

REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE
DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA
ROUTE NATIONALE N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE ET LA
VOIE DE CONTOURNEMENT A OUAGADOUGOU, BURKINA FASO

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC
GRADE DE
MASTER
SPÉCIALITÉ Génie Civil – Bâtiment et Travaux Publics

Présenté et soutenu publiquement le 20 Janvier 2026 par

Fatoumata N'GUIRO (20180650)

Directeur de mémoire : Pr Adamah MESSAN, Professeur Titulaire, Institut 2iE.

Encadrant 2iE : Dr Marie-Thérèse GOMIS/MBENGUE, Enseignant-Chercheur,
Département Génie Civil, Institut 2iE.

Maître de stage : Monsieur Ousséni MONE, Directeur Technique à ACIT Géotechnique,
Structure d'accueil du stage : Afrique Industrie Commerce et Transport Géotechnique
(ACIT Géotechnique).

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr (MC) LAWANE GANA Abdou (Président de jury)

Membres : Dr DJOUBISSIE DENOUWE Decroly (Examineur)

Mr N'TSOUKPOE Komi Jeannot (Examineur)

Promotion 2025 - 2026

Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.

Ce mémoire est l'aboutissement de cinq (5) années d'efforts, de persévérance et de résilience, mais aussi de précieuse leçon de vie et de rencontres inoubliables. Si ce chemin aussi difficile qu'il soit a pu être parcouru, c'est grâce à la force de la foi, à des mains tendues et à des prières silencieuses. À vous qui m'aviez porté, soutenue, aimé sans condition : ce mémoire vous est dédié :

À mon père Adama N'GUIRO, pour son affection constante, ses enseignements remplis de sagesse et cet amour indéfectible qui continue d'éclairer ma route, même dans l'éloignement ;

À ma mère Aissata TOURE, pilier discret et inébranlable, toujours présente dans les moments les plus doux comme les moments les plus difficiles.

Merci pour votre amour sans bornes, votre patience infinie et votre foi silencieuse.

Que Le Très-Haut vous comble de Sa miséricorde, de Sa paix et vous entoure de Sa lumière.

À tous mes proches, vous qui, dans le silence ou dans les mots, dans les gestes visibles ou les prières discrètes, avez été à mes côtés... Merci, du fond du cœur.

Ce mémoire est aussi le vôtre.

Qu'Allah vous récompense abondamment pour votre amour, votre bienveillance et votre soutien.

Remerciements

La réalisation de ce rapport n'aurait pu se faire sans le soutien inestimable de nombreuses personnes. Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à toutes celles et tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce travail. À ce titre, nous adressons nos remerciements les plus sincères à :

- ✓ M. TOE Jean Marie, Directeur Général de ACIT^{Géotechnique}, pour l'opportunité qu'il nous a offerte de réaliser notre stage au sein de son entreprise ;
- ✓ M. le Directeur Général de l'Institut 2iE, ses collaborateurs, l'administration ainsi que les professeurs, pour leur engagement constant en faveur de notre éducation et leur dévouement à transmettre leur savoir ;
- ✓ M. MONE Ousséni, notre maitre de stage, pour son professionnalisme, sa disponibilité pour apporter des orientations éclairées dans le but d'aboutir à des résultats fiables ;
- ✓ Dr Marie-Thérèse GOMIS/MBENGUE, notre directrice de mémoire, pour son approche pédagogique, ses conseils avisés, la confiance accordée et son temps mis à notre disponibilité durant la rédaction de notre mémoire malgré ses multiples occupations ;
- ✓ Mme TANOU, M. SAWADOGO et M. KONATE de la Direction Générale des Infrastructures de Transport, pour m'avoir aidée à obtenir ce stage et pour l'accompagnement dont j'ai bénéficié durant toute la période de stage ;
- ✓ M. BALLO Cheick Aliou, Ingénieur Géotechnicien et qualité de PFO Africa Burkina Faso pour son accompagnement ;
- ✓ L'ensemble du personnel du Groupement MDC (Mission de contrôle) de ce projet, pour l'accueil chaleureux et l'environnement de travail convivial qui ont marqué notre stage ; avec une mention particulière à M. NANA Josué Tégawende, Ingénieur de conception en génie civil, pour son accompagnement ;
- ✓ Nos amis et camarades de classe, pour leur collaboration sincère et leur soutien indéfectible ;

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes dont les noms n'ont pas été mentionnés, mais qui, par leur soutien et leurs encouragements, ont contribué à la réussite de ce projet. Qu'elles trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude. Qu'Allah vous bénisse !!!

RESUME

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre du projet d'élargissement et de modernisation de la Route Nationale n°2 (RN2) à Ouagadougou, au Burkina Faso, axe structurant du réseau routier national caractérisé par un niveau de trafic élevé et une forte sollicitation fonctionnelle. Un tronçon compris entre le Rond-point de la Jeunesse et la voie de contournement, sur une longueur d'environ 16 km le long de la RN°2. La conception géométrique et le dimensionnement structurel ont été mener selon la norme ICTAVRU sur une infrastructure routière de catégorie U en zone urbaine, avec une vitesse de référence (60 km/h). La structure de chaussée retenue est de type souple avec une classe de trafic T3 pour la chaussée principale, sachant l'objectif principal est de faire une optimisation sur la chaussée proposée dans l'APD qui est : 05 cm du béton bitumineux (BB) pour le revêtement, 08 cm de Grave bitume (GB3) pour la couche de base, 20 cm de Graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment pour la couche de fondation 2 (GLAC) et 15 cm Graveleux latéritique naturel pour la couche de fondation 1 (GLN). À l'issue des études de dimensionnement, selon le guide pratique de dimensionnement de la chaussée des pays tropicaux trois (03) variantes de structures de chaussée ont été identifiées. La variante 3 a été retenue en raison de la durabilité et des caractéristiques des matériaux. Les matériaux sélectionnés pour la constitution des différentes couches de la chaussée sont : 05 cm du béton bitumineux (BB) pour le revêtement, 08cm de Grave bitume (GB3) pour la couche de base, 20 cm de Graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment pour la couche de fondation 2 (GLAC) et 15 cm de Graveleux latéritique naturel pour la couche de fondation 1 (GLN) d'où l'entreprise aurait pu économiser **1 659 555 500 FCFA** au niveau de Chaussée et revêtements. Le dimensionnement hydraulique a permis de définir un système d'assainissement adapté aux caractéristiques hydrologiques et hydrauliques de la zone du projet, ce qui nous a conduit à la détermination de sections de caniveaux allant de : $80 \times 80 \text{ cm}^2$ à $140 \times 140 \text{ cm}^2$ et ainsi que de dalots de sections : $3 \times 350 \times 200 \text{ cm}^2$, $3 \times 200 \times 200 \text{ cm}^2$, $3 \times 200 \times 150 \text{ cm}^2$ et $2 \times 240 \times 150 \text{ cm}^2$, en milieu urbain sur neuf (09) ouvrages hydrauliques. L'analyse environnementale et sociale a permis d'identifier les impacts positifs et négatifs potentiels du projet, et de gestion environnementale nécessaires. L'étude est complétée par l'établissement d'un avant-métré détaillé et d'une estimation financière globale. Enfin, un devis quantitatif et estimatif du projet a été établi, évaluant le coût global des travaux à environ **35 021 622 953 F CFA TTC**.

