \frac{2(e \times h \times \rho_b \times l)}{L_{dalot}} = \frac{2(0,2 \times 0,5 \times 25 \times 1,20)}{15} = 0,4 \text{ kN/ml}$
- Charge permanente du tablier : $g = P_p + P_r + P_{gr} = 6,6 \text{ kN/ml}$

✓ **Détermination des moments aux appuis :**

Les moments aux appuis sont calculés comme suit :

$$\begin{aligned} - M_A = M_D &= -\frac{g \times l^2 \times k1 \times (K1 - k2)}{4 \times F1} = \frac{6,6 \times 1,2^2 \times (1 \times 5 - 1)}{4 \times 24} = -0,396 \text{ KN/ml} \\ - M_B = M_C &= -\frac{g \times l^2 \times K2 - k1 \times k2}{4 \times F1} = \frac{6,6 \times 1,2^2 \times (5 - 1 \times 1)}{4 \times 24} = -0,396 \text{ KN.m/ml} \end{aligned}$$

✓ **Détermination des efforts normaux :**

Les efforts normaux sont calculés comme suit :

$$\begin{aligned} - N_1 &= \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l} = \frac{-0,396 + 0,396}{1,2} + \frac{-0,396 + 0,396}{1,2} = 0 \text{ kN} \\ - N_4 &= \frac{M_C - M_B}{l} + \frac{M_A - M_B}{h} = 0 \text{ kN} \\ - N_2 &= \frac{g \times l}{2} + \frac{M_C - M_B}{l} + \frac{M_A - M_B}{h} = \frac{6,6 \times 1,2}{2} + \frac{-0,396 + 0,396}{1,2} + \frac{-0,396 + 0,396}{1,2} = 3,96 \text{ kN} \\ - N_3 &= \frac{G \times l}{2} + \frac{M_B - M_C}{l} + \frac{M_D - M_C}{h} = 3,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

✓ **Détermination des moments à mi-portée :**

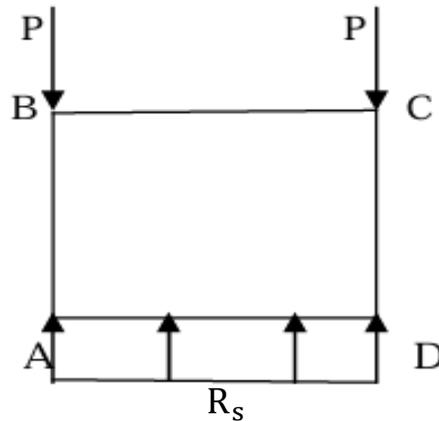
Les moments à mi-portée sont calculés comme suit :

$$\begin{aligned} - M_{B-C}(\text{tablier}) &= \frac{g \times l^2}{8} + \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{6,6 \times 1,2^2}{8} + \frac{-0,396 - 0,396}{2} = 0,792 \text{ KN.m/ml} \\ - M_{A-D}(\text{radier}) &= \frac{g \times l^2}{8} + \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{6,6 \times 1,2^2}{8} + \frac{-0,396 - 0,396}{2} = 0,792 \text{ KN.m/ml} \\ - M_{A-B}(\text{piédroit gauche}) &= \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-0,396 - 0,396}{1,2} = -0,396 \text{ KN.m/ml} \\ - M_{C-D}(\text{piédroit droit}) &= \frac{M_C + M_D}{2} = \frac{-0,396 - 0,396}{1,2} = -0,396 \text{ KN.m/ml} \end{aligned}$$

➤ **Sous poids mort des piédroits (2) :**

✓ **Charges permanentes :**

Les charges permanentes sont constituées du poids propre des piédroits et de la réaction du sol.



- $P = e \times h \times \rho b = 0,2 \times 1,2 \times 25 = 6 \text{ KN}$
- $R_s = \frac{2P}{l} = \frac{2 \times 6}{1,2} = 10 \text{ KN/ml}$

✓ **Détermination des moments aux appuis :**

Les moments aux appuis sont calculés comme suit :

- $M_A = M_D = -\frac{P \times l \times k1 \times k1}{2 \times F1} = -\frac{6 \times 1,2 \times 1 \times 5}{2 \times 24} = -0,75 \text{ KN.m/ml}$
- $M_C = M_B = \frac{P \times l \times k1 \times k2}{2 \times F1} = \frac{6 \times 1,2 \times 1 \times 1}{2 \times 24} = 0,15 \text{ KN.m/ml}$

✓ **Détermination des efforts normaux :**

Les efforts normaux sont calculés comme suit :

- $N_1 = -N_4 = \frac{3 \times P \times l \times k1 \times (1+k2)}{2 \times h \times F1} = \frac{3 \times 6 \times 1,2 \times 1 \times (1+1)}{2 \times 1,2 \times 24} = 0,75 \text{ KN}$
- $N_2 = N_3 = P = 6 \text{ KN}$

✓ **Détermination des moments à mi-portée :**

Les moments à mi-portée sont calculés comme suit :

- $M_{B-C}(\text{tablier}) = \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{0,15 + 0,15}{2} = 0,15 \text{ KN.m/ml}$
- $M_{A-D}(\text{radier}) = \frac{R_s \times l^2}{8} + \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{10 \times 1,2^2}{8} + \frac{-0,75 - 0,75}{2} = 1,05 \text{ KN.m/ml}$
- $M_{A-B}(\text{piédroit gauche}) = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-0,75 + 0,15}{2} = -0,3 \text{ KN.m/ml}$

$$- M_{C-D} (\text{piédroit droit}) = \frac{M_C + M_D}{2} = \frac{-0,75 + 0,15}{2} = -0,3 \text{ KN.m/ml}$$

➤ **Sous l'action de la poussée des terres (3) :**



On obtient :

- $\sigma_1 = ka \times \rho_s \times e_{remblai} = 0 \text{ KN/m}^2$ avec $e_{remblai} = 0 \text{ m}$
- $\sigma_2 = ka \times \rho_s \times h = 0,33 \times 20 \times 1,2 = 7,92 \text{ KN/m}^2$
- $\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 7,92 \text{ KN/m}^2$

✓ **Détermination des moments aux appuis :**

Les moments aux appuis sont calculés comme suit :

$$- M_A = M_D = -\frac{k_2 \times (k_2 + 3) \times \sigma_1 \times h^2}{4 \times F_1} - \frac{k_2 \times (3 \times k_2 + 8) \times \Delta\sigma \times h^2}{20 \times F_1} = 0 - \frac{1 \times (3 + 8) \times 7,92 \times 1,2^2}{20 \times 24} = -0,261 \text{ KN.m/ml}$$

$$- M_B = M_C = -\frac{k_2 \times (3 \times k_1 + k_2) \times \sigma_1 \times h^2}{4 \times F_1} - \frac{k_2 \times (7 \times k_1 + 2 \times k_2) \times \Delta\sigma \times h^2}{20 \times F_1} = 0 - \frac{1 \times (7 + 2) \times 7,92 \times 1,2^2}{20 \times 24} = -0,214 \text{ KN.m/ml}$$

✓ **Détermination des efforts normaux :**

Les efforts normaux sont calculés comme suit :

$$- N_1 = \frac{(\sigma_1 + 2\sigma_2) \times h}{6} + \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l} = \frac{(0 + 2 \times 7,92) \times 1,2}{6} + \frac{-0,214 + 0,261}{1,2} + \frac{-0,261 + 0,261}{1,2} = 2,68 \text{ KN}$$

$$- N_4 = \frac{(2\sigma_1 + \sigma_2) \times h}{6} + \frac{M_A - M_B}{h} + \frac{M_C - M_B}{l} = \frac{(0 + 7,92) \times 1,2}{6} + \frac{-0,261 + 0,214}{1,2} + \frac{-0,214 + 0,214}{1,2} = 1,55 \text{ KN}$$

- $N_2 = N_3 = 0 \text{ KN}$

✓ **Détermination des moments à mi-portée :**

Les moments à mi-portée sont calculés comme suit :

- $M_{B-C}(\text{tablier}) = \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{-0,214 - 0,214}{2} = -0,214 \text{ KN.m/ml}$

- $M_{A-D}(\text{radier}) = \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{-0,261 - 0,261}{2} = -0,261 \text{ KN.m/ml}$

- $M_{A-B}(\text{piédroit gauche}) = \frac{M_A + M_B}{2} + \frac{\Delta\sigma \times h^2}{12} + \frac{\sigma_1 \times h^2}{8} = \frac{-0,261 - 0,214}{2} + \frac{7,92 \times 1,2^2}{12} + 0 = -0,71 \text{ KN.m/ml}$

- $M_{C-D}(\text{piédroit droit}) = -0,71 \text{ KN.m/ml}$

➤ **Surcharges routières (4) :**

Le tableau ci-dessous donne un rappel des charges d'exploitation à prendre en compte dans les calculs selon le fascicule 61 Titre II du CPC.

Tableau 62 : Charges d'exploitation à prendre en compte dans les calculs

Classe du pont	Nombre de voies	Largeur de la route	Charges à prendre en compte	Charges militaires	Charges exceptionnelles
1	3 voies	≥ 7,00	A (L), Bc, Br, Bt	Mc 120	D et E
2	2 voies	Entre 5,50m et 7,00	A (L), Bc, Br, Bt	Mc120	D et E
3	1 à 2 voies	≤ 5,50 m	A (L), Bc, Br	-	-

Les charges prises en compte dans le calcul de cet ouvrage sont les charges A B et les charges militaires (Mc 120).

• **Largeur roulable :**

La largeur roulable est la largeur du pont comprise entre dispositifs de sécurité ou bordure du trottoir. Elle est égale à **15 m**. ($L_r = 15\text{m}$)

- **Classe du pont :**

Les ponts sont en 03 catégories selon leur largeur roulable :

Pont de première classe : Ce sont d'une part, les ponts supportant des chaussées dont la largeur roulable est supérieure ou égale 7,00 m ($L_r \geq 7,00m$)

Pont de deuxième classe : Ce sont les ponts supportant les chaussées dont la largeur roulable est comprise entre 5,50 et 7,00 m ($5,00 m \leq L_r \leq 7,00 m$)

Pont de troisième classe : catégories selon leur largeur roulable :

Pont de première classe : Ce sont d'une part, les ponts supportant des chaussées dont la largeur roulable est inférieure ou égale 7,00 m ($L_r \leq 7,00m$)

Le pont est de **première classe**, car il supporte une chaussée dont la largeur roulable est égale à 15,00 m

- **Largeur chargeable :**

La largeur chargeable se déduit de la largeur roulable en enlevant 50cm le long des dispositifs de sécurité. Il est important de noter que nous avons des guides roues comme dispositifs de sécurité.

$$L_r = 15 \text{ m}$$

La largeur chargeable est définie par la formule :

$$L_c = L_r - n \times 0.5 \text{ avec } n = 2$$

$$L_c = 14 \text{ m}$$

- **Nombre de voie :**

Par convention, un pont comporte un nombre n de voies égal à la partie entière de la largeur chargeable divisé par trois

$$n = \text{Int} \left(\frac{14}{3} \right) = \text{Int}(4,666) = 4$$

- **Largeur d'une voie :**

Par convention, les voies de circulation d'une chaussée ont des largeurs égales au quotient à la largeur chargeable divisé par le nombre de voies. Nous avons :

$$v = \frac{L_c}{n} = \frac{14}{4} = 3,5 \text{ m}$$

- **Charges du type A :**

Le système de charge de type A représente un embouteillage, ou un stationnement, ou tout simplement une circulation continue à une vitesse à peu près uniforme d'un flot de véhicule. La charge A est une charge uniformément répartie qui est fonction de la longueur chargée L :

$$A(L) = 2,30 + \frac{360}{L + 12} \text{ avec } L = 1 \text{ m}$$

$$A(L) = 2,30 + \frac{360}{1 + 12} = 29,99 \text{ KN/m}^2$$

En fonction de la classe du pont et du nombre de voies chargée, la valeur de A(L) est multipliée par un coefficient a_1 du tableau ci-dessous.

Tableau 63 : Chargement de voie

Nombre de voies chargées		1	2	3	4	≥ 5
classes du pont	1ère	1	1	0,9	0,75	0,7
	2ème	1	0,9	-	-	-
	3ème	0,9	0,8	-	-	-

$$a_1 A(L) = 0,75 \times 29,99 = 22,49 \text{ KN/m}^2$$

Après affectation du coefficient a_1 , il faut comparer la valeur répartie trouvée à $(0,4 - 0,002L)$ ou la longueur l est exprimée en mètre.

$$0,4 - 0,002 L = 4 - 0,002 \times 1 = 3,998 \text{ KN/m}^2$$

La densité de charge effective $q(L)$ peut être mise sous la forme :

$$q(L) = \text{Sup}\{a_1 A(L); (4 - 0,002L)\} = \text{Sup}\{22,49 ; 3,998\} = 22,49 \text{ KN/m}^2$$

Le coefficient a_2 appelé coefficient d'uniformisation, est donné par la formule : $a_2 = \frac{v_0}{v}$

v est la largeur d'une voie comme définie précédemment et v_0 prend les valeurs suivantes :

$v_0 = 3.50\text{m}$ Pour les ponts de première classe.

$v_0 = 3.00\text{m}$ Pour les ponts de deuxième classe.

$v_0 = 2.75m$ Pour les ponts de troisième classe.

$$a_2 = \frac{3,5}{3,5} = 1$$

La valeur de calcul de la surcharge A vaut alors :

$$Q = \gamma_q \times a_2 \times q(L) = 1,2 \times 1 \times 22,49 = 26,99 \text{ KN/m}^2$$

- **Charges du type B :**

Le système B est composé de trois sous-systèmes Bc, Bt, Br. La charge Q_B due au système B est donnée par la formule :

$$Q_B = \max \begin{cases} Q_{bc} \\ Q_{br} \\ Q_{bt} \end{cases}$$

$Q_{bc} = \gamma_q \cdot bc \cdot \delta \cdot Bc$ est la charge due au système Bc

$Q_{bcniger} = \gamma_q \cdot bc \cdot \delta \cdot Bcniger$ est la charge due au système $Bcniger$

$Q_{bt} = \gamma_q \cdot bt \cdot \delta \cdot Bt$ est la charge due au système Bt.

$Q_{br} = \gamma_q \cdot \delta \cdot Br$ est la charge due au système Br.

$\delta = \max(\delta_{bc}; \delta_{bcniger}; \delta_{bt})$ est le coefficient de majoration dynamique

$$\delta_i = 1 + \frac{0,4}{1+0,2L} + \frac{0,6}{1+4\frac{G}{S_i}}$$

Où $L = \max(Lr; \text{portée de la travée})$

G est le poids total d'une section de couverture de longueur L et de toute largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

S_i le poids total des essieux du système i multiplié par le coefficient bc ou bt.

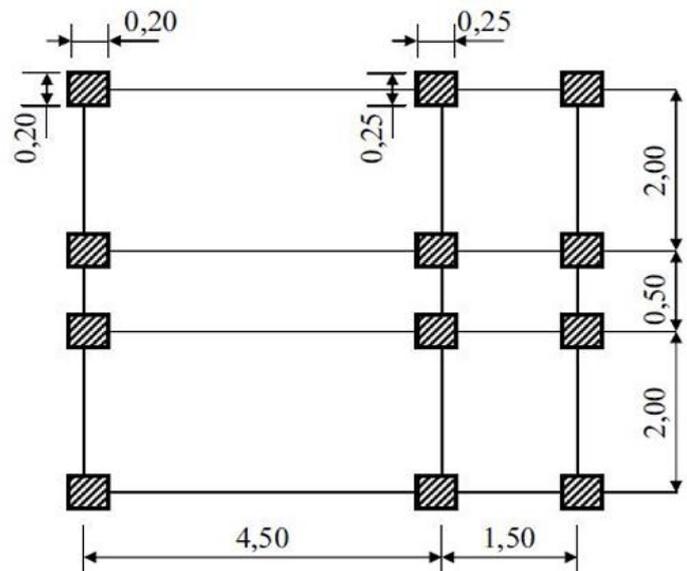
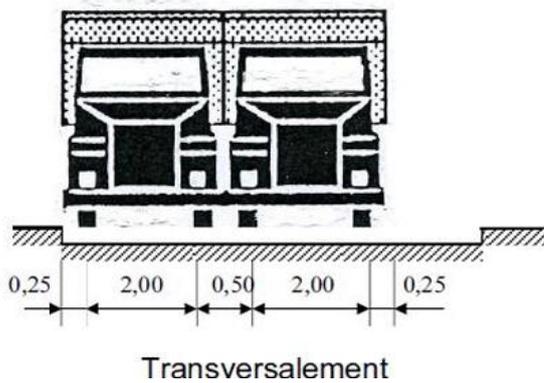
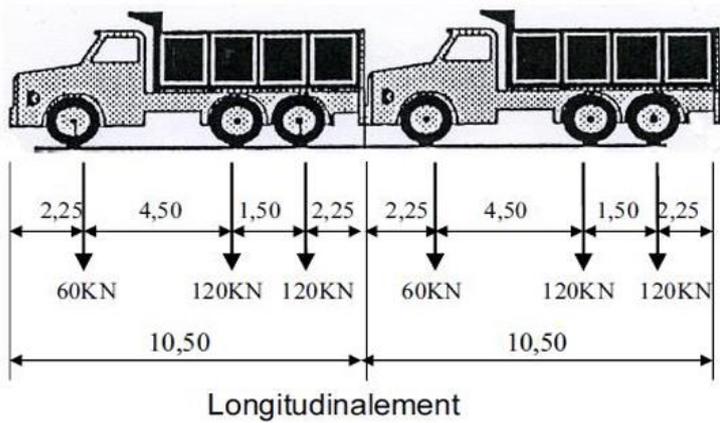
Les coefficients bc et bt sont fonction de la classe du pont et du nombre de voies chargées.

Le coefficient bc = 0.80 (Pont de première classe, 4 voies) et bt = 1 (Pont de 1^{ère} classe)

✓ Charges routières Bc :

Le sous-système Bc se compose de camions de poids individuel égal à 30t soit 6t pour l'essieu avant et 12t pour chaque essieu arrière.

✓ sous-système Bc



Dans le sens transversal, l'on dispose autant de files que de voies de circulation de façon à obtenir l'effet le plus défavorable. Dans le sens longitudinal, le nombre de camions par file est limité à deux.