Mots-clés

1. Étude d'exécution
2. Dimensionnement de la chaussée
3. Ouvrages hydrauliques
4. Système d'assainissement
5. Aménagement routier
6. (RN2) à Ouagadougou

ABSTRAT

This thesis is part of the project for the widening and modernization of National Road No. 2 (RN2) in Ouagadougou, Burkina Faso, a major structuring axis of the national road network characterized by heavy traffic and high functional demand. The study covers a section extending from the Rond-point de la Jeunesse to the bypass road, over an approximate length of 16 km along RN2. The geometric design and structural pavement design were carried out in accordance with the ICTAVRU standard for a Category U urban road infrastructure, with a design speed of 60 km/h. The adopted pavement structure is a flexible pavement with a T3 traffic class for the main carriageway. The primary objective of the study was to optimize the pavement structure proposed in the Detailed Preliminary Design (APD), which consists of a 5 cm bituminous concrete (BC) wearing course, an 8 cm bituminous gravel base layer (GB3), a 20 cm cement-treated natural lateritic gravel subbase (GLAC), and a 15 cm natural lateritic gravel subbase layer (GLN). Following the pavement design studies, three (03) pavement structure alternatives were identified based on the practical guide for pavement design in tropical countries. Alternative 3 was selected due to its durability and favorable material characteristics. The final pavement structure comprises a 5 cm bituminous concrete (BC) wearing course, an 8 cm bituminous gravel base layer (GB3), a 20 cm cement-treated natural lateritic gravel subbase (GLAC), and a 15 cm natural lateritic gravel subbase (GLN), resulting in an estimated cost saving of **1 659 555 500 FCFA** francs in pavement and surfacing works. Hydraulic design made it possible to define a drainage system adapted to the hydrological and hydraulic characteristics of the project area. This led to the determination of gutter sections ranging from $80 \times 80 \text{ cm}^2$ to $140 \times 140 \text{ cm}^2$, as well as culverts with sections of $3 \times 350 \times 200 \text{ cm}^2$, $3 \times 200 \times 200 \text{ cm}^2$, $3 \times 200 \times 150 \text{ cm}^2$, and $2 \times 240 \times 150 \text{ cm}^2$, within an urban environment across nine (09) hydraulic structures. The environmental and social assessment identified the potential positive and negative impacts of the project, as well as the necessary environmental management measures. The study is completed by the preparation of a detailed preliminary bill of quantities and an overall financial cost estimate. Finally, a detailed bill of quantities and cost estimate was established, assessing the total project cost at approximately **35 021 622 953 F CFA TTC**.

Keywords :

1. Execution study
2. Pavement design
3. Hydraulic structures
4. Drainage system
5. Road development
6. RN2 in Ouagadougou

Liste des abréviations

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

APD : Avant-projet Détaillé

ARP : Aménagement des Routes Principales

BV : Bassin Versant

BV - C : Bassin Versant - Caniveau

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyen

CEBTP : Centre Expérimentale de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

CERTU : Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions
publiques

CIEH : Comité Inter-États d'Études Hydrauliques

CBR : California Bearing Ratio

CEBTP : Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

DGIT : Direction Générale des Infrastructures de Transport

DEM : Digital Elevation Model

EIES : Étude d'Impact Environnemental et Social

EP : Éclairage Public

ELU : État Limite Ultime

ELS : État Limite de Service

FP : Fissuration Préjudiciable

FCFA : Franc de Communauté Financière Africaine

GPS : Global Positioning System

IST : Infection Sexuellement Transmissible

LED : Light-Emitting Diode

LNBTB : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ;

MID : Ministère des Infrastructures et du Désenclavement

ONATEL : Office National des Télécommunications

ONEA : Office National de l'Eau et de l'Assainissement

ORSTOM : Office de la recherche Scientifique et technique Outre-Mer

PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale

PK : Point Kilométrique

PL : Poids Lourd

RN : Route Nationale

SONABEL : Société Nationale d'Électricité du Burkina Faso

SETRA : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

TC : Transport en Commun

TMJ : Trafic Moyen Journalier

TN : Terrain Naturel

TPC : Terre-Plein Central

UTM : Universal Transvers Mercator

UEMOA : Union Économique et Monétaire Ouest Africaine

VIH/SIDA : Virus Immunodéficience Humaine/Syndrome d'Immunodéficience Acquis

VL : Véhicule Léger

Vr : Vitesse de référence

VRU : Voie Rapide Urbaine

WGS : World Global System

ZIP : Zone d'Impact du Projet

SOMMAIRE

Dédicace	i
Remerciements	ii
RESUME.....	iii
ABSTRAT	iv
Liste des abréviations	v
Liste des tableaux	x
Liste des figures.....	xi
Introduction générale	1
CHAPITRE 1 : Présentation de la structure et du projet	2
Introduction	2
I. Présentation de la structure d'accueil	2
1. Généralités sur la structure.....	2
2. Domaines d'activités.....	4
3. Organigramme de la structure d'accueil	5
II. Présentation du projet et de la zone d'étude	7
1. Contexte et Justification.....	7
2. Objectif général.....	9
3. Objectifs Spécifiques	10
4. Aperçu des résultats de l'APD	10
5. Le relief.....	11
6. Le Sol.....	11
7. Le climat	11
8. La végétation et la faune	12
Conclusion.....	12
CHAPITRE 2 : Étude technique	13
Introduction	13

I.	L'étude géométrique.....	13
1.	Tracé en plan.....	13
2.	Profil en long.....	15
3.	Profils en travers	17
4.	Carrefours giratoires	18
5.	Aménagement routier.....	23
II.	L'étude géotechnique.....	26
1.	La reconnaissance des sols de la plateforme.....	26
2.	Sondage de la Chaussée	27
3.	Essais de laboratoire et identification des sols de plateforme.....	27
4.	Dimensionnement de la chaussée : étude du trafic routier.....	28
5.	Classe des sols de plate-forme	31
6.	Recherche de matériaux de viabilité	32
7.	Prédimensionnement et choix de la structure avec la méthode CEBTP	33
III.	L'étude hydrologique et hydraulique	38
1.	Méthodologie utilisée.....	38
2.	Étude Hydrologique	38
3.	Étude Hydraulique	45
4.	Ouvrages hydrauliques existants sur les différentes routes.....	47
5.	Délimitation de Bassin versant	48
6.	Estimation des débits	49
7.	L'étude hydraulique des ouvrages d'assainissement.....	55
8.	Étude hydraulique des ouvrages de franchissement.....	56
IV.	Calcul structural des ouvrages.....	61
1.	Les données de base.....	61
2.	Dimensionnement structural des caniveaux.....	64
3.	Dimensionnement structural des dalots	64

4.	Résultat de l'étude des caniveaux	65
5.	Résultat de l'étude du dalot.....	66
	Conclusion.....	67
CHAPITRE 3 : Aperçu environnemental et coût du projet		68
I.	Étude d'impact environnemental.....	68
1.	Cadre législatif au Burkina Faso en matière d'environnement.....	68
2.	Description des enjeux environnementaux et sociaux de l'aire d'influence du projet.....	68
3.	Identification et évaluation des impacts sur l'environnement.....	70
4.	Mesures d'atténuation et de compensation	71
5.	Mesures de suivi environnemental.....	72
II.	Estimation du devis du projet	73
III.	Conclusion générale et recommandation	74
BIBLIOGRAPHIE		76
ANNEXES.....		78

Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Présentation de la structure d'accueil.....</i>	<i>3</i>
<i>Tableau 2: Localisation géographique du projet</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 3: Structure de chaussée du projet</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 4 : Paramètres fondamentaux du tracé en plan.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 5 : Valeurs générales de la géométrie des profils en long.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 6 : paramètres fondamentaux du profil en long</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 7 : Paramètres géométriques de conception</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 8 : Paramètres géométriques de conception</i>	<i>21</i>
<i>Tableau 9 : Paramètres géométriques de conception</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 10 : dimensions des panneaux de signalisation</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 11 : Trafics moyens journaliers de PL.....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 12: Hypothèses de calcul du trafic</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 13 : Résultat du trafic obtenu</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 14 : Classe de trafic en nombre de véhicule.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 15 : Classe de portance du sol.....</i>	<i>32</i>
<i>Tableau 16: Le choix des variantes dans le guide.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 17 : Classe de plateforme</i>	<i>35</i>
<i>Tableau 18:Le structure de la chaussée</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 19: comparaison entre les structures du mémoire et du projet</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 20 : Pluviométrie de l'étude technique</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 21 : Coefficient de ruissellement</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 22 : Caractéristiques des Bassins Versants</i>	<i>49</i>
<i>Tableau 23 : Estimation des débits des ouvrages transversales et longitudinales avec les méthodes de calcul.</i>	<i>49</i>
<i>Tableau 24: Pré-dimensionnement des caniveaux</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 25:Section des caniveaux retenues</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 26: les sections existantes et retenue</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 27: Récapitulatif des sections d'aciers.....</i>	<i>66</i>
<i>Tableau 28:Récapitulatif des sections d'aciers.....</i>	<i>67</i>
<i>Tableau 29: Le devis estimatif.....</i>	<i>73</i>
<i>Tableau 30: Comparaison des coûts de chaussée</i>	<i>74</i>

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de l'entreprise	6
Figure 2: Vue de la localisation du projet.....	8
Figure 3: Vue en plan carrefour au PK00+780	20
Figure 4 : Vue en plan du carrefour situé au PK1+570	21
Figure 5 : Vue en plan du carrefour situé au PK 6+300	22
Figure 6 : OH3 : Dalot 2 (2x2x1,5).....	48
Figure 7 : Présentation des bassins versants dans la zone du projet.....	48

Introduction générale

Le développement socio-économique d'un pays dépend fortement de la performance et de la résilience de ses infrastructures routières, lesquelles conditionnent la fluidité des échanges, la mobilité des populations ainsi que l'intégration des territoires. Au Burkina Faso, la dégradation progressive des axes non aménagés contribue à l'enclavement de zones à fort potentiel socio-économique et entraîne une hausse significative des coûts liés au transport.

Face à ces enjeux, l'État burkinabè a initié un programme ambitieux de modernisation et de mise à niveau de son réseau routier, particulièrement dans la ville de Ouagadougou, afin de décongestionner la route nationale N°2 et d'améliorer les conditions de sécurité routière. C'est dans cette dynamique que s'inscrit le projet d'élargissement et de modernisation de la Route Nationale n°2 (RN2), sur le tronçon compris entre le rond-point de la Jeunesse et la voie de contournement.

Le présent document porte sur la revue et l'optimisation du dossier de l'Avant-Projet Détaillée (APD) en vue de faire une comparaison. D'après l'APD un trafic de **classe T3** estimés sera prise en compte pour le dimensionnement de la chaussée principale, concernant les **contre-allées** et les **voies réservées aux bus**, un **trafic de classe T2** sera retenu. Après consultation de l'APD nous nous sommes posées la question de savoir s'il y aurait une possibilité d'optimiser la chaussée proposée par celui-ci ? D'où le thème Intitulé « Revue et optimisation des études techniques dans le cadre des travaux d'élargissement et de modernisation de la Route Nationale N°2 entre le rond-point de la Jeunesse et la voie de contournement au Burkina Faso ».

L'objectif générale de cette étude est faire une optimisation sur le dimensionnement de la chaussée ; qui fait sortir certains autres objectifs comme : faire une comparaison des hypothèses d'étude, vérifier la conformité des normes en vigueur, identifier les écarts éventuels.

Structuré en Trois (3) chapitres, le document présente d'abord les caractéristiques générales de la zone d'étude, puis expose l'étude technique décrivant les différentes étapes de l'analyse. Enfin, une étude d'impact environnementale associés aux coûts, à travers l'usage d'outils de modélisation numérique dédiés.

CHAPITRE 1 : Présentation de la structure et du projet

Introduction

Ce chapitre expose la structure institutionnelle en charge de la planification, de la programmation et de la mise en œuvre du projet d'élargissement et de modernisation de la Route Nationale n°2 (RN02), qui constitue le périmètre technique de la présente étude. Dans un premier volet, il décrit l'organisation interne de la structure, ses domaines de compétence et ses attributions opérationnelles, en mettant en évidence son expertise en ingénierie des transports, son rôle stratégique dans l'amélioration de la mobilité, le renforcement de la connectivité territoriale et la promotion du développement socio-économique du Burkina Faso et de l'espace sous-régional. Dans un second volet, le chapitre analyse le projet d'aménagement de la RN02 en explicitant ses objectifs, ses paramètres de conception, les choix technologiques retenus ainsi que les enjeux associés.

I. Présentation de la structure d'accueil

1. Généralités sur la structure

Crée en 2010 **ACIT géotechnique** est un bureau d'étude en génie civil qui se positionne comme un bureau de référence, certifié ISO 9001 version 2015 en Octobre 2024, dans le domaine des missions géotechniques en particulier au Burkina Faso. La présentation détaillée de la structure est donnée au tableau 1.

Tableau 1: Présentation de la structure d'accueil

N°	Intitulé	
01	Nom ou raison social	ACIT géotechnique
02	Forme juridique actuelle	Entreprise Individuelle
03	N° inscription au Registre du Commerce	N°BFOUA2010 A 0818
04	Date de création	Avril 2010
05	Adresse exacte	PARCELLE N° 10, LOT 2, SECTION AE SAABA – OUAGADOUGOU
06	Boîte Postale	12 BP 217 Ouagadougou 12 BURKINA FASO
	Ville – Région ou Province	Centre / Kadiogo
07	Téléphone	(226) 25 41 73 85 / 70 74 81 44
	E-mail	acitgeotech@gmail.com
	Site web	www.acitgeotech.com
08	Carte d'Agrément – N°	499 Catégorie E du MIDT
	Date de validité	5 ans
09	N° Caisse de Sécurité Sociale	73961T
10	N° d'identification fiscale	IFUN°00025682L
11	Responsable : habilité à signer les documents relatifs aux marchés	
	Nom et Prénoms	Jean Marie TOE
	Fonction	Directeur

2. Domaines d'activités

ACIT géotechnique intervient à tous les stades de mise en œuvre d'une étude géotechnique d'un projet. Les différents domaines d'intervention de l'**ACIT géotechnique** :

Les missions de **ACIT géotechnique** couvrent les différents domaines du Bâtiment et des Travaux Publics :

- ✓ Bâtiments
- ✓ Barrages
- ✓ Routes et aérodrômes
- ✓ Ponts
- ✓ Matériaux de construction
- ✓ Formation

Tous les moyens techniques et intellectuels sont mobilisés pour mener à bien toutes les prestations confiées à **ACIT géotechnique** alliant qualité et coût, pour établir un rapport d'étude géotechnique clair, précis et complet.

Pour satisfaire aux exigences de ses clients et toujours mériter leur confiance, **ACIT géotechnique** a à son avantage les atouts suivants :

- ✓ Une équipe compétente et complémentaire
- ✓ Un savoir faire
- ✓ Un matériel qualifié et régulièrement vérifié
- ✓ Des partenaires de références
- ✓ Rapidité d'exécution
- ✓ Prix compétitifs

ACIT géotechnique se tient à votre disposition pour réussir ensemble tous les projets en maîtrisant la réalisation de chaque étape :

- ✓ La phase des études géotechniques préalables

Étude géotechnique préliminaire de site

Étude géotechnique d'avant-projet

- ✓ La phase de l'étude géotechnique de projet

Phase projet

Phase Assistance aux Contrats de Travaux

- ✓ Phase d'exécution des ouvrages géotechniques

Étude et suivi géotechnique d'exécution : étude et suivi

Supervision géotechnique d'exécution : Supervision de l'étude d'exécution et du suivi
d'exécution

- ✓ Diagnostic Géotechnique

3. Organigramme de la structure d'accueil

Afin de présenter la structure organisationnelle et le mode de fonctionnement du bureau, l'organigramme présenté à la figure 1 met en évidence la répartition des responsabilités, les relations hiérarchiques ainsi que les différentes unités opérationnelles et fonctionnelles. Il permet ainsi de mieux appréhender l'organisation interne du bureau et le rôle de chaque service dans l'exécution des missions.