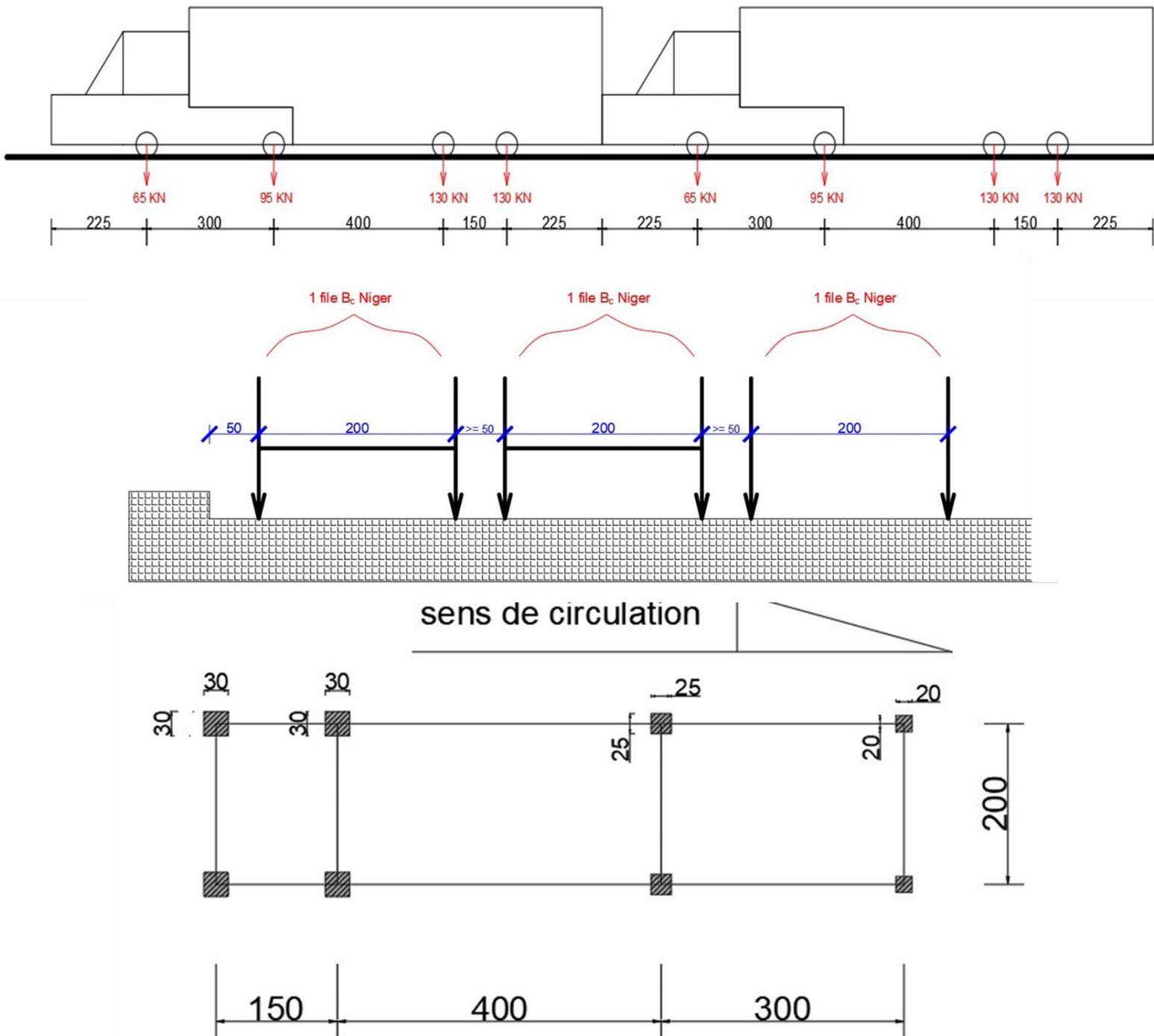
On peut disposer sur la travée 4 files de 2 camions. Le cas le plus défavorable intervient lorsque nous avons les 4 essieux arrière que forment une file de 4 camions disposée sur la travée dans le sens transversal :

$$Bc = \frac{4 \times 120}{10 \times 1,2} = 40 \text{ KN/m}^2$$

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

✓ **Charge routière Bc-Niger :**

Le camion Bc de 30 tonnes du fascicule 61 est secondé par le camion Bc-Niger de 42 tonnes définis par le schéma représentatif ci-dessous.

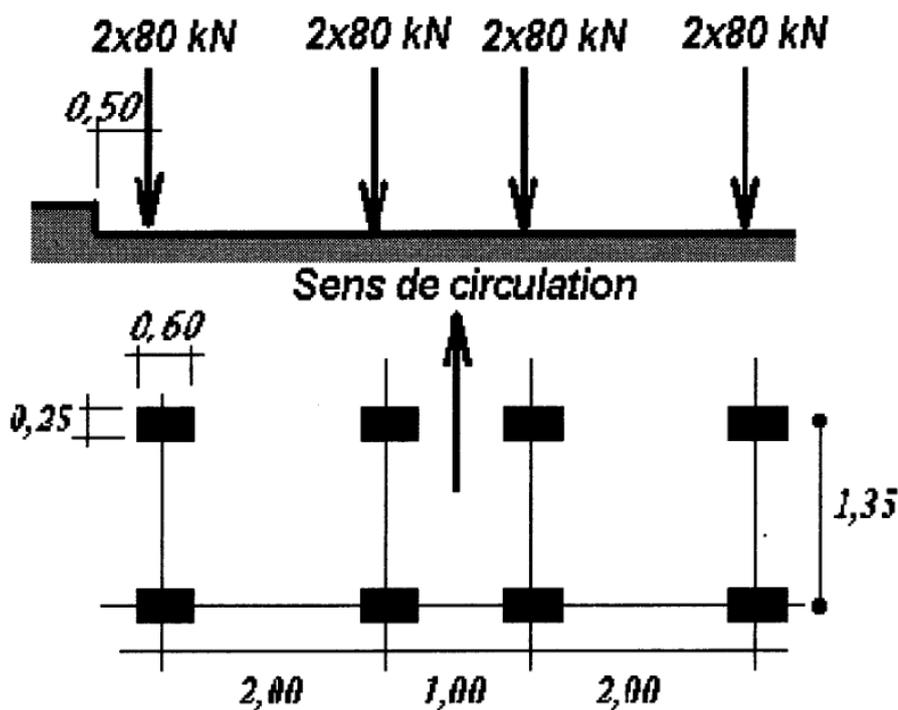


Le cas le plus défavorable intervient lorsque nous avons les 4 essieux arrière que forment une file de 4 camions disposée sur la travée dans le sens transversal :

$$B_{C_{Niger}} = \frac{4 \times 130}{10 \times 1,2} = 43,33 \text{ KN/m}^2$$

✓ **Charge routière Bt :**

Le système Bt est composé de tandem a deux essieux de 16 tonnes chacun.



Il convient de respecter les dispositions suivantes :

Dans le sens longitudinal, un seul tandem est disposé par file.

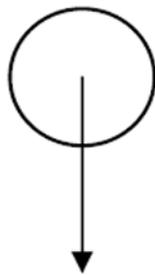
Dans le sens transversal, deux tandems au plus sont disposé côte à côté de sorte à avoir l'effet le plus défavorable pour les ponts à deux voies.

- Charge due aux essieux : $P_{bt} = 2 \times 160 = 320 \text{ KN}$
- Surface d'impact due à la charge : $s = 5,6 \times 1,2 = 6,72 \text{ m}^2$
- La charge répartie : $Bt = \frac{320}{6,72} = 47,62 \text{ KN/m}^2$

✓ **Charge routière Br :**

C'est une roue isolée qui transmet un effort de 100 kN à travers une surface d'impact rectangulaire de 0,60 x 0,30m (la dimension 0,60, perpendiculaire à l'axe de déplacement des véhicules, représente la surface au sol de roues jumelées). Dans l'étude de la stabilité l'ensemble des pièces maitresse du pont, la roue Br n'est jamais défavorable. Par contre, elle peut l'être dans l'étude locale (problème de poinçonnement). Le rectangle d'impact de la roue Br, disposé normalement à l'axe longitudinal de la chaussée, peut être placé n'importe où sur la largeur roulable.

Longitudinalement



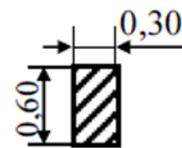
100 KN

Transversalement



100 KN

En plan



- Charge due aux essieux : $P_{br} = 100 \text{ KN}$
- Surface d'impact due à la charge : $s = 15 \times 0,3 = 4,5 \text{ m}^2$
- La charge repartie : $Br = \frac{100}{4,5} = 22,22 \text{ kN/m}^2$

✓ **Calcul du coefficient de majoration dynamique :**

$$\delta_i = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{G}{S_i}}$$

- $G = g \times Lr \times l = 6,6 \times 15 \times 1,2 = 118,8 \text{ kN}$
- $S_{bc} = 4 \times 120 \times 0,80 = 384 \text{ KN}$
- $S_{bcNiger} = 4 \times 130 \times 0,80 = 416 \text{ KN}$
- $S_{bt} = 2 \times 160 \times 1 = 320 \text{ KN}$
- $\delta_{bc} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 15} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{118,8}{384}} = 1,37$

$$- \delta_{bcNiger} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 15} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{118,8}{416}} = \mathbf{1,38}$$

Le sous-système Br est frappé du même coefficient de majoration dynamique que Bt.

$$- \delta_{bt} = \delta_{br} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 15} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{118,8}{320}} = \mathbf{1,34}$$

$$\text{On a donc } \delta = \mathbf{\max(\delta_{bc}; \delta_{bcNiger}; \delta_{bt}) = 1,38}$$

➤ **Charge Q_B :**

$$Q_B = \max \begin{cases} Q_{bc} = \gamma_q \cdot bc \cdot \delta \cdot Bc \\ Q_{bcniger} = \gamma_q \cdot bc \cdot \delta \cdot Bc_{niger} \\ Q_{bt} = \gamma_q \cdot bt \cdot \delta \cdot Bt \\ Q_{br} = \gamma_q \cdot \delta \cdot Br \end{cases}$$

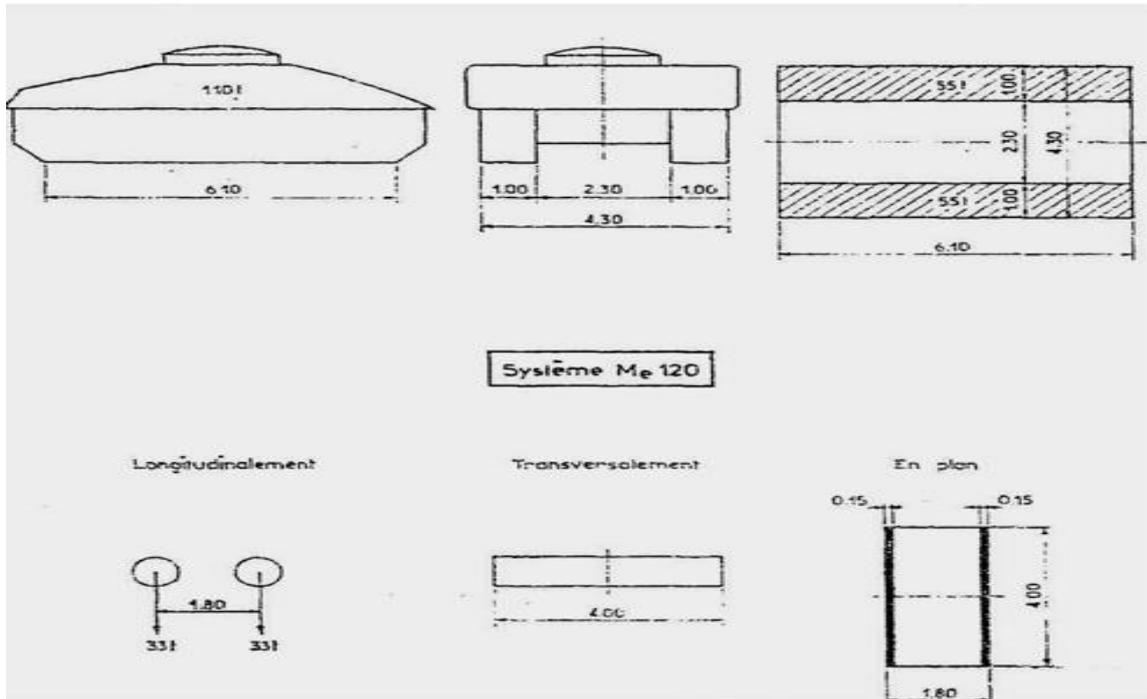
$$Q_B = \max \begin{cases} Q_{bc} = 0,8 \times 1,38 \times 40 = 36,8 \text{ kN/m}^2 \\ Q_{bcNiger} = 0,8 \times 1,38 \times 43,33 = 39,87 \text{ kN/m}^2 \\ Q_{bt} = 1 \times 1,38 \times 47,62 = 54,77 \text{ kN/m}^2 \\ Q_{br} = 1,38 \times 22,22 = 25,55 \text{ kN/m}^2 \end{cases}$$

$$\text{On a donc } \mathbf{Q_B = 54,77 \text{ kN/m}^2}$$

• **Charge militaire :**

✓ **Mc 120 :**

Un véhicule type du système Mc 120 comporte deux chenilles et répond aux caractéristiques suivantes :



Masse totale : 110tonnes

Longueur d'une chenille : 6.10 m

Largeur d'une chenille : 1.00m

Distance d'axe en axe d'une chenille : 3.30m

Le rectangle d'impact de chaque chenille est supposé uniformément chargé

La densité de charge est donnée par la formule suivante :

$$q_{Mc120} = \frac{Q}{S_{impact}} \times \delta_{Mc120}$$

$$\delta_{Mc120} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2L} + \frac{0,6}{1+4\frac{G}{S}}$$

- $G = g \times Lr \times l = 6,6 \times 15 \times 1,2 = 118,8 \text{ kN}$
- $S_{Mc120} = 1100 \text{ kN}$
- $S_{impact} = 1,3 \times 4,3 = 5,59 \text{ m}^2$
- $\delta_{Mc120} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 15} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{118,8}{1100}} = 1,43$

$$\text{Ainsi } Q_{Mc120} = \frac{1,43 \times 1100}{5,59}$$

$$Q_{Mc120} = 281,40 \text{ kN/m}^2$$

- **Choix de la surcharge routière :**

En définitive, la surcharge routière qui sera retenue pour les calculs sera la plus défavorable pour notre ouvrage. Elle correspond à :

$$Q = \max(Q_B; Q_{Mc120}) = \max(65,72 \text{ kN/m}^2; 281,40 \text{ kN/m}^2)$$

$$Q = 281,40 \text{ kN/m}^2$$

- ✓ **Détermination des moments aux appuis :**

Les moments aux appuis sont calculés comme suit :

$$- M_A = M_D = -\frac{Q \times l^2 \times (k_1 \times K_1 - k_2)}{4 \times F_1} = -\frac{281,40 \times 1,2^2 \times (1 \times 5 - 1)}{4 \times 24} = -16,884 \text{ kN/ml}$$

$$- M_B = M_C = -\frac{Q \times l^2 \times K_2 - k_1 \times k_2}{4 \times F_1} = -\frac{281,40 \times 1,2^2 \times (5 - 1 \times 1)}{4 \times 24} = -16,884 \text{ kN.m/ml}$$

- ✓ **Détermination des efforts normaux :**

Les efforts normaux sont calculés comme suit :

$$- N_1 = \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l} = \frac{-16,884 + 16,884}{1,2} + \frac{-16,884 + 16,884}{1,2} = 0 \text{ KN}$$

$$- N_4 = \frac{M_C - M_B}{l} + \frac{M_A - M_B}{h} = 0 \text{ KN}$$

$$- N_2 = \frac{Q \times l}{2} + \frac{M_C - M_B}{l} + \frac{M_A - M_B}{h} = \frac{281,40 \times 1,2}{2} + \frac{-16,884 + 16,884}{1,2} + \frac{-16,884 + 16,884}{1,2} = 168,84 \text{ kN}$$

$$- N_3 = \frac{Q \times l}{2} + \frac{M_B - M_C}{l} + \frac{M_D - M_C}{h} = \frac{281,40 \times 1,2}{2} + \frac{-16,884 + 16,884}{1,2} + \frac{-16,884 + 16,884}{1,2} = 168,84 \text{ kN}$$

- ✓ **Détermination des moments à mi-portée :**

Les moments à mi-portée sont calculés comme suit :

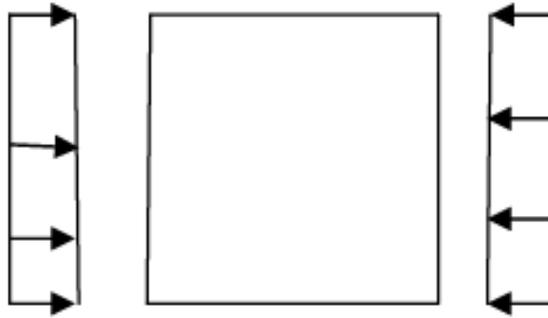
$$- M_{B-C}(\text{tablier}) = \frac{Q \times l^2}{8} + \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{281,40 \times 1,2^2}{8} + \frac{-16,884 - 16,884}{2} = 33,768 \text{ KN.m/ml}$$

$$- M_{A-D}(\text{radier}) = \frac{Q \times l^2}{8} + \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{281,40 \times 1,2^2}{8} + \frac{-16,884 - 16,884}{2} = 33,768 \text{ KN.m/ml}$$

- M_{A-B} (piédroit gauche) = $\frac{M_A+M_B}{2} = \frac{-16,884 - 16,884}{2} = - 16,884 \text{ KN.m/ml}$
- M_{C-D} (piédroit droit) = $\frac{M_C+M_D}{2} = \frac{-16,884 - 16,884}{2} = - 16,884 \text{ KN.m/ml}$

➤ **Surcharge routière de remblai (5) :**

Cette surcharge est de $q = 1t/m^2$. La hauteur de remblai est $h = 1,2 \text{ m}$.



- $\sigma = ka \times q = 0,33 \times 10 = 3,330 \text{ kN/m}^2$
- $R = \sigma \times h = 3,3 \times 1,2 = 3,96 \text{ kN/ml}$

✓ **Détermination des moments aux appuis :**

Les moments aux appuis sont calculés comme suit :

- $M_A = M_D = -\frac{k2 \times (k2+3) \times \sigma \times h^2}{4 \times F1} = -\frac{1 \times (1+3) \times 3,330 \times 1,2^2}{4 \times 24} = -0,20 \text{ kN.m/ml}$
- $M_B = M_C = -\frac{k2 \times (3 \times k1 + k2) \times \sigma_1 \times h^2}{4 \times F1} = -\frac{1 \times (3+1) \times 3,330 \times 1,2^2}{4 \times 24} = -0,20 \text{ KN.m/ml}$

✓ **Détermination des efforts normaux :**

Les efforts normaux sont calculés comme suit :

- $N_1 = \frac{(\sigma + 2\sigma) \times h}{6} + \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l} = \frac{(3 \times 0,33) \times 1,2}{6} + \frac{-0,20 + 0,20}{1,2} + \frac{-0,20 + 0,20}{1,2} = 0,198 \text{ kN}$
- $N_4 = \frac{(2\sigma_1 + \sigma_2) \times h}{6} + \frac{M_A - M_B}{h} + \frac{M_C - M_B}{l} = \frac{(3 \times 0,33) \times 1,2}{6} + \frac{-0,20 + 0,20}{1,2} + \frac{-0,20 + 0,20}{1,2} = 0,198 \text{ kN}$

- $N_2 = N_3 = 0 \text{ kN}$

✓ **Détermination des moments à mi-portée :**

Les moments à mi-portée sont calculés comme suit :

- $M_{B-C}(\text{tablier}) = \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{-0,20 - 0,20}{2} = -0,20 \text{ kN.m/ml}$

- $M_{A-D}(\text{radier}) = \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{-0,20 - 0,20}{2} = -0,20 \text{ kN.m/ml}$

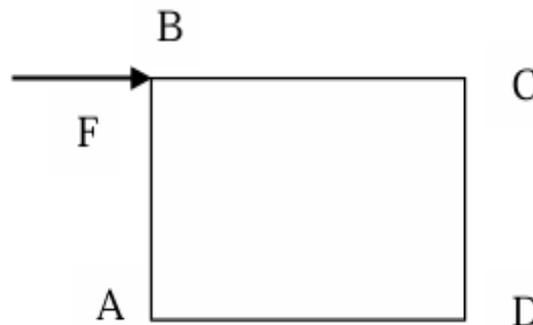
- $M_{A-B}(\text{piédroit gauche}) = \frac{M_A + M_B}{2} + \frac{\Delta\sigma \times h^2}{12} + \frac{\sigma \times h^2}{8} = \frac{-0,20 - 0,20}{2} + \frac{-0,20 \times 1,2^2}{8} + 0 = -0,236 \text{ kN.m/ml}$

- $M_{C-D}(\text{piédroit droit}) = -0,236 \text{ kN.m/ml}$

➤ **Force de freinage :**

On considère 2 essieux de 12t placés côte à côte sur le dalot :

$$F = \frac{240}{5} = 48 \text{ kN/ml}$$



✓ **Détermination des moments aux appuis :**

Les moments aux appuis sont calculés comme suit :

- $M_A = -M_D = \frac{F \times h \times K3}{2 \times F2} = \frac{48 \times 1,2 \times 3,8}{2 \times 8} = -13,68 \text{ kN.m/ml}$

- $M_B = -M_C = \frac{F \times h \times K4}{2 \times F2} = \frac{48 \times 1,2 \times 4,2}{2 \times 8} = 15,12 \text{ kN.m/ml}$

✓ **Détermination des efforts normaux :**

Les efforts normaux sont calculés comme suit :

- $N_1 = \frac{F}{2} = -\frac{48}{2} = -24 \text{ kN}$
- $N_4 = \frac{F}{2} = \frac{48}{2} = 24 \text{ kN}$
- $N_2 = \frac{F \times h \times K4}{l \times F2} = -\frac{48 \times 1,2 \times 4,2}{1,2 \times 8} = -25,2 \text{ kN}$
- $N_3 = \frac{F \times h \times K4}{l \times F2} = \frac{48 \times 1,2 \times 4,2}{1,2 \times 8} = 25,2 \text{ kN}$

✓ **Détermination des moments à mi-portée :**

Les moments à mi-portée sont calculés comme suit :

- $M_{B-C}(\text{tablier}) = 0 \text{ kN.m/ml}$
- $M_{A-D}(\text{radier}) = 0 \text{ kN.m/ml}$
- $M_{A-B}(\text{piédroit gauche}) = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-13,68 + 15,12}{2} = 0,72 \text{ kN.m/ml}$
- $M_{C-D}(\text{piédroit droit}) = -0,72 \text{ kN.m/ml}$

*Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou :
tranche longue de 3.2 km*

Tableau récapitulatif des efforts et sollicitations

	M_A	M_{A-B}	M_B	M_{B-C}	M_C	M_{C-D}	M_D	M_{A-D}	N_1	N_2	N_3	N_4	
1	-0,396	-0,396	-0,396	0,792	-0,396	-0,396	-0,396	0,792	0	3,96	3,96	0	
2	-0,75	-0,3	0,15	0,15	0,15	-0,3	-0,75	1,05	0,75	6	6	0,75	
3	-0,261	-0,71	-0,214	-0,214	-0,214	-0,71	-0,261	-0,261	2,68	0	0	1,55	
4	-16,884	-16,884	-16,884	33,768	-16,884	-16,884	-16,884	33,768	0	168,84	168,84	0	
5	-0,2	-0,236	-0,2	-0,2	-0,2	-0,236	-0,2	-0,2	0,198	0	0	0,198	
6	-13,68	0,72	15,12	0	-15,12	-0,72	13,68	0	-24	-25,2	25,2	24	
G	1 + 2 + 3	-1,407	-1,406	-0,46	0,728	-0,46	-1,406	-1,407	1,581	3,43	9,96	9,96	2,3
	Charge variable 1 (4+5)	-17,084	-17,12	-17,084	33,568	-17,084	-17,12	-17,084	33,568	0,198	168,84	168,84	0,198
	Charge variable 2 (4+6)	-30,564	-16,164	-1,764	33,768	-32,004	-17,604	-3,204	33,768	-24	143,64	194,04	24
	Charge variable 3 (4+5+6)	-30,764	-2,806	11,63	6,37	-18,61	-4,246	10,19	6,37	-23,802	7,66	58,06	24,198
Q	Max des charges variables	-30,764	-17,12	-17,084	33,768	-32,004	-17,604	-17,084	33,768	-24	168,84	194,04	24,198

➤ **Calcul des sections d'armatures**

Le calcul se fera à l'Etat Limite de Service car la fissuration est préjudiciable. Les sollicitations retenues pour le dimensionnement des ferrailages résultent des combinaisons $G+1,2Q$.

Données de calcul : $b = 100 \text{ cm}$, $h = 20 \text{ cm}$, $d = 0,9 \times h = 0,18 \text{ m}$

✓ **Calcul des armatures du tablier :**

▪ **Section d'armature en travée (B-C) :**

Sollicitations : $M_{ser} = G + 1,2Q = 0,728 + 1,2 \times 33,768 = 41,25 \text{ kN.m/ml}$

$$N_{ser} = G + 1,2Q = 2,3 + 1,2 \times 24,198 = 31,34 \text{ kN.m/ml}$$

$$- e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{41,25}{31,34}$$

$$e = 1,3 \text{ m}$$

On a $e > \frac{h}{4} = 0,05 \text{ m}$ par conséquent la section est **partiellement comprimée**.

$$- M_{serf} = N_{ser} \times \left(e + d - \frac{h}{2} \right) = 31,34 \times \left(1,3 + 0,18 - \frac{0,2}{2} \right)$$

$$M_{serf} = 43,25 \text{ kN.m}$$

$$- M_{serb} = \frac{1}{2} \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{ser} \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3} \right) \sigma_{bc} \text{ avec } \alpha_{ser} = \frac{n \cdot \sigma_{bc}}{n \cdot \sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 15$$

$$M_{serb} = 96 \text{ kN.m}$$

On a $M_{serb} > M_{serf}$ donc pas d'aciers comprimés.

$$- A_s = \frac{M_{serf}}{d \left(1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser} \right) \sigma_{st}} - \frac{N_{ser}}{\sigma_{st}} = \frac{43,25}{0,18 \times \left(1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 250} - \frac{31,34}{250}$$

$$A_s = 10,15 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{smin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{smin} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

▪ **Section d'armature aux appuis (B et C)**

Sollicitations : $M_{ser} = G + 1,2Q = 0,46 + 1,2 \times 32,004 = 38,86 \text{ kN.m/ml}$

$$N_{ser} = G + 1,2Q = 2,3 + 1,2 \times 24,198 = 31,34 \text{ kN.m/ml}$$

- $e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{38,86}{31,34}$

$e = 1,24 \text{ m}$

On a $e > \frac{h}{4} = 0,05 \text{ m}$ par conséquent la section est **partiellement comprimée**.

- $M_{serf} = N_{ser} \times \left(e + d - \frac{h}{2} \right) = 31,34 \times \left(1,24 + 0,18 - \frac{0,2}{2} \right)$

$M_{serf} = 41,37 \text{ kN.m}$

- $M_{serb} = \frac{1}{2} \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{ser} \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3} \right) \sigma_{bc}$ avec $\alpha_{ser} = \frac{n \cdot \sigma_{bc}}{n \cdot \sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$

$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 15$

$M_{serb} = 96 \text{ kN.m}$

On a $M_{serb} > M_{serf}$ donc pas d'aciers comprimés.

- $A_s = \frac{M_{serf}}{d \left(1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser} \right) \sigma_{st}} - \frac{N_{ser}}{\sigma_{st}} = \frac{41,37}{0,18 \times \left(1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 250} - \frac{31,34}{250}$

$A_s = 9,6 \text{ cm}^2$

Condition de non fragilité

$A_{smin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$

$A_{smin} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$

✓ **Calcul des armatures du radier :**

▪ **Section d'armature en travée (A-D)**

Sollicitations : $M_{ser} = G + 1,2Q = 1,5 + 1,2 \times 33,768 = 42,02 \text{ kN.m/ml}$

$$N_{ser} = G + 1,2Q = 3,43 + 1,2 \times 24 = 32,23 \text{ kN.m/ml}$$

- $e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{42,02}{32,23}$

$$e = 1,3 \text{ m}$$

On a $e > \frac{h}{4} = 0,05 \text{ m}$ par conséquent la section est **partiellement comprimée**.

- $M_{serf} = N_{ser} \times \left(e + d - \frac{h}{2} \right) = 32,23 \times \left(1,3 + 0,18 - \frac{0,2}{2} \right)$

$$M_{serf} = 44,48 \text{ kN.m}$$

- $M_{serb} = \frac{1}{2} \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{ser} \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3} \right) \sigma_{bc}$ avec $\alpha_{ser} = \frac{n \cdot \sigma_{bc}}{n \cdot \sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 15$$

$$M_{serb} = 96 \text{ kN.m}$$

On a $M_{serb} > M_{serf}$ donc pas d'aciers comprimés.

- $A_s = \frac{M_{serf}}{d \left(1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser} \right) \sigma_{st}} - \frac{N_{ser}}{\sigma_{st}} = \frac{44,48}{0,18 \times \left(1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 250} - \frac{32,23}{250}$

$$A_s = 10,43 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{smin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{smin} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

▪ **Section d'armature aux appuis (A et D)**

Sollicitations : $M_{ser} = G + 1,2Q = 1,4 + 1,2 \times 30,764 = 38,31 \text{ kN.m/ml}$

$$N_{ser} = G + 1,2Q = 3,43 + 1,2 \times 24 = 32,23 \text{ kN.m/ml}$$

- $e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{38,86}{32,23}$

$$e = 1,18 \text{ m}$$

On a $e > \frac{h}{4} = 0,05 \text{ m}$ par conséquent la section est **partiellement comprimée**.

$$- M_{serf} = N_{ser} \times \left(e + d - \frac{h}{2} \right) = 32,23 \times \left(1,18 + 0,18 - \frac{0,2}{2} \right)$$

$$M_{serf} = 40,61 \text{ kN.m}$$

$$- M_{serb} = \frac{1}{2} \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{ser} \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3} \right) \sigma_{bc} \text{ avec } \alpha_{ser} = \frac{n \cdot \sigma_{bc}}{n \cdot \sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 15$$

$$M_{serb} = 96 \text{ kN.m}$$

On a $M_{serb} > M_{serf}$ donc pas d'aciers comprimés.

$$- A_s = \frac{M_{serf}}{d \left(1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser} \right) \sigma_{st}} - \frac{N_{ser}}{\sigma_{st}} = \frac{40,61}{0,18 \times \left(1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 250} - \frac{32,23}{250}$$

$$A_s = 9,4 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{smin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{smin} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

✓ Calcul des armatures des piédroits :

$$\text{Sollicitations : } M_{ser} = G + 1,2Q = 1,406 + 1,2 \times 17,604 = 22,53 \text{ kN.m/ml}$$

$$N_{ser} = G + 1,2Q = 9,96 + 1,2 \times 194,04 = 242,81 \text{ kN.m/ml}$$

$$- e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}}$$

$$e = 0,093 \text{ m}$$

$$\frac{h}{4} = 0,0375 \text{ m}$$

$\frac{h}{4} < e$ donc la section est partiellement comprimée

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

- $M_{serfictif} = N_{ser} \times e_A$ avec $e_A = e + \left(d - \frac{1}{2}h\right)$

$$M_{serfictif} = 242,81 \times \left(0,093 + \left(0,18 - \frac{1}{2} \times 0,2\right)\right) = 42 \text{ kN.m}$$

- $M_{serb} = 0,5 \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot \alpha_{ser} \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \sigma_{bc}$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times 0,18^2 \times 15 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right)$$

$$M_{serb} = 0,096 \text{ MN.m}$$

$M_{serfictif} < M_{serb}$ donc pas d'aciés comprimés

- $Z_{ser} = d \left(1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser}\right)$

$$Z_{ser} = 0,18 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times 0,47\right) = 0,15 \text{ m}$$

- $A_{st} = \frac{M_{serfictif}}{Z_{ser} \cdot \sigma_{st}} - \frac{N_{ser}}{\sigma_{st}}$

$$A_{st} \frac{42}{0,15 \times 250} - \frac{242,81}{250} \times 10$$

$$A_{st} = 1,48 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{smin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{smin} = 0,23 \times 1,2 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 2,08 \text{ cm}^2$$

✓ **Choix des aciers :**

Le choix des aciers a été effectué après le calcul des sections pour chaque élément de l'ouvrage.

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Eléments		Section d'acier			Choix des aciers	esp	Aciers de répartition	esp
		Théorique	Minimale	Retenue				
Tablier	En travée	10,15	1,74	1,74	9HA12 (10,18 cm ²)	15 cm	HA8	20 cm
	Aux appuis	9,6	1,74	1,74	9HA12 (10,18 cm ²)	15 cm	HA8	20 cm
Radier	En travée	10,43	1,74	1,74	10HA12 (11,31 cm ²)	15 cm	HA8	20 cm
	Aux appuis	9,4	1,74	1,74	9HA12 (10,18 cm ²)	15 cm	HA8	20 cm
Piédroits	Armatures longitudinales	1,48	2,08	2,08	5HA10 (3,14 cm ²)	20 cm	HA8	20 cm
Guides roues	Armatures longitudinales	-	-	-	HA10	15 cm	HA8	20 cm

Calcul sur CYPE

Dans cette partie, il faudra noter que l'ensemble des dalots (excepté les sections de 100 x 100 cm²) ont été calculé au logiciel CYPE. Cependant, nous allons uniquement présenter le calcul sur d'un dalot de 250 x 220 cm², puis nous ferons ressortir les plans d'exécution proposés par le logiciel pour l'ensemble des sections.

Le prédimensionnement des différents des éléments constitutifs des dalots nous donne les résultats suivants :

Tableau 64 : Epaisseur des différents éléments

Sections (cm ²)	Epaisseur calculée (m)	Epaisseur retenue (m)
80 x 80	0,15	15
100 x 80	16	20
120 x 120	16,25	20
140 x 120	17	20
150 x 140	17	20
200 x 140	19	25
250 x 220	0,203	25

Résultat 250 x 220 :

1.- NORME ET MATÉRIAUX

Norme : BAEL-91 (R-99) (France)