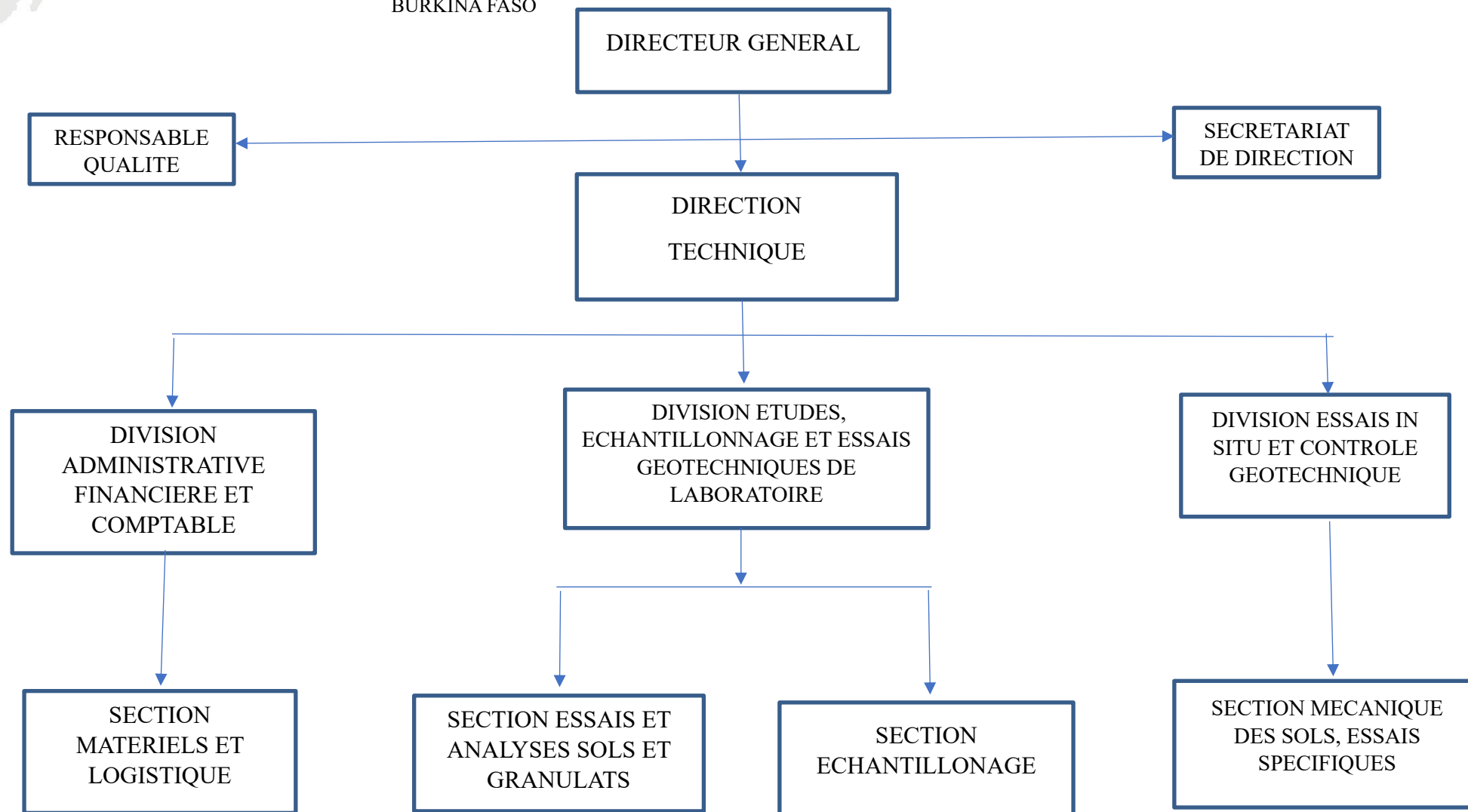


Figure 1: Organigramme de l'entreprise

II. Présentation du projet et de la zone d'étude

1. Contexte et Justification

La Route Nationale N°2 (RN02) constitue l'un des axes routiers stratégiques du Burkina Faso. Reliant Ouagadougou au Mali, elle joue un rôle majeur dans les échanges économiques, commerciaux et sociaux entre la capitale et la partie Nord-Ouest du pays ainsi qu'avec l'extérieur. Dans sa traversée urbaine, notamment entre le rond-point de la jeunesse et la voie de contournement, la RN02 supporte un trafic intense composé d'engins à deux roues, des véhicules légers, de poids lourds et de transports en commun.

Pour contribuer considérablement à une croissance forte et inclusive, au moyen de modes de production et de consommation durable, l'État Burkinabé a choisi de mettre l'accent sur la capacité actuelle de la route, insuffisante face à l'augmentation du volume de circulation, ce qui cause des ralentissements quotidiens. L'élargissement permettra d'améliorer la mobilité, de réduire considérablement les temps de parcours et les risques d'accidents. Et en tant qu'axe de liaison stratégique entre Ouagadougou et le Mali, la modernisation de la RN02 facilitera les échanges commerciaux, le transport de marchandises et favorisera le développement socio-économique des zones concernées.

Le tronçon d'environ 16 km traverse plusieurs arrondissements de la ville de Ouagadougou (Tampouy, Kilwin, Rimkéta, Bissighin, Bassinko, Watinooma, Yagma), et des communes rurales voisines (Pabré et Sourgoubila).

La figure 2 présente la vue de localisation du projet, permettant de situer précisément la zone d'étude dans son contexte géographique et administratif. Elle met en évidence l'implantation du projet ainsi que les principales infrastructures environnantes, facilitant ainsi la compréhension de son emplacement et de son intégration dans le tissu urbain.