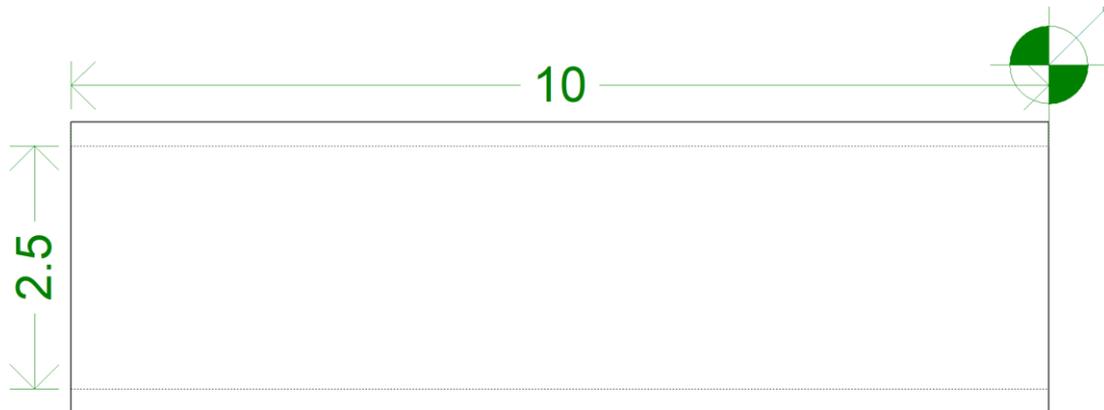
Béton : B25

Acier des barres : Fe E500

Enrobage extérieur : 3.5 cm

Enrobage intérieur : 3.5 cm

2.- GÉOMÉTRIE



MODULE

Épaisseurs	Piédroits: 25 cm Tablier/radier: 25 cm
------------	---

3.- TERRAINS

Module de réaction : 90000.0 kN/m³

Contrainte admissible sol d'assise : 200.00 kN/m²

Poids volumique : 20.0 kN/m³

Angle de frottement interne : 37 degrés

Cohésion : 0.00 kN/m²

Pourcentage de frottement terrain-mur : 0 %

Angle de transmission des charges : 45 degrés

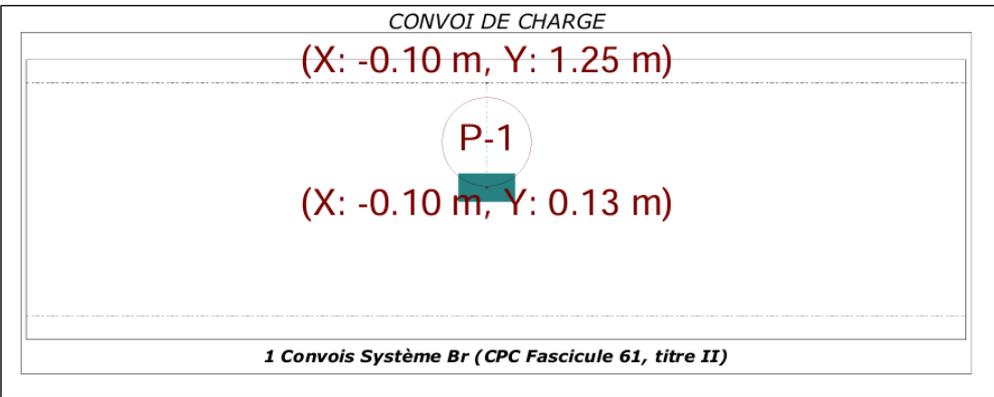
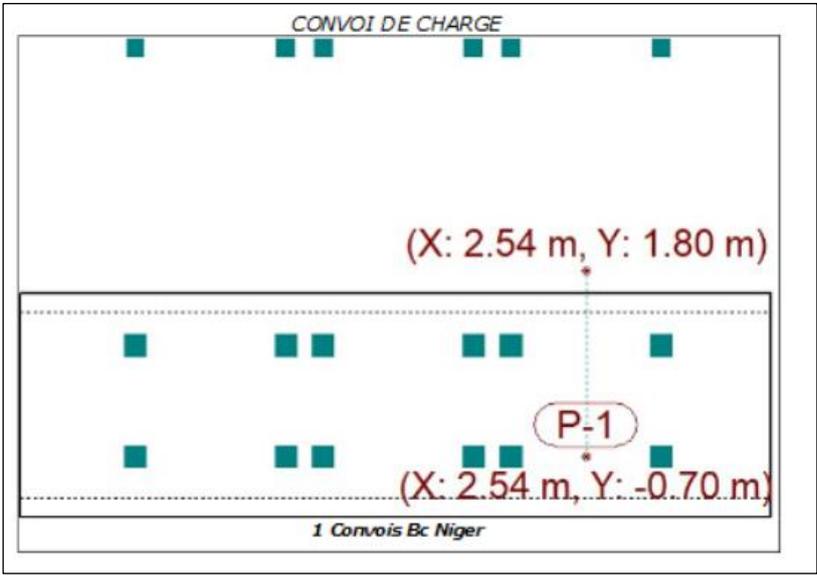
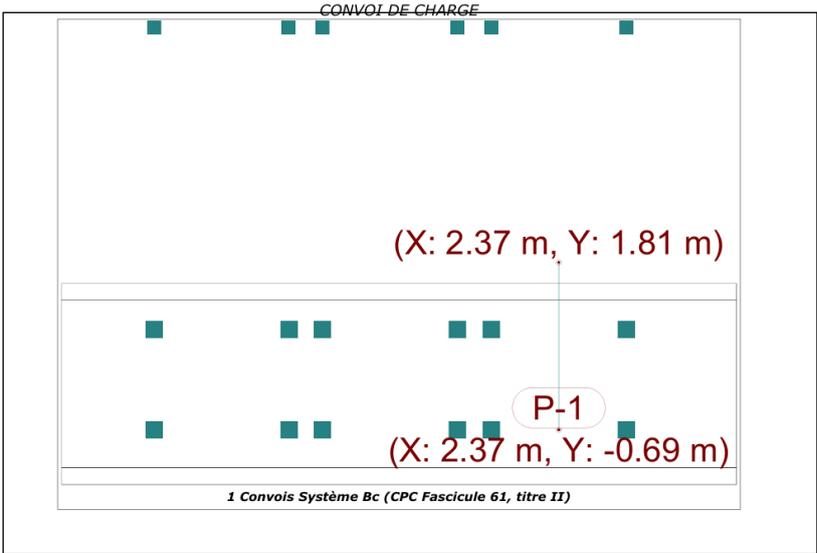
4.- ACTIONS

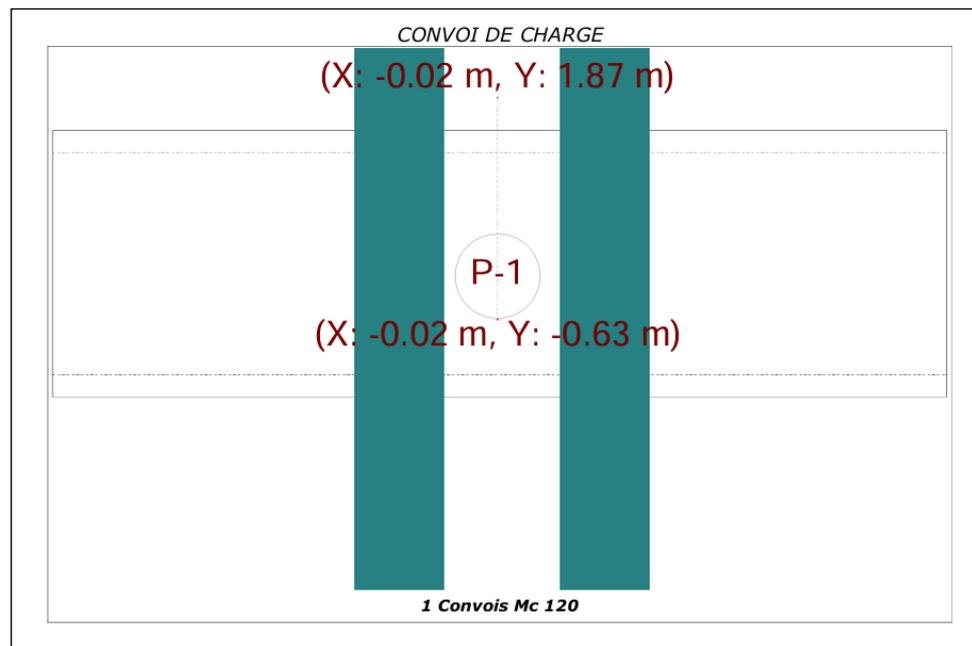
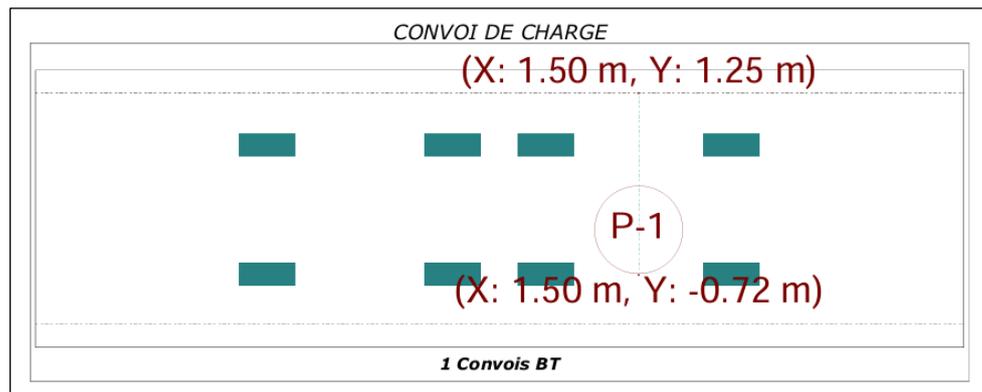
Sans surcharge supérieure

Sans surcharge inférieure

Sans charge hydraulique

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km





5.- MÉTHODE DE CALCUL

Le modèle de calcul utilisé consiste en éléments finis triangulaires du type lamelle épaisse tridimensionnelle, qui considère la déformation par l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de six noeuds, aux sommets et aux milieux des côtés, avec six degrés de liberté chacun. Le maillage du pont-cadre est réalisé en fonction de ses dimensions (épaisseur et portée). Sur chaque nœud, après une analyse élastique et linéaire, huit efforts sont obtenus, avec lesquels la section de béton et l'armature sont dimensionnées et vérifiées. A partir des déplacements sont vérifiés la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc.

6.- DESCRIPTION DE L'ARMATURE

**Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de
voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km**

MODULE

Panneau	Position	Direction	Armature de base
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=44cm
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA14e=10, crosse=30cm
	Inférieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=44cm
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA14e=10, crosse=20cm
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA10=20, crosse=53cm
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA14e=10, crosse=39cm
	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=53cm
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA14e=10, crosse=20cm
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA12e=10, crosse=38cm - Attente=0.38 m - Longueur crosse en pied=38 cm
		Horizontal	HA8e=20, crosse=44cm
	Avant	Vertical	HA12e=10, crosse=38cm - Attente=0.38 m - Longueur crosse en pied=11 cm
		Horizontal	HA8e=20, crosse=44cm
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA12e=10, crosse=38cm - Attente=0.38 m - Longueur crosse en pied=38 cm
		Horizontal	HA8e=20, crosse=44cm
	Avant	Vertical	HA12e=10, crosse=38cm - Attente=0.38 m - Longueur crosse en pied=11 cm
		Horizontal	HA8e=20, crosse=44cm

Annexe V : Etude d'impact environnemental et social

Tableau 65 : Description des impacts potentiels

Composante affectée	Phase projet	Impacts potentiels	Nature
Qualité de l'air	Travaux	Dégradation de la qualité de l'air due aux émissions de poussière et de gaz souvent à l'origine de maladies respiratoires et oculaires pour les ouvriers et les riverains des travaux	Négative
	Exploitation	Réduction des émissions de poussière dues à la présence de voies bitumées	Positive
Climat	Travaux	Contribution au réchauffement climatique par les rejets de poussière et de fumée chargées de carbone et de métaux lourds dans l'atmosphère par la circulation des véhicules et engins des chantiers, par la destruction de la végétation	Négative
	Travaux	Perturbation de microclimats due à la destruction de la végétation et à l'assèchement de certains basfonds ou zones humides	Négative
	Exploitation	Contribution à l'absorption du CO ₂ dégagé dans la ville grâce aux plantations d'arbres proposées dans le cadre du projet d'aménagement des voiries des centres secondaires	Positive
Ambiance sonore	Travaux	Nuisances sonores pour les ouvriers, les populations et services riverains des voiries	Négative
Eaux de surface	Travaux	Diminution de la quantité des eaux de surface, concurrence entre usagers et risques de tensions.	Négative
	Travaux	Pollution de la qualité des eaux de surface par les déchets solides et liquides (hydrocarbures, les huiles de vidanges usagées, les eaux usées, etc.) et solides (gravats, filtres usagés, pneus usés, etc.) des chantiers.	Négative
	Exploitation	Pollutions des eaux de surface dues aux rejets de déchets dans les caniveaux par les riverains.	Négative
Eaux souterraines	Travaux	Pollution de la nappe souterraine par les déchets liquides des chantiers	Négative
	Exploitation	Réduction de l'alimentation des eaux souterraines par infiltration des eaux	Négative

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Sol	Travaux	Destruction en profondeur du profil initial des sols sur toute la superficie des excavations, tassement marginal, constitution de sites d'érosion.	Négative
	Travaux	Pollution des sols par les déversements de déchets liquides (notamment les huiles de vidange usagées, les eaux usées) et solides (gravats, filtres usagés, pneus usés déchets divers, etc.).	Négative
	Exploitation	Érosion hydrique entraînant la destruction des sols.	Négative
Végétation	Travaux	Abattage probable de 531 arbres et arbustes dans les emprises des tronçons	Négative
	Exploitation	Plantation d'arbres pour améliorer le contexte végétal de la zone du projet	Positive
Faune et microfaune	Travaux	Destruction de niches écologiques de petits mammifères, de reptiles et de microfaune dans les emprises des sites et des zones d'emprunt de matériaux et des carrières	Négative
	Travaux	Collisions entre animaux et engins	Négative
Écosystème	Travaux	Destruction d'écosystèmes dans les emprises des tronçons et des zones d'emprunt de matériaux et des carrières	Négative
	Exploitation	Constitution de nouveaux écosystèmes due à la présence de plantations d'arbres	Positive
Paysage	Travaux	Discordances visuelles chez les populations riveraines et les usagers des voies	Négative
	Exploitation	Amélioration de l'aspect esthétique du paysage le long des voiries	Positive
	Exploitation	Détérioration du paysage (discordances visuelles, rejets anarchiques des déchets solides et liquides) due à la prolifération d'infrastructures commerciales aux abords des tronçons aménagés	Négative
Biens de populations	Travaux	Déplacements définitifs d'infrastructures socio-économiques dans les emprises des voiries	Négative
	Travaux	Déplacements temporaires d'infrastructures socio-économiques dans les emprises voiries	Négative
	Exploitation	Amélioration des conditions de vie de la population	Positive
Santé publique et hygiène	Travaux	Développement de maladies respiratoires (toux, crises d'asthme, irritations de bronches, sensations d'étouffement) et oculaires (irritations) chez les ouvriers et les populations riveraines des travaux.	Négative
	Travaux	Contaminations par les IST et le VIH/SIDA et risques de grossesses non désirées.	Négative

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

	Exploitation	Réduction des maladies respiratoires et oculaires due à la diminution des émissions de poussière par l'existence de voies bitumées et amélioration de la santé des populations locales	Positive
Sécurité	Travaux	Accident pour le personnel des chantiers, les populations riveraines et les usagers des ouvrages en construction	Négative
	Exploitation	Réduction des risques d'accidents de circulation sur les voies et les carrefours aménagés	Positive
Circulation et transport	Préparatoire et travaux	Perturbation temporaire de la circulation sur les rues aménagées et carrefours du projet, des accès aux services et aux domiciles des riverains des voies et des carrefours en construction	Négative
	Exploitation	Facilitation de la circulation, réduction des pertes de temps et des embouteillages pour les usagers au niveau des tronçons de voiries et des carrefours aménagés	Positive
	Exploitation	Accidents et perturbation de la circulation sur les tronçons de voiries et carrefours aménagés dus à l'occupation anarchique des abords des infrastructures aménagées et au non- respect du Code de la route par les usagers	Négative
	Exploitation	Dégradation accélérée des tronçons de voiries aménagés dus à la surcharge des camions	Négative
	Exploitation	Perturbation temporaire de la circulation lors de l'entretien courant et périodique des tronçons aménagés	Négative
		Travaux	Création d'emplois due au recrutement de la main-d'œuvre
Emploi	Exploitation	Développement d'AGR donc de nouveaux emplois	Positive
Patrimoine culturel et touristique	Exploitation	Amélioration de l'accès aux espaces culturel et touristique due à la présence de tronçons bitumés	Positive
Activités socio-économiques	Travaux	Perturbations temporaires des activités économiques et génératrices de revenus dans les emprises et l'environnement immédiats des tronçons aménagés	Négative
	Travaux	Retombées économiques dues à l'acquisition de matériaux de construction	Positive
	Exploitation	Développement d'activités économiques, amélioration des retombées économiques pour les commerçants et réduction du niveau de pauvreté	Positive

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

Activités économiques des femmes	Travaux	Perturbations temporaires des activités génératrices de revenus des femmes situées dans les emprises et les environs immédiats des tronçons de voirie	Négative
	Exploitation	Développement des activités génératrices de revenus des femmes et réduction de la pauvreté entraînant une amélioration de leurs conditions de vie et une amélioration de la capacité de prise en charge financière	Positive
Qualité de vie et bien être des populations	Travaux	Nuisances dues aux émissions de poussière, aux rejets de gaz d'échappement et aux bruits	Négative
	Travaux	Désagréments pour les populations riveraines dus aux interruptions des réseaux de concessionnaires	Négative
	Travaux	Gênes et maladies liées à la présence d'eau stagnante (piqûres d'insectes, paludisme, bilharziose, etc.) pour les riverains des zones d'emprunt de matériaux non remises en état, surtout pour les enfants.	Négative
	Exploitation	Réduction des maladies d'origine hydrique (paludisme) et nuisances diverses (piqûres de moustiques et d'insectes) chez les populations riveraines dues à l'amélioration de l'assainissement dans la zone du projet	Positive
	Exploitation	Amélioration de la qualité de vie et du bien-être des populations due aux retombées économiques du projet entraînant une réduction du niveau de pauvreté.	Positive

Tableau 66 : Plan de gestion des risques

Phase du projet	Sources de danger	Risques identifiés	Mesures pour la gestion du risque
Aménagement des sites de construction et	Installation du chantier et de la base de vie	Dépravation des mœurs et fragilisation de la cohésion sociale	Sensibiliser le personnel sur le respect des us et coutumes de la zone d'accueil.

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

des infrastructures	Transport et circulation de la main-d'œuvre, de la machinerie et des matériaux	<p>Déversement accidentelle d'huile ou hydrocarbures avec pollution ;</p> <p>Accident de travail ;</p> <p>Nuisance sonore.</p> <p>Dommmages dus aux vibrations</p>	<p>Exiger la visite technique des engins avant le démarrage des travaux ;</p> <p>Exiger le port des EPI ;</p> <p>Exiger une trousse de premier secours sur le site ;</p> <p>Procéder à une signalisation adéquate du chantier ;</p> <p>Respecter les heures de repos de la population.</p> <p>Utiliser les engins moins bruyants ;</p> <p>Faire fonctionner les engins lourds en dehors des heures de repos.</p>
	Terrassement, fouille et compactage du sol	<p>Accident de travail ;</p> <p>Nuisance sonore.</p>	<p>Mettre à la disposition et veiller au port systématique des EPI par les ouvriers ;</p> <p>Exiger une trousse de premier secours sur le site ;</p> <p>Respecter les heures de travail ;</p> <p>Sensibiliser les travailleurs et faire les visites techniques périodiques ;</p> <p>Organiser des quarts d'heure sécurité ;</p> <p>Etablir des fiches de procédure d'utilisation des machines et engins.</p>
	Exploitation des zones d'emprunt		
Présence de la main-d'œuvre	<p>Dépravation des mœurs et fragilisation de la cohésion sociale ;</p> <p>Risque d'agression et de développement du vol ;</p>	<p>Sensibiliser le personnel sur le respect des valeurs et coutumes et sur l'importance de la cohésion sociale vis-à-vis du personnel du chantier et de la population riveraine du projet ;</p>	

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

		<p>Violence faite sur les personnes vulnérables ;</p> <p>Violence basée sur le Genre.</p>	<p>Informers sur les sanctions encourues en cas de méfaits (renvoi, poursuite).</p>
	<p>Approvisionnement et stockage du carburant et des huiles</p>	<p>Risque d'incendie ;</p> <p>Altération de la qualité des eaux et des sols.</p>	<p>Matérialiser les dangers potentiels à l'aide des panneaux de signalisation appropriés ;</p> <p>Interdire l'accès des locaux aux personnes étrangères ;</p> <p>Prendre des précautions dans la manipulation pour éviter tout déversement accidentel ;</p> <p>Stocker les hydrocarbures (gasoil) loin des bureaux, base-vie et habitations ;</p> <p>Disposer des extincteurs à des endroits facilement accessible à tous ;</p> <p>Former le personnel à l'utilisation des extincteurs ;</p> <p>Interdire de fumer près de toute sources potentiel de départ de feu ;</p> <p>Renforcer les mesures de surveillance.</p>
Exploitation	<p>Mise en circulation des voiries</p>	<p>Risques sanitaires et sécuritaires.</p>	<p>Sensibiliser les usagers et les populations riveraines sur les risques d'accident et sur la gestion des déchets.</p>
	<p>Augmentation de vitesse</p>	<p>Accidents (perte en vie humaine et animale)</p>	<p>Mettre en place une signalisation verticale appropriée ;</p> <p>Sensibiliser les usagers des rues et les populations de la zone sur la sécurité routière ;</p>

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

			Mettre en place des balises et des ralentisseurs.
Restauration	Démantèlement des installations de chantier et des sites d'emprunt et carrière	Pollution des sols par les hydrocarbures et les déchets	Remettre en état tous les sites et restaurations des éléments biophysiques

Tableau 67 : Plan de gestion environnemental et social

MESURES	ACTIVITÉS À MENER	Période de mise en œuvre	Indicateur de performance
Préservation de la qualité de l'air	Arrosage régulier du chantier et déviations	Pendant les travaux	Nombre d'arrosage par jour
	Limitation de la vitesse de circulation des véhicules de chantier		Présence de ralentisseur et de balise au niveau des structures sociales Personnel de chantier équipé de masque anti-poussière
Protection contre les nuisances sonores	Éviter les travaux nocturnes à proximité des habitations	Pendant les travaux	Intensité du bruit Plainte des populations par rapport au bruit
Protection du sol	Collecte régulière des déchets solides et liquides des chantiers	Pendant les travaux	Présence de poubelles sur les aires des travaux

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

	Lutter contre l'érosion au droit des ouvrages		Présence de protection au droit des ouvrages
	Éviter l'occupation anarchique de l'environnement des rues		Absence d'occupants anarchiques aux abords des voies
Protection des ressources en eau	Collecte régulière des déchets solides et liquides du chantier	Pendant les travaux à fréquence mensuelle	Tableau de gestion des déchets
	Gestion rationnelle de l'eau prélevée pour les travaux		
Protection de la végétation	Plantation de 620 arbres d'alignement pour l'embellissement, l'ombrage et de brise-vent sur les deux côtés des voies	Pendant les travaux	Nombre d'arbre plantés et état de santé des plants
Protection de l'habitats et des biens des populations locales	Information des populations affectées par le projet trois (03) mois avant le début des travaux	Avant et pendant les travaux	100% des populations riveraines sont informées Nombre de plainte
Santé publique et sécurité	Arrosage régulier du chantier et déviations	Pendant les travaux	Cas de maladies respiratoires signalé
	Réalisation de campagne de sensibilisations sur les IST et le VIH/SIDA, l'hygiène, COVID 19 et la sécurité routière à la faveur du personnel de chantier et des populations riveraines		Nombre de séances de sensibilisations Rapport de sensibilisation
	Mise en place d'une unité de mini-santé pour prendre en charge les premiers soins en cas d'accidents pendant les travaux		Existence d'une unité mini santé

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

	Mise en place de balises et panneaux de signalisation du chantier et des déviations ; de Flags Men pour réguler la circulation		Existence de balises et de panneaux signalisation
	Limitation de la vitesse de circulation des véhicules de chantier		Vitesse limitée des engins sur le chantier
	Dotation de la main-d'œuvre d'équipements de protection adéquats		Fiches de dotation en EPI Présence d'employés sur le chantier avec les EPI adéquats
Protection du patrimoine culturel	Sensibilisation des ouvriers à éviter la profanation de lieux sacrés	Pendant les travaux	Nombre de découvertes sur le chantier
	Signalisation de toute découverte de vestiges culturels ou archéologiques.		
Circulation	Contournement dans la mesure du possible les lieux par les véhicules et engins de chantier	Pendant les travaux à fréquence journalière	Linéaire de déviation en bon état et présence de dalles d'accès aux domiciles et lieux de travail
	Maintien en permanence la circulation et l'accès des riverains à leurs habitations		
	Réglementation de la circulation par des Flags Men		Nombre de Flags men et de panneaux présents au niveau des points critiques
	Limitation de vitesse sur le chantier, les déviations, les croisements		
	Mise en place de signalisation adéquate		
Paysage	Sensibilisation du personnel de l'entreprise sur les enjeux environnementaux	Avant et pendant les travaux	Rapport de sensibilisation

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

	Choix des sites d'emprunts de matériaux loin des tronçons de route et de zones habitées		Existence d'un plan de protection de l'environnement des sites d'emprunt
	Dimensionnement des excavations de manière à assurer une plus grande stabilité des pentes à long terme		
	Récupération de tous les matériaux excédentaires et leur acheminement vers des lieux de stockage appropriés		Présence d'une procédure de gestion des différents types de déchets
	Gestion des déchets sur le chantier		
Activités économiques	Réalisation de sites d'emprunts hors des terres agricoles	Avant et pendant les travaux	Plan de protection de l'environnement des sites d'emprunts
	Circulation des engins hors des terres agricoles		
	Incitation au développement des AGR		Rapport sur l'impact économique induit par le projet

Annexe VI : Estimation du cout du projet

Tableau 68 : Estimation du cout du projet

N° Prix	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant Total
100	INSTALLATION				
101	Installation de chantier				
101.a	Installation générale du chantier	Fft	1,00	310 280 760	310 280 760
101.b	Amenée et repli du chantier	Fft	1,00	115 855 290	115 855 290
	Total Serie 100				426 136 050
200	TRAVAUX PRÉPARATOIRES				
201	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise y compris l'abattage d'arbres de circonférence inférieure à 1,00m	m ²	78 705,56	300	23 611 668
202	Décapage de la terre végétale	m ²	78 705,56	250	11 808 000
	Total Serie 200				35 419 668
300	TERRASSEMENTS GENERAUX				
301	Déblai mis en dépôt	m ³	37 506	4 000	150 024 000
302	Mise en forme, réglage et compactage de la plate-forme	m ²	78 705,56	500	39 352 780
303	Remblai d'emprunts	m ³	1 399	6 000	8 394 000
	Total Serie 300				197 770 780
400	CHAUSSEE ET REVETEMENT				
401	Fourniture et mise en œuvre de matériaux latéritiques pour couche de fondation PV2-PV3	m ³	7 666	5 000	38 330 000
402	Fourniture et mise en œuvre de matériaux latéritiques amélioré au concassé pour couche de base PV2-PV3	m ³	5 750,00	36 000	207 000 000
403	Fourniture et mise en œuvre de matériaux latéritiques amélioré au concassé pour couche de fondation PV4-PV5	m ³	5 992,00	36 000	215 712 000

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

404	Fourniture et mise en œuvre de matériaux latéritiques amélioré au ciment pour couche de base PV4-PV5	m ³	7 990,00	19 000	151 810 000
405	Mise en œuvre imprégnation	m ²	73 123,00	600	43 873 800
406	Fourniture et mise en œuvre de matériaux bitumineux pour couche de roulement	m ³	1 828,50	155 000	283 417 500
407	Fourniture et mise en œuvre de béton pour couche de fondation du giratoire	m ³	18,84	111 000	2 091 240
408	Fourniture et mise en œuvre de béton pour couche de roulement du giratoire	m ³	25,13	260 000	6 533 800
409	Revêtement en pavés pour trottoirs	m ²	11 382,00	6 000	68 292 000
410	Revêtement en pavés pour TPC	m ²	5 178,00	6 000	31 068 000
	Total Série 400				1 048 128 340
500	ASSAINISSEMENT ET PROTECTION				
501	Bordure T2	ml	7 654,00	15 000	114 810 000
502	Bordure CS2	ml	6 904,00	15 000	103 560 000
503	Bordure T4	ml	125,66	18 000	2 261 880
504	Bordure T3	ml	6 904,00	18 000	124 272 000
505	Fouilles en terrain de toute nature	m ³	23 663,00	7 000	165 641 000
506	Béton de propreté dosé à 150kg/m ³	m ³	669,63	75 000	50 222 250
507	Béton dosé à 350kg/m ³	m ³	1 773,34	210 000	372 401 400
508	Caniveau en béton armé 0,80 x 0,80	ml	3 440,00	60 000	206 400 000
509	Caniveau en béton armé 1 x 0,80	ml	219	70 000	15 330 000
510	Caniveau en béton armé 1 x 1	ml	1 015,00	90 000	91 350 000
511	Caniveau en béton armé 1,2 x 1,2	ml	512	100 000	51 200 000
512	Caniveau en béton armé 1,4 x 1,2	ml	904	125 000	113 000 000

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

513	Caniveau en béton armé 1,5 x 1,4	ml	459	140 000	64 260 000
514	Caniveau en béton armé 2 x 1,4	ml	301	315 000	94 815 000
515	Caniveau en béton armé 2,5 x 2,2	ml	937	400 000	374 800 000
516	Dalot de type 0,80 x 0,80	ml	120	115 000	13 800 000
517	Dalot de type 1 x 0,80	ml	20	130 000	2 600 000
518	Dalot de type 1 x 1	ml	40	155 000	6 200 000
519	Dalot de type 1,2 x 1,2	ml	10	190 000	1 900 000
520	Dalot de type 1,4 x 1,2	ml	30	200 000	6 000 000
521	Dalot de type 1,5 x 1,4	ml	40	225 000	9 000 000
522	Dalot de type 2 x 1,4	ml	20	300 000	6 000 000
523	Dalot de type 2,5 x 2,2	ml	20	500 000	10 000 000
	Total Série 500				1 999 823 530
600	PROVISIONS POUR DEPLACEMENT DES RESEAUX DIVERS EXISTANTS				
601	Réseau électrique	Fft		25 000 000	25 000 000
602	Réseau eau potable	Fft		25 000 000	25 000 000
603	Réseau téléphonique	Fft		15 000 000	15 000 000
	Total Série 600				65 000 000
700	SIGNALISATION - SECURITE				
701	Bande de peinture blanche continue ou discontinue d'axe de module T1 de largeur 0,12 m (2U)	ml	3 322,00	4 000	28 237 000
702	Bande de peinture blanche discontinue de rive de module T2 de largeur 0,15 m (3U)	ml	6 373,00	4 000	54 170 500
703	Marquages spéciaux en peinture blanche rétroréfléchissante	ml	150,00	6 000	1 050 000
704	Panneau signalisation type B et AB	U	47,00	160 000	7 520 000
705	Panneaux de signalisation de type A et C	U	48,00	160 000	7 680 000

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

706	Ralentisseur type dos d'âne y compris avertisseurs	U	12,00	3 500 000	42 000 000
707	Signalisation provisoire	Fft		75 000 000	75 000 000
	Total Série 700				171 880 000
800	ECLAIRAGE PUBLIC				
801	Fourriture et mise en place de candélabres simple foyer (hauteur 12 m) y compris toutes sujétions de manutention, pose, finition, branchement au réseau, lissage, réglage, fixation sur le support, essai, protection et réfection des abords	U	96,00	2 200 000	211 200 000
	Total Série 800				211 200 000
900	ENVIRONNEMENT				
901	Programme d'atténuation et de renforcement des impacts	Fft		20 000 000	20 000 000
902	Plantation d'arbres d'ombrage/ d'alignement y compris l'entretien	u	620	5 000	3 100 000
903	Réalisation de forage	u	3	7 500 000	22 500 000
	Total Série 900				45 600 020
	MONTANT TOTAL HT				4 200 958 388
	TVA (18%)				756 172 509,80
	MONTANT TOTAL TTC				4 957 130 898

Annexe VII : Suivi de la réalisation des travaux

L'exécution des travaux de réalisation d'une route se déroule en plusieurs étapes. La méthodologie varie d'une entreprise à l'autre et dépend de divers facteurs, mais suit généralement des grandes étapes similaires. Cette partie se propose de détailler la méthodologie d'exécution des travaux sur le chantier auxquels nous avons pu assister tout au long de notre stage, tout en abordant les différences relevées entre les données de notre étude et les données retenues pour l'exécution des travaux. Cette partie évoquera entre autres :

- Les travaux topographiques
- Les travaux de préparation du terrain
- L'installation du chantier
- Les terrassements
- L'assainissement
- La voirie

I- L'installation du chantier

L'installation de chantier s'articule autour d'une série d'opérations visant à établir les infrastructures temporaires et les équipements essentiels nécessaires au bon déroulement des travaux. Cette phase préliminaire a pour objectif de créer un environnement opérationnel propice à l'exécution sécurisée et efficiente du projet. Les étapes clés de l'installation du chantier comprenaient :

- **Bureaux de chantier** : Mise en place d'espaces administratifs temporaires, incluant des bureaux, des salles de réunion, et d'autres installations nécessaires à la gestion et à la coordination du projet.
- **Zones de stockage** : Aménagement de zones dédiées au stockage des matériaux de construction, des équipements et des outils nécessaires pour les travaux routiers.
- **Voies d'accès temporaires** : Création de voies temporaires facilitant l'accès des engins de chantier et des camions de livraison au site.
- **Signalisation** : Mise en place de panneaux de signalisation temporaires pour guider la circulation autour du chantier et assurer la sécurité routière.
- **Aires de stationnement** : Définition d'espaces dédiés au stationnement des véhicules, des engins de chantier, et d'autres équipements.

II- Les travaux topographiques

Les travaux topographiques dans un chantier de route revêtent une importance cruciale pour garantir le succès du projet. Ces activités fournissent une représentation précise du terrain et des éléments environnants, permettant une planification et une exécution efficaces des travaux routiers. Les travaux topographiques qui ont été réalisés comprenaient :

- Le piquetage général de l'axe des voies à partir des repères d'implantation posés par le Maître d'Œuvre et désignés sur les plans d'implantation du dossier technique,
- Le piquetage spécial au niveau des ouvrages à réaliser.
- Les levés topos sur le terrain pour créer une représentation détaillée de la topographie de la zone donnée.

Les levés topo qui ont été effectués dans l'objectif de vérifier les données reçues par le Maître d'Œuvre et pour avoir une meilleure maîtrise du terrain. Il en résultait que les données reçues par l'entreprise étaient incorrectes, car en implantant l'axe sur la PV1, les points étaient décalés. Il a donc fallu reprendre les levés des différents profils pour refaire sortir l'axe de la route. Les différents levés concernaient :

- Les différents profils en travers,
- L'axe de la route
- Les seuils des maisons,
- Les bornes,
- Les voies existantes
- Et les différents obstacles sur le tracé et aux environs (poteaux, regards, arbres).

L'appareil utilisé pour les différentes tâches citées était le GPS différentiel. Cet appareil fait intervenir le nivellement par positionnement satellitaire (ou nivellement par GPS). Il consiste à déterminer l'altitude d'un point à l'aide des signaux émis par des satellites de positionnement. Le GPS différentiel est pratique, car il est facile à utiliser et il permet de gagner en temps de travail. Parallèlement, son inconvénient majeur se trouve dans sa difficulté à fonctionner dans les endroits qui sont beaucoup ombrés tels que les hangars et les zones arborées.



Image 1 : GPS Différentiel



Image 2 : Levé d'un regard

III- Les travaux de préparation du terrain

Les travaux de préparation du terrain font référence à l'ensemble des activités entreprises pour rendre le site prêt à accueillir les travaux de construction. Ces travaux sont essentiels pour assurer que le terrain est adapté à l'objectif du projet. Les travaux de préparation du terrain concernaient les tâches suivantes : Ces travaux comprennent :

- Les travaux de débroussaillage, défrichage, d'abattage d'arbres pour le dégagement de l'emprise des terrassements ;
- L'évacuation de tout matériau impropre situé aux abords de la chaussée ;
- La démolition partielle ou totale d'ouvrages existants.
- La recherche et l'identification d'emprunts et approvisionnement sur le site ;
- Les travaux de décapage, purges, déblais, remblais et finition des plateformes ;
- Les travaux de reprofilage des espaces situés entre les caniveaux et les concessions ;
- Le déguerpissement des riverains se trouvant sur l'emprise de la route
- Le déplacement des réseaux existants pouvant perturber les travaux (canalisations d'eaux, câbles de réseaux et d'électricité)
- Le nettoyage de la zone.

Afin de dégager la voie, une campagne a été menée par une équipe de l'entreprise afin d'informer les riverains anormalement installés le long de la voie quant aux travaux à venir. Ainsi, la voie a pu être libérée pour permettre le début des travaux.

Le déplacement des réseaux existants pouvant perturber les travaux a été effectué par les différents partis concernés. Nous pouvons entre autres citer des sociétés telles que ONEA, Orange Burkina, ONATEL, qui ont été amenées à déplacer certains de leurs réseaux pour permettre les travaux.

Les travaux de décapage, purges, déblais, remblais et finition des plateformes et la démolition des obstacles se sont fait au moyen d'un bulldozer et d'une niveleuse pour les finitions. Une chargeuse puis des camions bennes ont été utilisés par la suite pour évacuer la terre qui a été excavée du sol et les déchets.



Image 3 : Décapage à l'aide d'un bulldozer

IV-Les terrassements

Méthodologie des travaux

Les terrassements désignent le processus de préparation du sol pour la construction de la chaussée. Cela implique souvent à extraire, à remblayer, à faire des purges et à mettre la chaussée hors d'eau. Les principaux travaux qui ont été effectués sont les déblayages, les remblayages, les purges, les travaux de malaxage et de compactage. La structure de chaussée mise en œuvre se présente comme suit :

Fondation : 20 cm Graveleux latéritique naturel

Base : 20 cm Graveleux latéritique naturel amélioré au concassé

Roulement : 5 cm béton bitumineux.