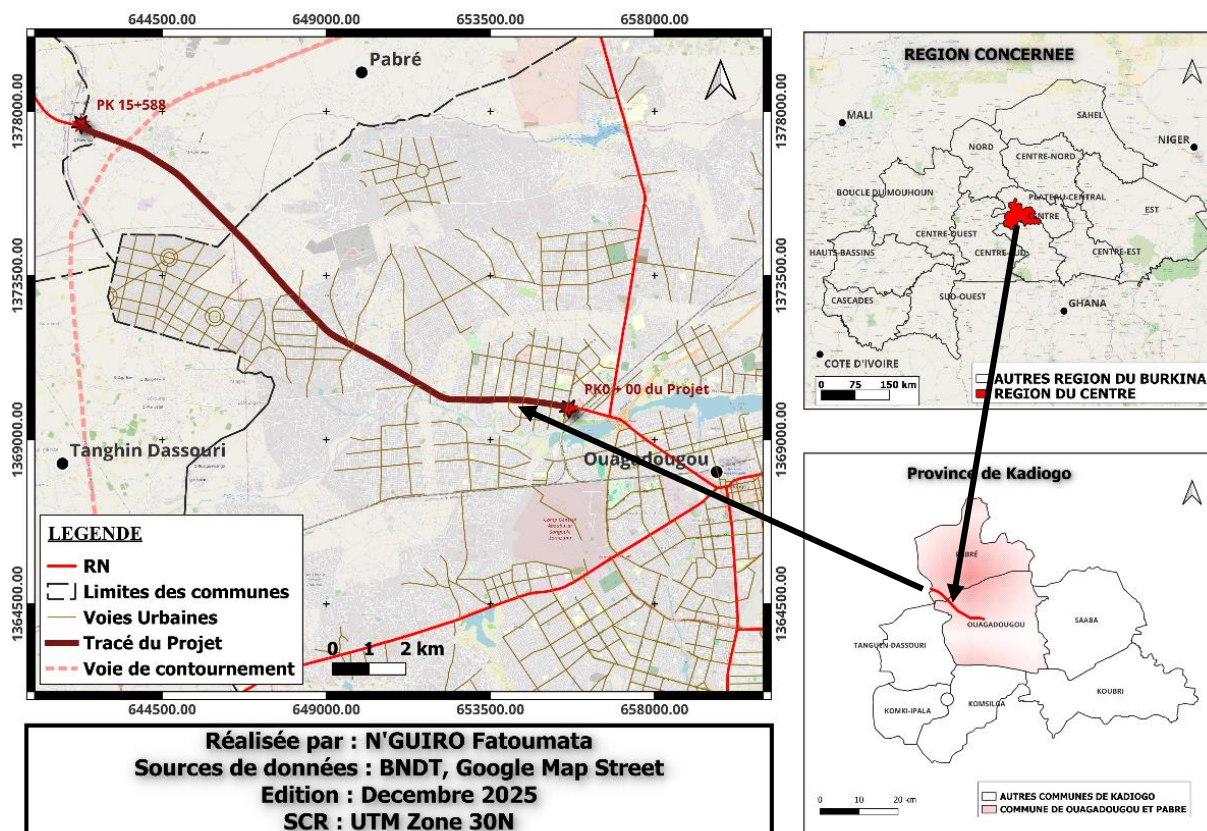


Figure 2: Vue de la localisation du projet

Le projet est localisé dans la province du Kadiogo, plus précisément dans les communes de Ouagadougou et de Pabré. Le tronçon concerné s'étend sur une longueur d'environ 15 588 mètres linéaires (ml). Il débute au niveau du rond-point de la Jeunesse à Ouagadougou et se termine environ 600 mètres après l'intersection avec la voie de contournement. Le tableau 2 donne une synthèse de la situation géographique du projet.

Tableau 2: Localisation géographique du projet

Désignation du tronçon	Début et Fin	Commune	Longueur
RN2 (Rondpoint de la Jeunesse - intersection voie de contournement)			
	Début	Rondpoint de la Jeunesse (Coordonnées GPS : Zone 30P X= 655560.73 ; Y= 1369914.79)	15,588
	Fin	Voie de contournement (Coordonnées GPS : Zone 30P X= 642366.61; Y= 1377535.07)	

D'après l'APD, le tableau 2 récapitule les informations géographiques, on observe que la province du Kadiogo, située au centre du Burkina Faso, est composée de sept (07) départements : Komki-Ipala, Komsilga, Koubri, Ouagadougou, Pabré, Saaba et Tanghin-Dassouri. Elle couvre une superficie totale de 2 805 km².

La ville de Ouagadougou, chef-lieu de la province, est également la capitale politique et administrative du Burkina Faso. Située au cœur de la province du Kadiogo, elle s'étend sur une superficie de 518 km², ce qui représente 18,47 % de la superficie provinciale et 0,2 % du territoire national. Administrativement, la commune urbaine de Ouagadougou est subdivisée en douze (12) arrondissements regroupant cinquante-cinq (55) secteurs.

2. Objectif général

Le projet vise à décongestionner la circulation et assurer la sécurité routière sur la section urbaine de la RN02, qui enregistre un important trafic moyen s'élevant à 1 999 226 VL/an pour les particuliers et 190 165 PL/an assurant le transport de marchandises en provenance et à destination de la Région du Nord et du Mali.

3. Objectifs Spécifiques

- Assurer une liaison rapide et directe entre le centre-ville et les quartiers de banlieues Nord de Ouagadougou (Tampouy, Kilwin, Rimkiéta, Bissighin, Bassinko, Watinooma, Yagma, Sabtenga et Nakamtenga) ;
- Fluidifier la circulation et minimiser les pertes de temps engendrées par les importants embouteillages ;
- Améliorer les conditions de sécurité des usagers de la route ;
- Contribuer à l'amélioration de la qualité de vie des populations ;
- Réduire les nuisances sonores et atmosphériques en améliorant la fluidité du trafic automobile.

4. Aperçu des résultats de l'APD

La structure de chaussée principale proposée dans l'APD, qui sera l'objet de notre optimisation est donnée dans le tableau 3 :

Tableau 3: Structure de chaussée du projet

Chaussée	Couches	Structure modélisée avec les épaisseurs	Module (MPa)	Coefficient de poisson
Chaussée Souple	Revêtement	5 cm en béton bitumineux	1300	0,35
	Base	8 cm en grave bitume	2700	0,35
	Fondation 2	20 cm en graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment	550	0,35
	Fondation 1	15 cm Graveleux latéritique naturelle	275	0,35
	Plateforme S4	PF3	125	0,35

5. Le relief

Le relief constitue un facteur déterminant dans l'organisation de l'espace et l'implantation des populations. Il influence la densité de peuplement, les dynamiques urbaines, l'accessibilité et les usages agricoles ou pastoraux des terres. Dans le cas de la commune urbaine de Ouagadougou, le relief joue un rôle particulier en raison de ses caractéristiques géomorphologiques spécifiques. Ouagadougou est située au cœur de la vaste pénéplaine centrale du Burkina Faso, une région issue du processus ancien d'érosion. Le territoire communal est distingué par un relief très peu accidenté, constitué de terrains plats à légèrement ondulés, sans formations topographiques marquées comme des collines ou des chaînes de hauteurs. La pente générale du terrain s'oriente du sud vers le nord avec une inclinaison très douce, comprise entre 0,5 % et 1 % ce qui confère à la zone une faible déclivité. En l'absence de barrières naturelles ou de reliefs marqués, le territoire de Ouagadougou est ouvert à une expansion urbaine multidirectionnelle. Cette configuration topographique favorise l'étalement spatial de la ville, en particulier vers les zones rurales périphériques au rythme de la croissance démographique et des dynamiques foncières.

Le relief de Ouagadougou se caractérise par :

- Une faible pente, sans obstacle physique majeur ;
- Une topographie facilitant les aménagements urbains ;

6. Le Sol

Les sols de Ouagadougou sont principalement constitués de sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions, développés sur des matériaux sablo-argileux, et de sols peu évolués d'érosion, reposant sur des matériaux gravillonnaires et généralement sableux en surface. Ces sols sont peu profonds pauvres en éléments nutritifs et présentent une structure fragile, les rendant très sensibles à l'érosion hydrique. Dans les zones urbaines, ils sont souvent pollués par des déchets solides et liquides ce qui dégrade davantage leur qualité. Ces caractéristiques pédologiques constituent des contraintes pour l'agriculture, l'assainissement et l'aménagement urbain, tout en influençant la répartition des populations sur le territoire communal.

7. Le climat

La zone du projet située à Ouagadougou bénéficie d'un climat tropical de type soudano-sahélien, caractérisé par deux saisons bien distinctes : Une saison sèche de novembre à avril et

une saison des pluies de mai à octobre. En moyenne la pluviométrie annuelle est d'environ 740 mm, avec une forte variabilité interannuelle (650 à 1000 mm). Les températures sont généralement élevées allant jusqu'à 38°C en mars-avril et des minimales autour de 20°C à 22°C en décembre-janvier. L'humidité relative moyenne est de 49 % variant entre les deux saisons.