➤ **La plateforme**

La plateforme de la chaussée représente le sol support, elle correspond au terrain occupant les parties supérieures des terrassements. Les principaux travaux qui ont été réalisés sont des travaux de mise en forme et des travaux de compactage. Sur la PV3, une substitution a été réalisée sur une profondeur de 35 cm du fait de la mauvaise portance du sol. La mise en œuvre de la plateforme a été réalisée comme suit :

- Le décapage de la terre végétale ou purge de la terre à substituer à l'aide d'un bulldozer
- L'évacuation de cette terre à l'aide d'une chargeuse et de camions bennes
- L'implantation du niveau de plateforme par l'équipe topo
- L'approvisionnement de terre dans les zones de remblais ou de substitution
- L'épandage de la terre et l'ajustement du niveau de la couche à l'aide d'une niveleuse
- L'arrosage de la couche à l'aide de camions citernes
- Le malaxage de la couche à l'aide d'une recycleuse
- Un premier compactage à l'aide d'un compacteur à pied de moutons
- L'implantation des piquets de finition par l'équipe topo
- Les finitions à l'aide d'une niveleuse
- Un deuxième compactage à l'aide du compacteur à rouleau lisse
- Un compactage de finition à l'aide d'un compacteur à pneus lourds
- Une réception topographique
- Une réception géotechnique

➤ **La couche de forme**

La couche de forme a pour rôle de permettre la circulation des engins sur chantier, empêcher les remontées d'argile dans la chaussée et d'assurer le drainage de la fondation.

La réalisation de la couche de forme se déroule de la manière suivante :

- L'implantation du niveau par l'équipe topo
- L'approvisionnement de terre à l'aide d'une chargeuse et de camions bennes

- L'épandage de la terre et l'ajustement du niveau de la couche à l'aide d'une niveleuse
- L'arrosage de la couche à l'aide de camions citernes
- Le malaxage de la couche à l'aide d'une recycleuse
- Un premier compactage à l'aide d'un compacteur à pied de moutons
- L'implantation des piquets de finition par l'équipe topo
- Les finitions à l'aide d'une niveleuse
- Un deuxième compactage à l'aide du compacteur à rouleau lisse
- Un compactage de finition à l'aide d'un compacteur à pneus lourds
- Une réception topographique
- Une réception géotechnique

➤ **Couche de fondation**

Elle assure une diffusion des contraintes afin de les amener à un taux compatible avec la portance du sol de la plate-forme. Le matériau utilisé pour sa mise en œuvre est le graveleux latéritique naturel. Les matériaux sont répandus en cordons et sont homogénéisés par mélange à la recycleuse. Sa mise en œuvre est effectuée comme suit :

- L'implantation du niveau par l'équipe topo
- L'approvisionnement de terre à l'aide d'une chargeuse et de camions bennes
- L'épandage de la terre et l'ajustement du niveau de la couche à l'aide d'une niveleuse
- L'arrosage de la couche à l'aide de camions citernes
- Le malaxage de la couche à l'aide d'une recycleuse
- Un premier compactage à l'aide d'un compacteur à pied de moutons
- L'implantation des piquets de finition par l'équipe topo
- Les finitions à l'aide d'une niveleuse
- Un deuxième compactage à l'aide du compacteur à rouleau vibrant
- Un compactage de finition à l'aide d'un compacteur à pneus lourds
- Une réception topographique
- Une réception géotechnique

➤ **Couche de base**

Il s'agit pour cette couche d'une litho-stabilisation. Le dosage en concassé devrait être de l'ordre de 20 à 30% du volume total. La recherche du dosage pour chaque emprunt a été effectuée à travers une série d'essais en laboratoire et une planche d'essai pour chaque dosage et chaque emprunt. Ainsi, la planche d'essai a permis de définir le dosage et le fuseau granulométrique adéquat du concassé et du graveleux latéritique pour chaque emprunt destiné à la couche de base en fonction de la portance CBR de 110, valeur minimale recherché à 98% de L'OPM. Le mélange et la mise en œuvre sont effectués à l'aide d'une recycleuse. Les travaux se déroulent comme suit :

- L'implantation du niveau par l'équipe topo
- L'approvisionnement de terre à l'aide d'une chargeuse et de camions bennes
- L'épandage de la terre et l'ajustement du niveau de la couche à l'aide d'une niveleuse
- L'approvisionnement des concassés à l'aide d'une chargeuse et de camions bennes
- L'épandage des concassés à l'aide de la niveleuse
- L'arrosage de la couche à l'aide de camions citernes
- Le malaxage de la couche à l'aide d'une recycleuse
- Un premier compactage à l'aide d'un compacteur à pied de moutons
- L'implantation des piquets de finition par l'équipe topo
- Les finitions à l'aide d'une niveleuse
- Un deuxième compactage à l'aide du compacteur à rouleau vibrant
- Un compactage de finition à l'aide d'un compacteur à pneus lourds
- Une réception topographique
- Une réception géotechnique

Divergences relevées

La structure de chaussée mise en œuvre sur le chantier présente des différences significatives par rapport à celle retenue dans notre étude, notamment sur la PV4/PV5. Notre conception initiale présente une couche de fondation en une couche de fondation en graveleux latéritique amélioré au concassé de 15 cm, une base en graveleux latéritique amélioré au ciment de 20 cm, et une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm, tandis que la structure de chaussée

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km

effectivement réalisée sur ces rues comprend une couche de fondation en graveleux latéritique naturel de 20 cm, une base en graveleux latéritique amélioré au concassé de 20 cm, et une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm. Cette disparité peut être attribuée à l'analyse du trafic effectuée.

En effet, les données de trafic mises à notre disposition indiquent une classe de trafic T3, qui a servi de base à notre dimensionnement de la structure de chaussée pour ces rues. Cependant, le Maître d'œuvre a opté pour une classe de trafic T2, uniformisé pour toutes les rues, en tenant compte de la nature des aménagements (**travaux de voiries urbaines**), des **exigences des termes de référence**, et de **l'expérience acquise dans les études de voirie en milieu urbain au Burkina Faso**. Il est également possible que les données qui nous ont été transmises sont différentes des données qui ont servi à l'étude.



Image 4 : Approvisionnement et épandage du graveleux latéritique et du concassé



Image 5 : Travaux de malaxage et de nivellement

V- L'assainissement

Méthodologie des travaux

Sur l'ensemble de notre projet, nous retrouvons comme ouvrages d'assainissement des dalots cadres droits et des caniveaux en béton armé. Les piédroits des caniveaux et des dalots sont préfabriqués et sont joints sur le chantier avec un mortier de ciment. Leur assemblage sur le chantier s'est réalisé comme suit :

➤ Caniveaux :

- L'implantation topographique des ouvrages
- Fouilles et nivellement du fond de fouille
- Implantation du fil d'eau
- Coulage du béton de propreté, dosage du béton à 150 kg/m^3
- Pose des piédroits préfabriqués des caniveaux
- Mise en œuvre du ferrailage du radier
- Coulage du radier, dosage du béton à 350 kg/m^3
- Une réception topographique
- Pose des dalles préfabriquées

➤ Dalots :

- L'implantation topographique des ouvrages
- Fouilles et nivellement du fond de fouille
- Implantation du fil d'eau
- Coulage du béton de propreté dosé à 150 kg/m³
- Pose des piédroits préfabriqués des dalots
- Mise en œuvre du ferrailage du radier
- Coulage du radier, dosage du béton à 350 kg/m³
- Mise en œuvre du ferrailage du tablier et des guides roues
- Coffrage du tablier et des guides roues
- Coulage du tablier et des guides roues, dosage du béton à 350 kg/m³
- Décoffrage du tablier et des guides roues
- Une réception topographique

Lors de la mise en œuvre du béton sur le chantier, des prélèvements sont effectués pour des essais de compression et des essais d'affaissement.

Divergences relevées

En comparant les résultats de notre étude avec les données utilisées lors de l'exécution des travaux sur le chantier, nous avons identifié certaines différences, notamment en ce qui concerne les sections hydrauliques d'une succession de caniveaux et de certains dalots situés sur la PV2 et PV3. Les travaux réalisés sur le chantier laissent paraître que certains caniveaux et dalots pourraient être sous dimensionnés. Cela est dû à la présence d'un plateau (terrain plat) observé au logiciel Covadis, qui affectait le sens d'écoulement des eaux, affectant ainsi la superficie des bassins versants drainés par ces caniveaux et ces dalots. Cependant, notre inspection sur le terrain pendant l'étude a confirmé la possibilité d'écoulement des eaux jusqu'aux caniveaux, ce qui nous a conduit à prendre en compte l'intégralité des surfaces des sous-bassins versants concernés.

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de voiries centres secondaires dans la commune de Ouagadougou : tranche longue de 3.2 km



Image 6 : Travaux de coulage de béton de radier



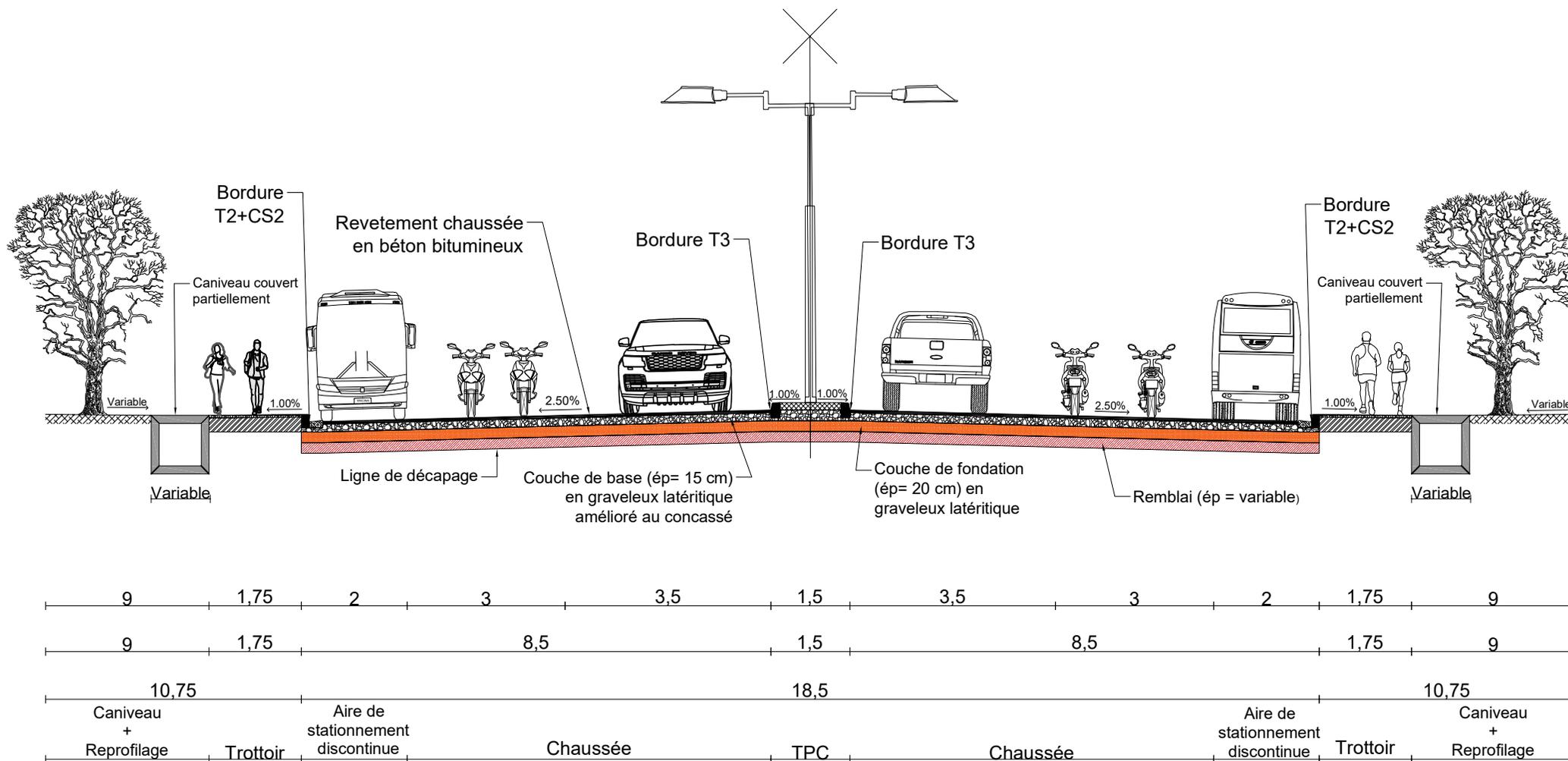
Image 7 : Béton de propreté pour caniveaux / Travaux de fouilles pour caniveaux



Image 8 : Ferrailage du tablier d'un dalot / Attentes pour le ferrailage du tablier d'un dalot

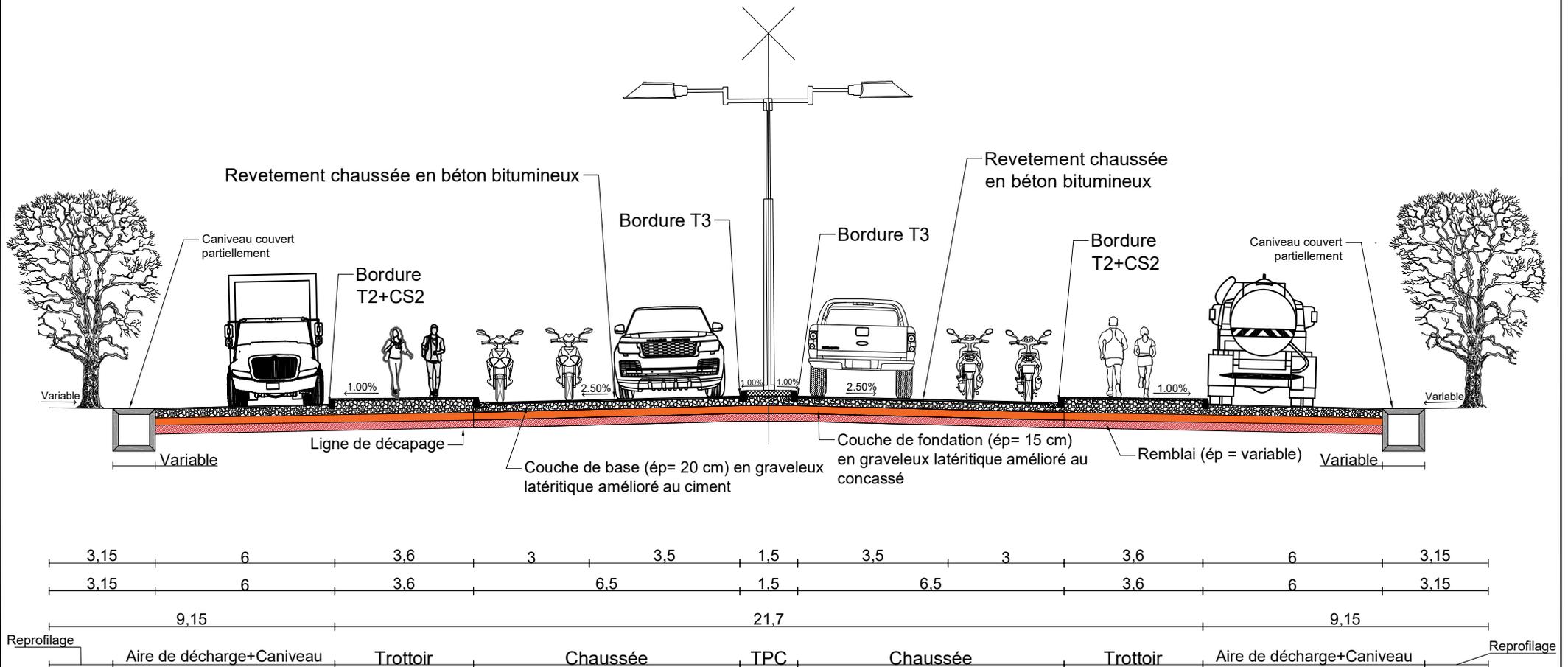
Annexe VIII : Plans d'exécution

PV2 / PV3 - CAS AVEC STATIONNEMENT



***NB : Le stationnement et la plantation d'arbre d'embellissement sont intercalés

PV4 AU NIVEAU DU MARCHÉ ET GARE ROUTIERE STAF



***NB : Le stationnement et la plantation d'arbre d'embellissement sont intercalés



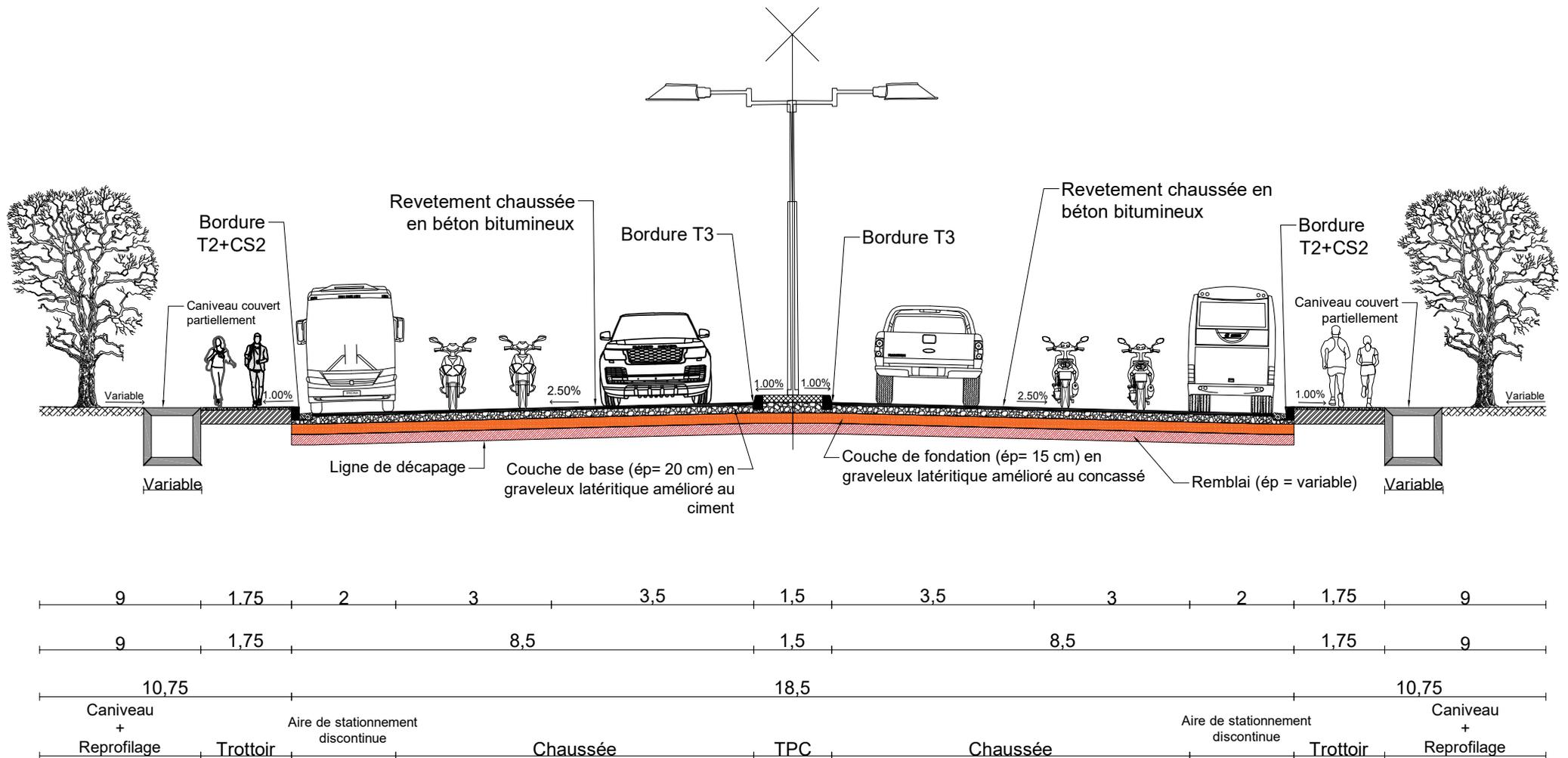
ETUDE TECHNIQUE D'EXECUTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT, DE BITUMAGE ET D'ASSAINISSEMENT DE VOIRIES CENTRES SECONDAIRES DANS LA COMMUNE DE OUAGADOUGOU : TRANCHE LONGUE DE 3.199 KM