8. La végétation et la faune

L'urbanisation rapide de Ouagadougou a dégradé la végétation naturelle, qui est désormais près qu'inexistante autour des tronçons routiers du projet. Seules quelques plantations d'arbres d'alignement existent. Les espèces utilitaires comme le karité et le raisinier ont été préservées, tandis que des arbres fruitiers et ornementa ont été plantés dans les concessions et le long des rues. Les principales réserves forestières restantes sont la forêt classée du barrage Bangr-Weogo et quelques espaces verts. La ceinture verte créée avant 1983 pour protéger la ville des vents secs et limiter l'érosion a été largement réduite par l'expansion urbaine.

Conclusion

Ce chapitre a permis d'exposer de manière approfondie la structure d'accueil, en explicitant ses champs d'intervention, ses objectifs stratégiques et ses missions techniques. Et le second volet, nous avons présenté le projet d'élargissement et de modernisation de la RN02. Le second chapitre est consacré à l'étude technique du projet. Il présente l'ensemble des analyses et investigations réalisées, notamment les études géométriques, géotechniques, hydrauliques et le dimensionnement des différents ouvrages. Ce chapitre expose également les choix techniques retenus, les méthodes de calcul appliquées ainsi que les résultats obtenus, servant de base à la conception et à l'optimisation du projet.

CHAPITRE 2 : Étude technique

Introduction

Le chapitre sur étude technique décrit la méthodologie, le calcul et les résultats obtenue pour la conception sur l'ensemble des données de base nécessaire qui a permis de faire l'étude technique de ce mémoire. Il exposera les approches, les normes, les paramètres et les outils d'analyse rassemblés pour le processus de l'étude.

I. L'étude géométrique

Dans cette partie, nous parlerons de la conception géométrique de la routière en conformité avec les exigences fonctionnelles et normatives du projet. Cette logique consiste à définir et à dimensionner les éléments géométriques fondamentaux de la route, notamment le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers types adaptés aux différentes sections du projet. Elle prendra en compte l'ensemble de physique des paramètres de la voie sur le linéaire, entre autres on peut citer : les variations d'élévation liées aux zones de remblai et de déblai, ainsi que les angles de déflexion induits par les changements de direction. La conception est structurée autour de trois (3) composantes principales : le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

1. Tracé en plan

Le tracé en plan constitue la représentation de l'axe de la chaussée projetée dans le plan horizontal. Il permet de caractériser les longueurs des alignements rectilignes successifs ainsi que les valeurs des rayons de courbure adoptés dans les zones de giration. Entre deux segments en alignement droit, des dispositifs de raccordement sont impérativement introduits afin de garantir des conditions optimales de confort dynamique, de sécurité et de continuité de la trajectoire. Ces transitions peuvent prendre la forme de courbes circulaires, utilisées notamment pour des rayons non déversés, ou de raccordements progressifs de type clothoïde, assurant une variation contrôlée du dévers pour les courbes à rayon réduit. [1]

Les valeurs correspondantes sont présentées dans le tableau 4. [1]

Tableau 4 : Paramètres fondamentaux du tracé en plan

DESIGNATION DES PARAMETRES			Symbole et unité	CATEGORIES DES ROUTES		
Vitesse de référence			Vr (km/h)	60	80	100
Tracé en Plan	Dévers maximal		δM (%)	60	80	
	Rayon en plan RH (m)	Minimal	RH (m)	120	240	425
		Normal	(%)			
		Non déversé	RH' (m)	200	1300	1300
Paramètres cinématiques	Vitesse du véhicule		V (km/h)	60	80	100
	Longueur de freinage		D0 (m)	35	60	105
	Distance d'arrêt en alignement		D1 (m)	50	105	160
	Distance d'arrêt en courbure		D2 (m)	55	120	180
	Distance de visibilité de dépassement	Minimale	Dd (m)	250	325	400
		Maximale	Dd (m)	350	500	625
	Distance de visibilité de manœuvre de dépassement		DMd (m)	120	200	300

Le tableau 4 représente les paramètres fondamentaux du tracé en plan d'après la norme ICTAVRU, et à cause du contexte urbain de notre projet, qui a une forte caractérisation du flux d'échange et une localité topographique, une voie de type U rapide a été choisie pour la conception, avec une vitesse de référence $V_r = 60$ Km/h.[1]

Dans cette phase de conception du tracé, l'axe de la route a été défini en conformité avec les prescriptions normatives en vigueur, de manière à optimiser l'implantation de l'infrastructure sans accroître les limites de débroussaillage et d'emprise foncière. La géométrie retenue s'inscrit strictement dans le cadre des principes de conception et des normes techniques mentionnés précédemment. L'axe en plan projeté est positionné de manière centrée au sein de l'emprise définie et assure la continuité fonctionnelle avec les aménagements existants. Plus précisément, sur la première section, comprise entre le **PK 0+000** et le **PK 2+390**, l'axe projeté

reprend fidèlement le tracé existant afin de préserver les caractéristiques géométriques actuelles. Sur la seconde section, s'étendant du **PK 2+390 au PK fin**, l'axe est recentré dans l'emprise pour répondre aux exigences géométriques du projet et aux contraintes spatiales disponibles.

Les résultats détaillés de la conception géométrique en plan, notamment le **listing complet de l'axe**, sont présentés en **Annexe I**.

2. Profil en long

Le profil en long correspond à la représentation en coupe longitudinale de l'axe de la chaussée projetée. La **ligne de projet**, ou ligne rouge, matérialise les altitudes définitives de l'axe routier en chaque point du tracé, après réalisation des travaux. Afin d'optimiser les coûts de terrassement et de maintenir des conditions satisfaisantes de confort de roulage, de sécurité et de visibilité, le profil projeté a été conçu de manière à épouser au plus près le profil existant, sous réserve du respect des critères normatifs de conception. Il est constitué de pentes et de rampes raccordées entre elles par des courbes paraboliques, qui permet l'assurance d'une transition progressive des déclivités et des efforts dynamiques. Les raccordements ont été effectués selon les exigences normatives liées au dc distances de visibilité d'arrêt, au confort des usagers et à la vitesse de référence pour ce projet.

Les paramètres géométriques caractéristiques du profil en long sont synthétisés dans les tableaux 5 et 6. [1]

Tableau 5 : Valeurs générales de la géométrie des profils en long

Désignation	U60
Déclivité maximale	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

Tableau 6 : paramètres fondamentaux du profil en long

DESIGNATION DES PARAMETRES				Symbole et unité	CATEGORIES DE ROUTES
PROFIL EN LONG	Déclivité maximale en rampe			δM (%)	6
	Rayon en angle saillant RV (m)	Chaussée unidirectionnelle (route à 4 voies ou 2 chaussées)	Minimal absolu	RVm1	3000
			Minimal normal	RVm2	6000
	Rayon en angle rentrant RV' (m)	Minimal absolu		RVm'	2200
		Minimal normal		RVm'	3000

Afin d'éviter toute perturbation perceptible par les usagers lors du déplacement et assurer une continuité dynamique du parcours la conception du profil en long sera effectuée. Le calage visera à optimiser les volumes de déblais et remblais du projet aux contraintes topographiques du site.

La conception du **profil en long** et du **tracé en plan** a été effectuée de manière intégrée et cohérente afin d'assurer une continuité dynamique du parcours et d'éviter toute perturbation perceptible par les usagers lors du déplacement. L'approche de calage retenue vise à optimiser les volumes de déblais et de remblais en adaptant l'altimétrie du projet aux contraintes topographiques du site. Dans cette optique, l'implantation préalable des ouvrages a guidé le positionnement du tracé, garantissant une précision optimale en matière de niveaux et d'implantation structurelle.

Le **calage de la ligne rouge** a été réalisé conformément aux normes et principes de conception précédemment mentionnés. Il convient de souligner que la chaussée existante est globalement établie en remblai. Par conséquent, le profil en long projeté a été conçu en tenant compte des contraintes foncières et des accès riverains situés de part et d'autre du linéaire. Un profil en long en déblai partiel a ainsi été adopté pour intégrer l'élargissement en **2 × 2 voies** et répondre au standard d'aménagement retenu. [1]

Le calage altimétrique de la ligne rouge permet notamment de :

- Garantir et améliorer l'accessibilité des riverains ;
- Assurer une efficacité accrue du système d'assainissement et de drainage des eaux pluviales ;
- Corriger l'axe existant et optimiser son insertion géométrique ;
- Offrir une plateforme neuve adaptée au trafic projeté.

Le tracé combiné en plan et profil en long sont présentés en **Annexe V**.

3. Profils en travers

Le **profil en travers type** constitue la définition transversale des différentes composantes fonctionnelles de l'infrastructure routière. Il présente les largeurs de chaussée, de voies de dépassement, les dispositifs de sécurité et des équipements routiers, et aussi les espaces réservés aux usagers.

Pour une infrastructure classée **U60**, la section de référence retient un standard minimal de **2 x 2 voies**, permettant de répondre aux exigences en matière de capacité, de sécurité et de performance de l'infrastructure. [1]

Le **profil en travers type** du projet se définit par l'ensemble des composantes transversales constituant la plateforme et ses aménagements associés. Il se caractérise notamment par :

- **Une chaussée principale de type souple**, présentant une largeur moyenne d'emprise de **60 m** en section courante, adaptée au trafic projeté, et d'une voie de **2 x 2 voies de 3,50 m de largeur chacun** ;
- **Deux couloirs en site propre dédiés au transport collectif (Bus, etc...)**, implantés de part et d'autre de l'axe principal, d'une largeur unitaire de **4 m** ;
- **Des contre-allées bidirectionnelles**, d'une largeur de **7 m** chacune, destinées aux circulations locales et à la desserte riveraine ;
- **Des trottoirs latéraux** revêtus en pavés, d'une largeur de **2 m**, assurant la circulation sécurisée des piétons ;
- **Un terre-plein central** d'une largeur de **2 m**, pouvant accueillir séparateurs physiques, équipements, réseaux ou dispositifs paysagers ;

- **Un dispositif d'assainissement longitudinal** constitué de caniveaux en béton armé et de dalots assurant la collecte et l'évacuation des eaux pluviales ;
- **Une pente transversale de 2,5 %**, assurant le drainage de surface vers les ouvrages de collecte.

Deux profils en travers type (avec aire de stationnement et sans aire de stationnement) ont été réalisés voir les figures de **Annexe V**.

4. Carrefours giratoires

Un **carrefour** désigne l'interface de croisement, de divergence ou de convergence d'au moins deux axes de circulation. Dans le cadre du présent projet, ces intersections sont implantées en milieu urbanisé, au sein d'un environnement bâti présentant des contraintes d'emprise, de sécurité et de cohabitation de multiples catégories d'usagers. Leur conception est destinée à assurer la gestion optimisée des flux de circulation motorisés et non motorisés (véhicules légers, poids lourds, deux-roues, cyclistes et piétons), tout en garantissant un haut niveau de sécurité, de fluidité, de lisibilité et d'orientation pour l'ensemble des usagers.

Sur le linéaire étudié, **trois (03) carrefours plans** ont été retenus. Le choix des typologies d'intersections repose sur plusieurs paramètres déterminants : le niveau de sécurité exigé, l'optimisation des coûts, les délais de réalisation, la continuité fonctionnelle des aménagements et l'homogénéité du traitement de l'axe. Ainsi, le **carrefour de type diffuseur** a été privilégié, en raison de sa capacité à absorber l'augmentation du trafic sans engendrer de congestion, tout en offrant un niveau de protection supérieur aux usagers vulnérables, notamment les deux-roues en forte proportion sur ce tronçon.

Les carrefours projetés ont été conçus sur la base des critères suivants :

- Des inter distances appropriées permettant un abaissement maîtrisé des vitesses d'approche ;
- La prise en compte des flux adjacents significatifs afin d'optimiser la capacité globale ;
- L'intégration d'un aménagement paysager contribuant à la lisibilité du carrefour et à l'insertion urbaine.

L'objectif majeur de l'aménagement de la sortie de ville de la RN2 est de réduire les phénomènes de saturation du trafic tout en améliorant la sécurité des usagers et des riverains.

À cette fin, la prise en compte des **carrefours dénivelés** s'avère stratégique et prioritaire. Deux sites ont été identifiés en conséquence à la suite des analyses issues des enquêtes de trafic détaillées dans le rapport économique (APD).

a. Principes fondamentaux et normes géométriques des carrefours :

Dans le cadre de la conception géométrique, fonctionnelle et opérationnelle d'un carrefour implanté en milieu urbanisé, il est impératif d'appliquer un ensemble de principes directeurs afin d'assurer des conditions optimales de **sécurité**, de **performance de circulation** et de **compréhension immédiate des usagers**. Ces principes structurants se déclinent comme suit :

- **La conformité à la hiérarchisation fonctionnelle du réseau viaire**, garantissant l'adéquation entre le statut de l'axe, les objectifs de mobilité et les comportements de circulation induits ;
- **L'insertion cohérente dans la trame urbaine et viaire existante**, assurant la continuité spatiale des infrastructures, la logique de l'itinéraire et l'articulation lisible de l'axe routier dans son environnement ;
- **Une configuration spatiale intuitive** facilitant la perception des régimes de priorité, des trajectoires autorisées et des différents mouvements directionnels ;
- **La prise en compte accrue des exigences de sécurité**, appliquée à l'ensemble des usagers, y compris ceux issus de flux secondaires, irréguliers ou faiblement dimensionnés ;
- **L'intégration des besoins des catégories d'usagers spécifiques** (piétons, cyclistes, transports collectifs, personnes à mobilité réduite et convois exceptionnels), à travers des aménagements spécialisés, dispositifs de protection ou cheminements dédiés.

b. Paramètres de conception :

Le carrefour objet du présent aménagement relève de la typologie **giratoire**. Dans le cadre de notre projet d'aménagement linéaire, plusieurs nœuds d'intersection et points de croisement ont été programmés le long du tronçon étudié.

- **Carrefour intersection au Pk 00+780** : Ce carrefour est localisé au croisement de la RN02 avec la Rue 21.45 (Rue Yaon). Il est aménagé en carrefour giratoire régi par des

feux tricolores. Le carrefour projeté présente les caractéristiques géométriques récapitulées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Paramètres géométriques de conception

Rayon intérieur	Largeur de l'anneau	Surlargeur de giration	Rayon extérieur	Rayon d'entrée	Rayon de sortie
15,00 m	8,50 m	1,50 m	25,00 m	20,00 à 25,00 m	25,00 m

Ainsi, sur la base de l'ensemble des contraintes géométriques, fonctionnelles et réglementaires identifiées, il a été possible de dimensionner et modéliser le carrefour projeté à la figure 3.