Rue PV4
PROFIL EN TRAVERS TYPE

Dessiné par : COMBOIGO Nerwaya Prince Charles Davy
Vérifié par : Imer DJEBEY
Approuvé par : Imer DJEBEY

Echelle 1:1
Date: 29/11/2023
Plan N: 3/5
Feuille A4

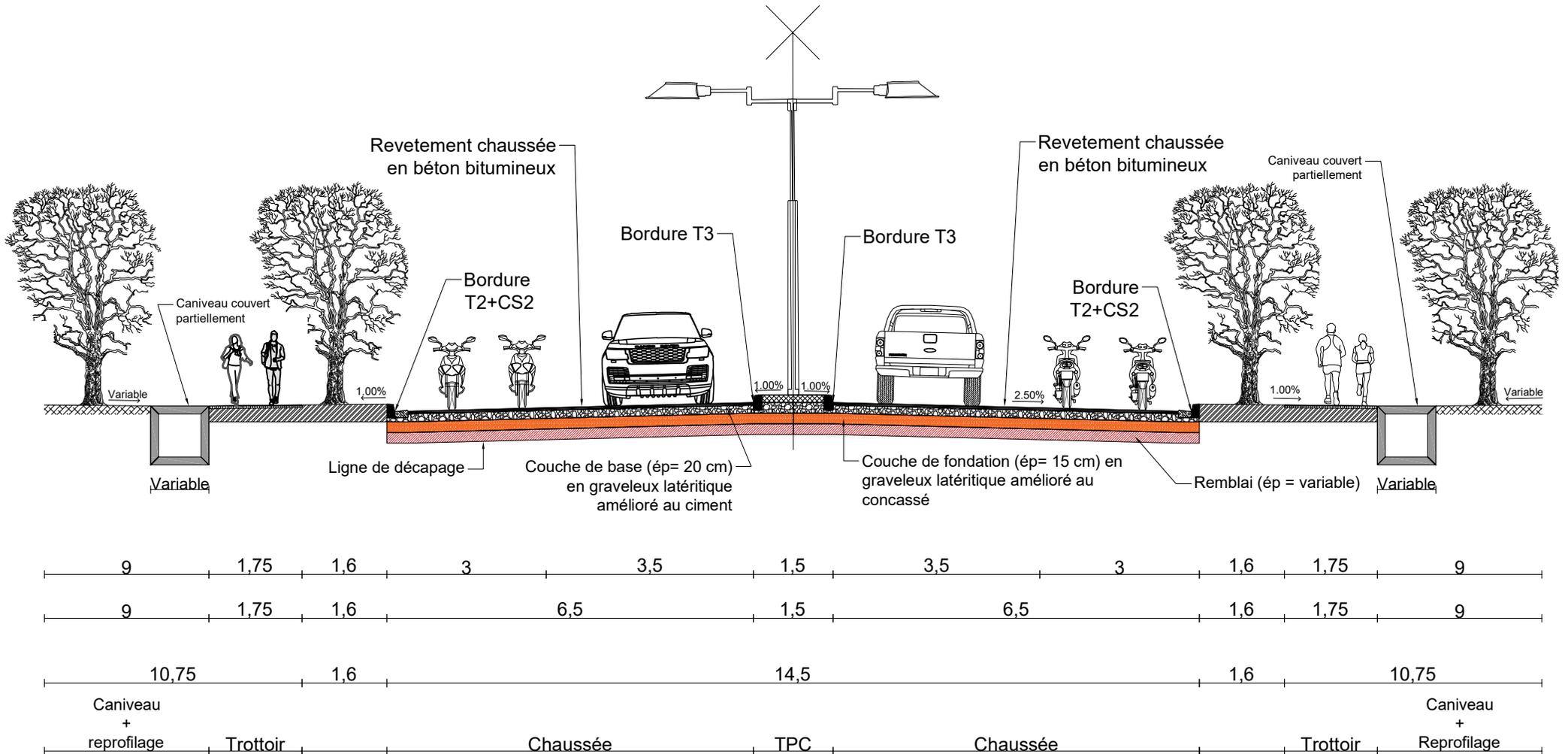
PV4 / PV5 - CAS AVEC STATIONNEMENT



***NB : Le stationnement et la plantation d'arbre d'embellissement sont intercalés

	ETUDE TECHNIQUE D'EXECUTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT, DE BITUMAGE ET D'ASSAINISSEMENT DE VOIRIES CENTRES SECONDAIRES DANS LA COMMUNE DE OUAGADOUGOU : TRANCHE LONGUE DE 3.199 KM	Rue PV4-PV5		Dessiné par : COMBOIGO Nerwaya Prince Charles Davy	Echelle 1:1	Date: 29/11/2023
		PROFIL EN TRAVERS TYPE		Vérifié par : Imer DJEBEY		Plan N: 5/5
				Approuvé par : Imer DJEBEY		Feuille A4

PV4 / PV5 - CAS SANS STATIONNEMENT



***NB : Le stationnement et la plantation d'arbre d'embellissement sont intercalés



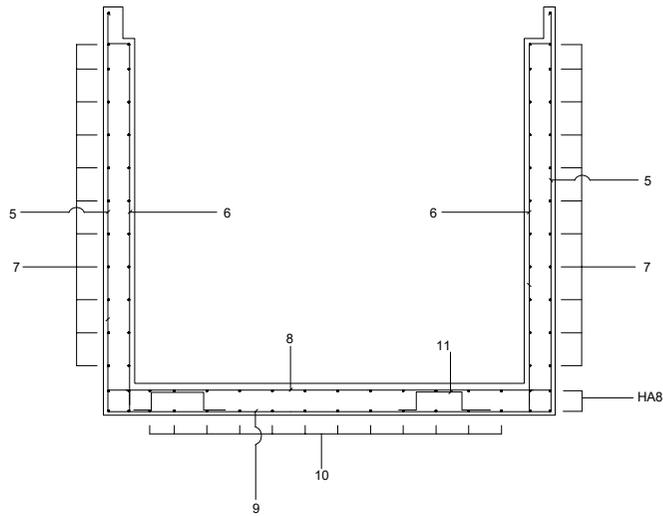
ETUDE TECHNIQUE D'EXECUTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT, DE BITUMAGE ET D'ASSAINISSEMENT DE VOIRIES CENTRES SECONDAIRES DANS LA COMMUNE DE OUAGADOUGOU : TRANCHE LONGUE DE 3.199 KM

Rue PV4-PV5
PROFIL EN TRAVERS TYPE

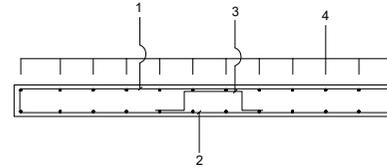
Dessiné par : COMBOIGO Nerwaya Prince Charles Davy
Vérifié par : Imer DJEBEY
Approuvé par : Imer DJEBEY

Echelle
1:1
Date: 29/11/2023
Plan N: 4/5
Feuille A4

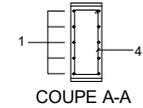
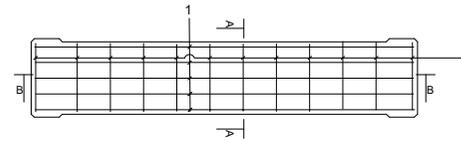
PLAN DE FERRAILLAGE DE LA DALETTE ET DU CORPS DE CANIVEAU



COUPE B-B



EN PLAN



Numéro	Diamètre	Espacement
1	HA16	12
2	HA16	12
3	HA10	-
4	HA8	20
5	HA16	15
6	HA14	15
7	HA8	20
8	HA14	15
9	HA16	15
10	HA8	20
11	HA10	-



ETUDE TECHNIQUE D'EXECUTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT,
DE BITUMAGE ET D'ASSAINISSEMENT DE VOIRIES CENTRES
SECONDAIRES DANS LA COMMUNE DE OUAGADOUGOU : TRANCHE
LONGUE DE 3.199 KM

Caniveau 250 x 220

Plan de ferrailage de la dalette et du corps
du caniveau

Dessiné par: **COMBOIGO Nerwaya Prince Charles Davy**

Vérifié par: **Imer DJEBEY**

Approuvé par: **Imer DJEBEY**

Echelle

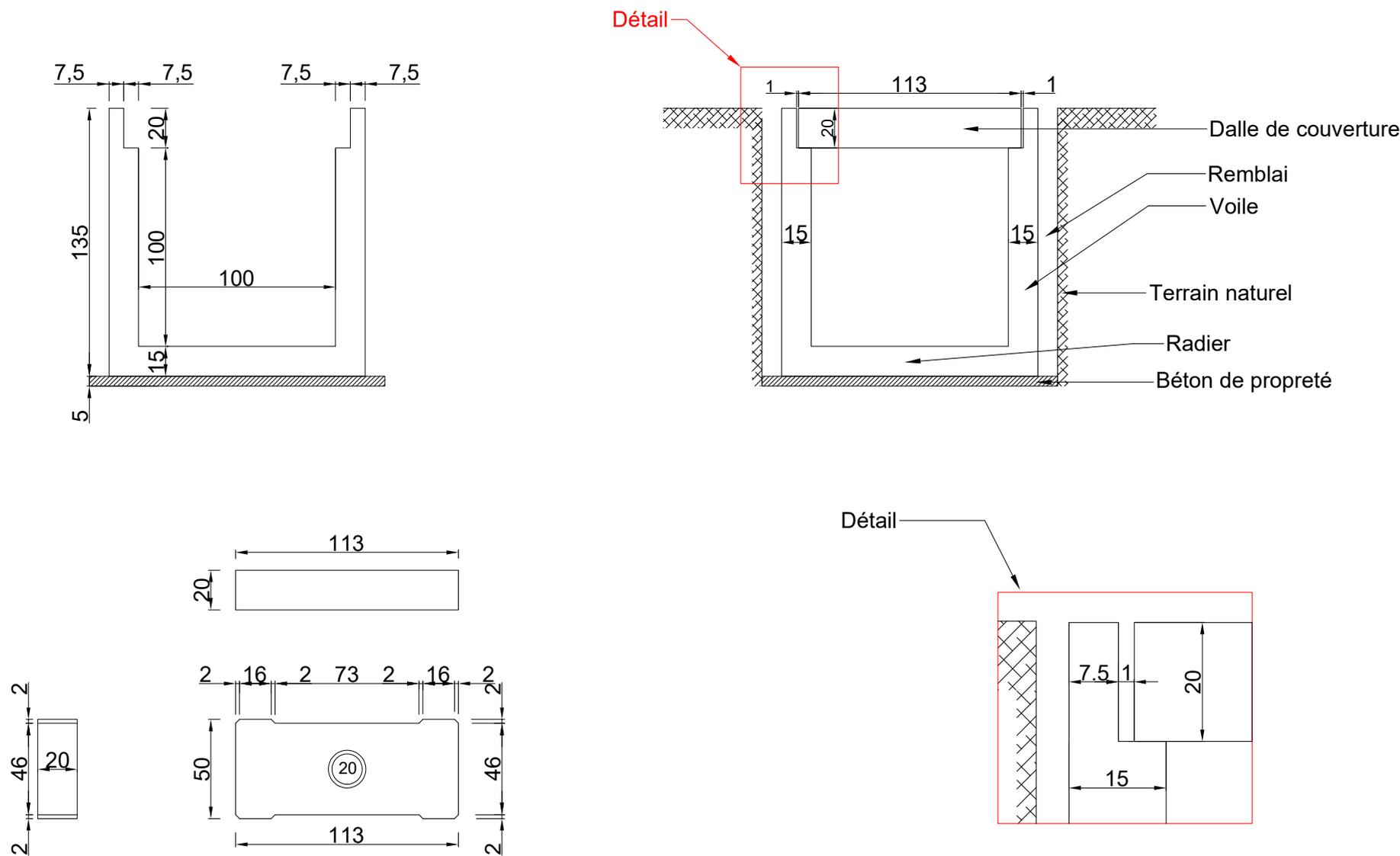
1:1

Date: 29/11/2023

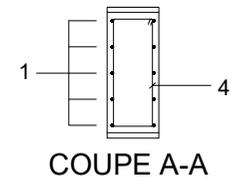
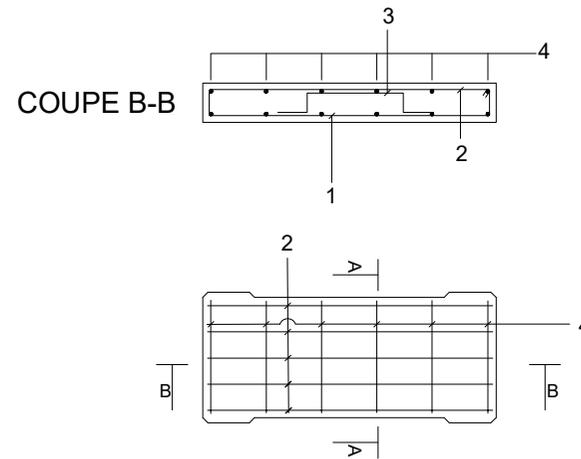
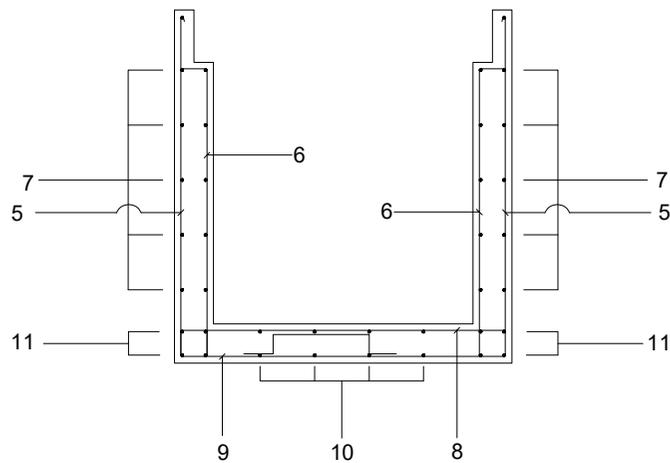
Plan N: 2/2

Feuille A4

PLAN DE COFFRAGE DE LA DALETTE ET DU CORPS DE CANIVEAU

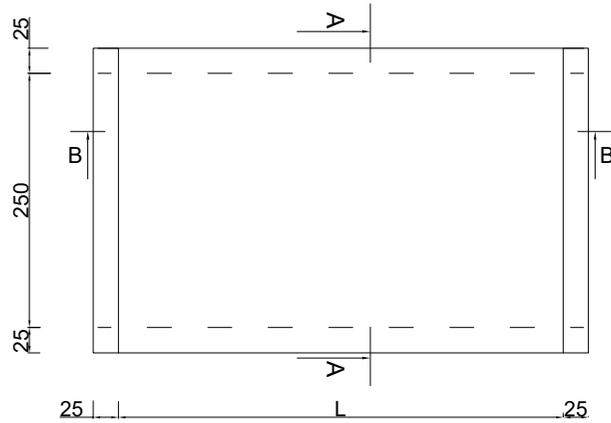


PLAN DE FERRAILLAGE DE LA DALETTE ET DU CORPS DE CANIVEAU

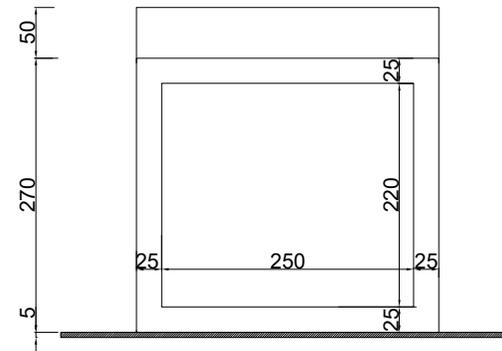


Numéro	Diamètre	Espacement
1	HA12	11
2	HA12	11
3	HA10	-
4	HA8	20
5	HA12	13
6	HA10	13
7	HA8	20
8	HA10	13
9	HA12	13
10	HA8	20
11	HA8	20

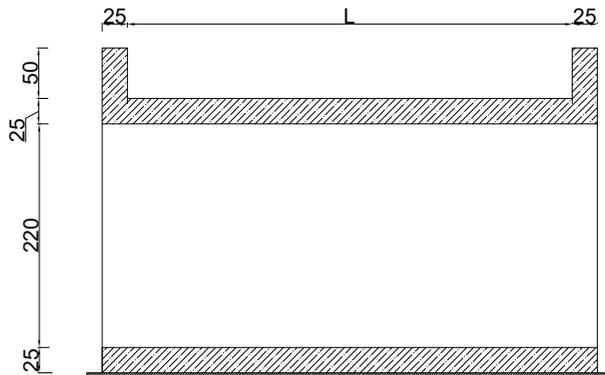
Vue en plan



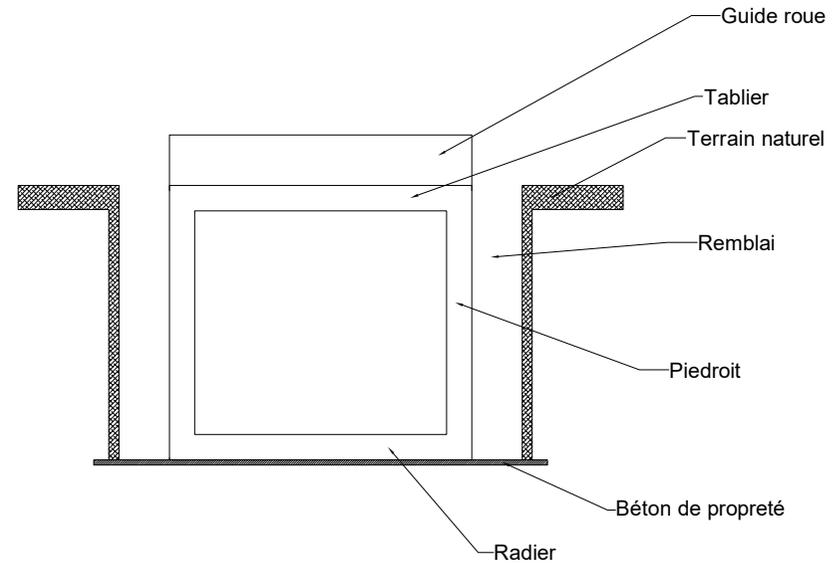
Coupe A-A



Coupe B-B

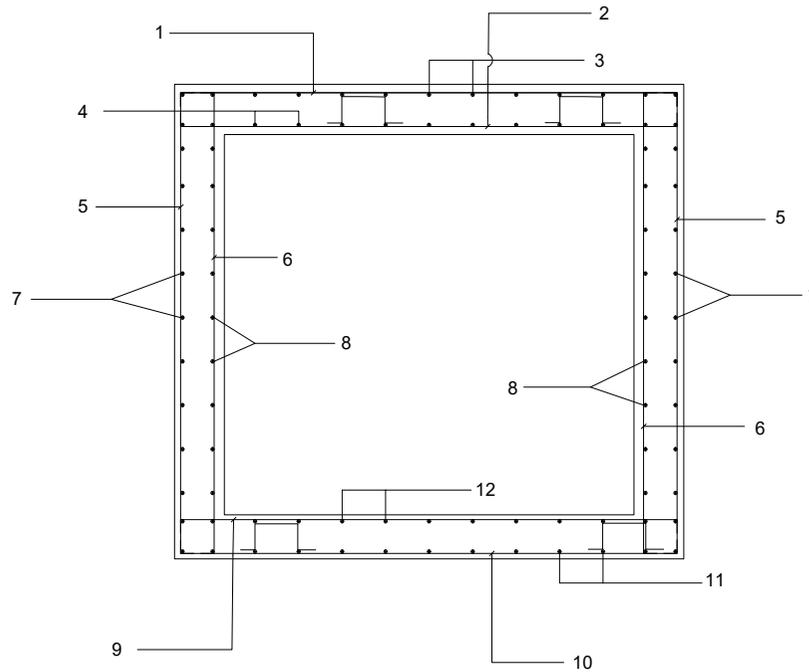


NB : La longueur L représente la longueur du dalot. Elle varie entre 12m et 15m. Pour ce plan, La longueur L est de 15m.

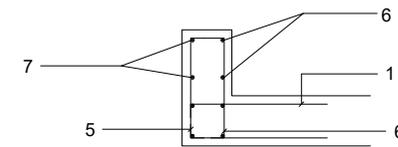


PLAN DE FERRAILLAGE DU DALOT

Plan de ferrailage du corps de dalot



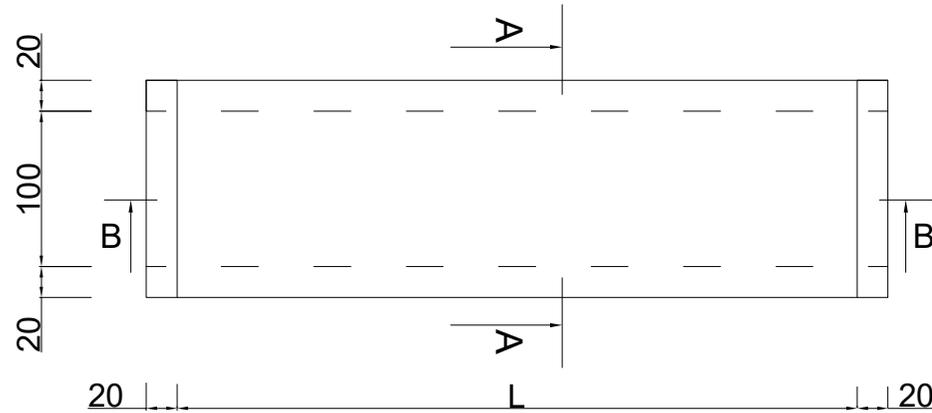
Plan de ferrailage des guides roues



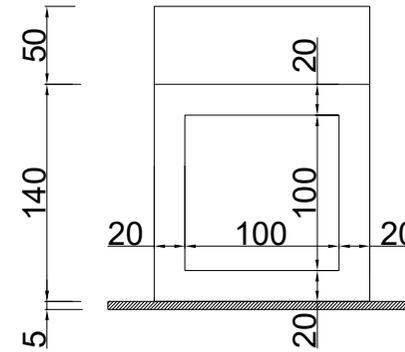
Numéro	Diamètre	Espacement
1	HA14	10
2	HA14	10
3	HA8	20
4	HA8	20
5	HA12	10
6	HA12	10
7	HA8	20
8	HA8	20
9	HA14	10
10	HA14	10
11	HA8	20
12	HA8	20

PLAN DE COFFRAGE DU DALOT

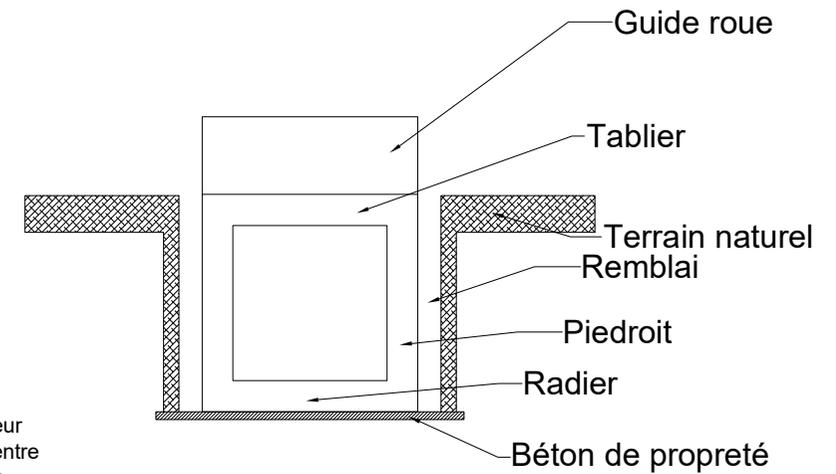
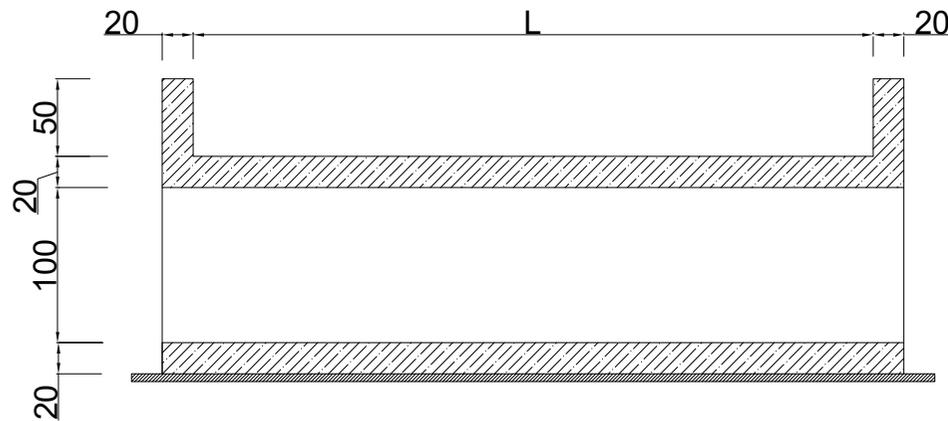
Vue en plan



Coupe A-A



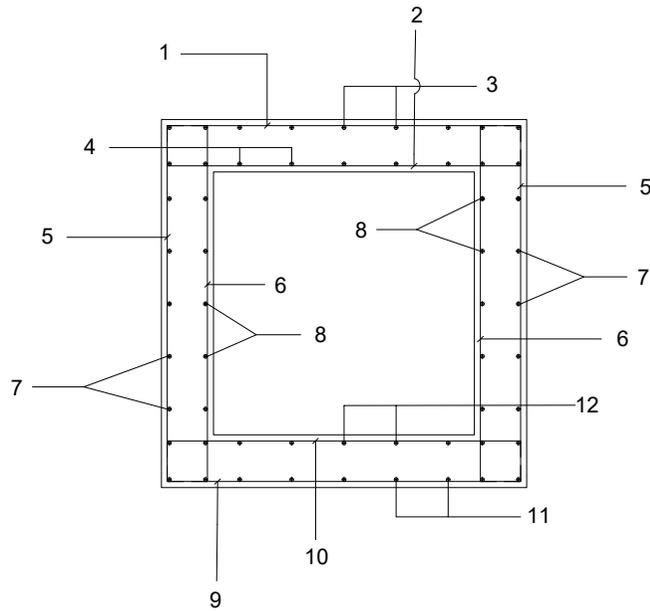
Coupe B-B



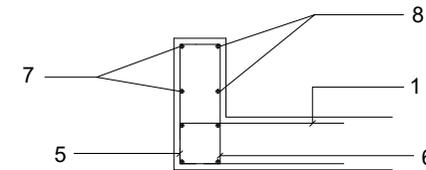
NB : La longueur L représente la longueur du dalot. Elle varie entre 10m et 15m. Pour ce plan, La longueur L est de 15m.

PLAN DE FERRAILLAGE DU DALOT

Plan de ferrailage du corps de dalot

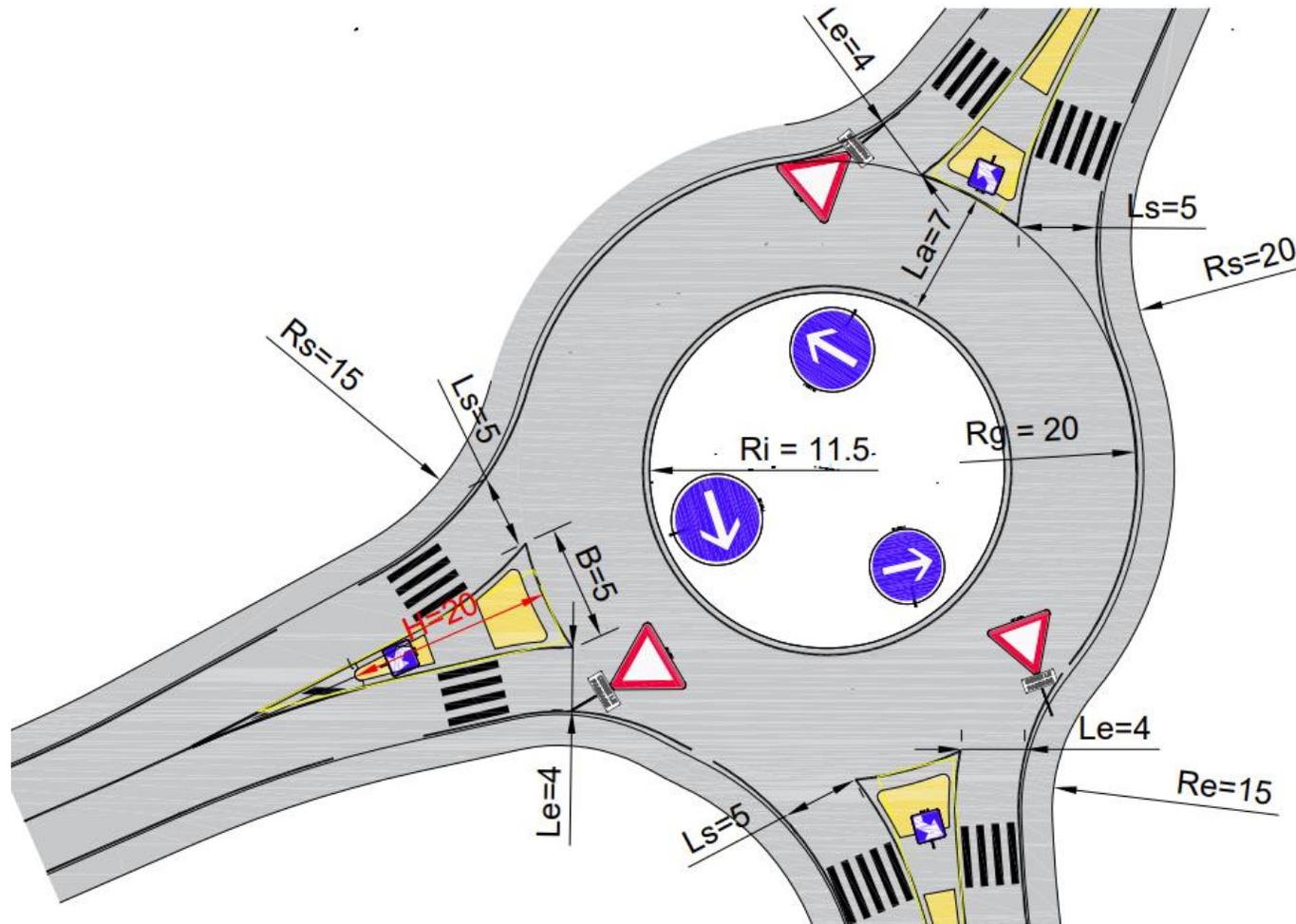


Plan de ferrailage des guides roues



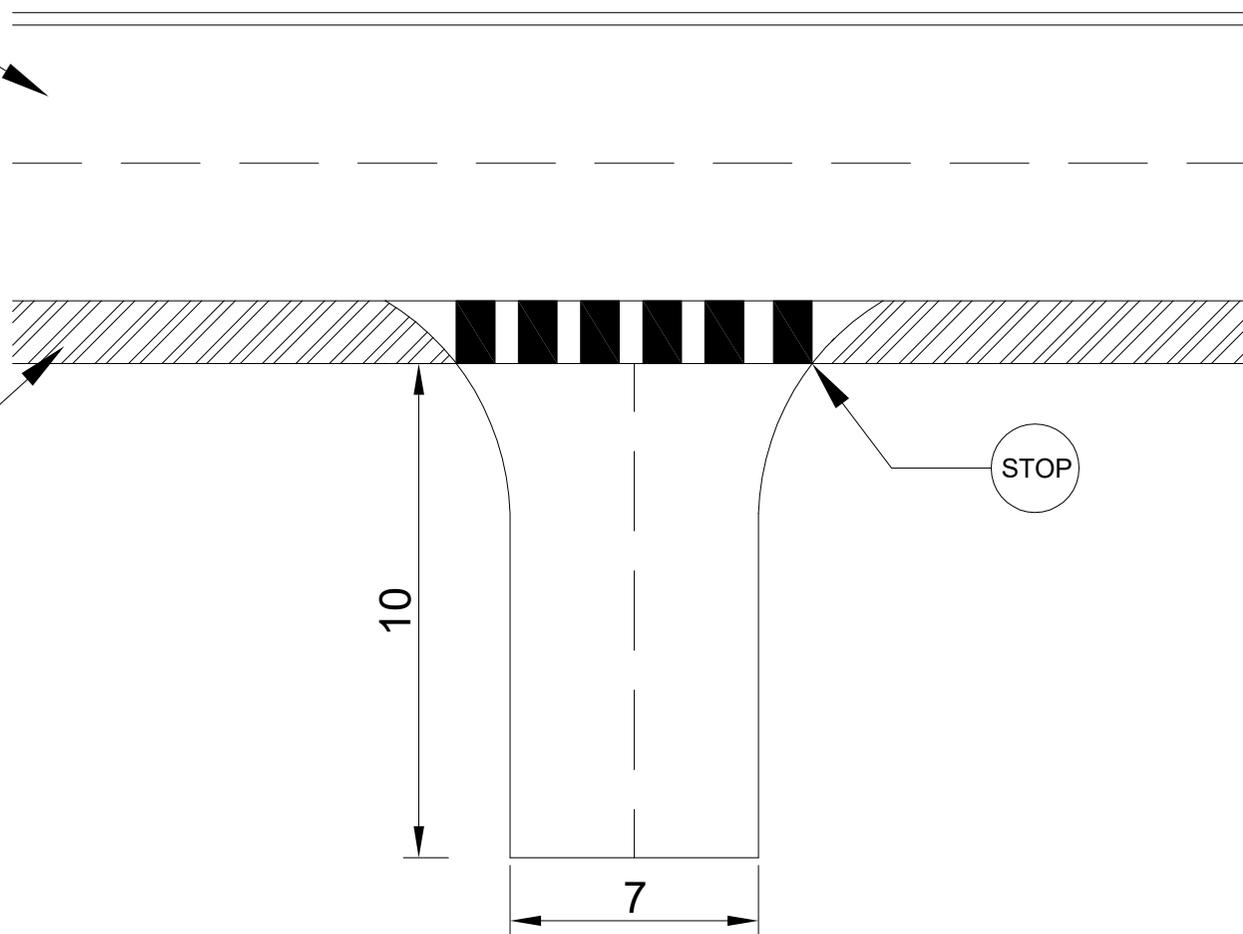
Numéro	Diamètre	Espacement
1	HA12	15
2	HA12	15
3	HA8	20
4	HA8	20
5	HA10	15
6	HA8	15
7	HA8	20
8	HA8	20
9	HA10	20
10	HA10	20
11	HA8	20
12	HA8	20

Plan du giratoire



Chaussée

Trottoir



ETUDE TECHNIQUE D'EXECUTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT,
DE BITUMAGE ET D'ASSAINISSEMENT DE VOIRIES CENTRES
SECONDAIRES DANS LA COMMUNE DE OUAGADOUGOU : TRANCHE
LONGUE DE 3.199 KM

Plans divers

Amorce

Dessiné par : COMBOIGO Nerwaya Prince Charles Davy
Vérifié par : Imer DJEBEY
Approuvé par : Imer DJEBEY

Echelle
1:1

Date: 29/11/2023
Plan N: 1/1
Feuille A4