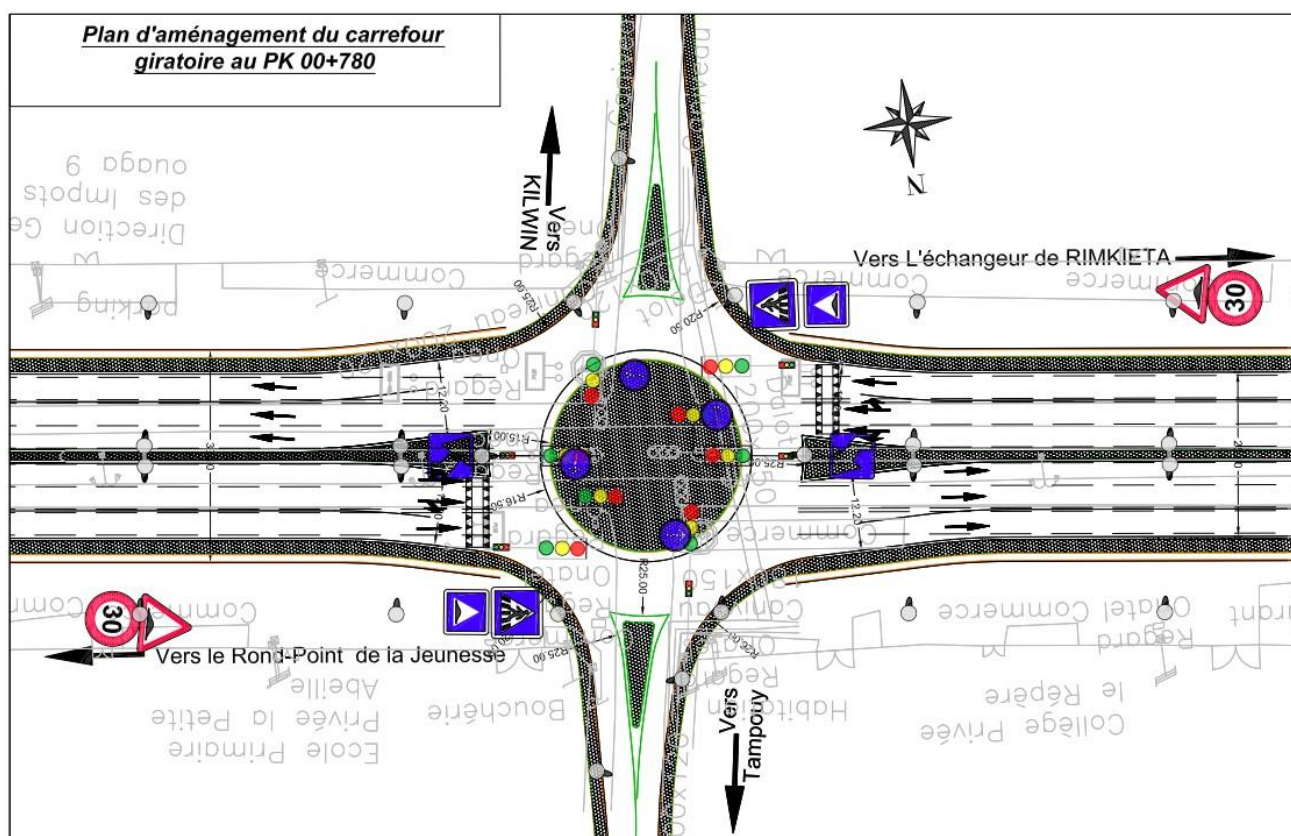


Figure 3: Vue en plan carrefour au PK00+780

- **Carrefour croisement intersection au PK 1+570 :** Ce carrefour est localisé au PK 1+570 du tronçon en projet à son intersection avec la Rue 21.47 (Naba Yilen). Il comporte quatre (4) branches avec une configuration en « + ». La Rue 21.47 est aménagée en 1x2 voies avec une largeur de chaussée de 8m. Le carrefour est aménagé

en carrefour giratoire régi par des feux tricolores Le carrefour et les caractéristiques géométriques récapitulées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Paramètres géométriques de conception

Rayon intérieur	Largeur de l'anneau	Surlargeur de giration	Rayon extérieur	Rayon d'entrée	Rayon de sortie
15,00 m	8,50 m	1,50 m	25,00 m	20,00 à 25,00 m	25,00 m

Ainsi, l'exploitation de ces paramètres dimensionnels et opérationnels a permis d'aboutir à une configuration optimale du carrefour, conforme aux exigences de sécurité, de capacité et de lisibilité à la figure 4.

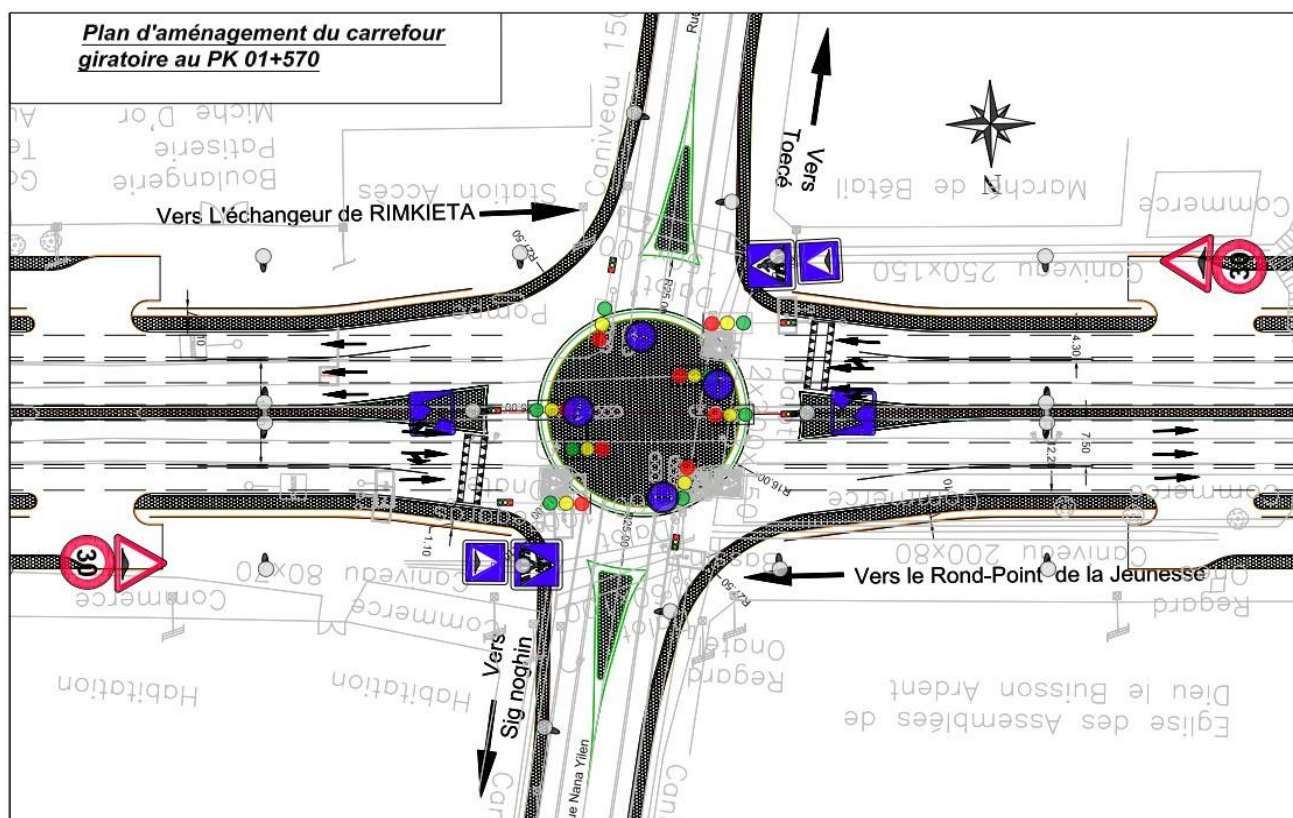


Figure 4 : Vue en plan du carrefour situé au PK1+570

- **Carrefour croisement au PK6+300** : Ce carrefour est localisé au PK 6+300 sur la route Yagma. Il s'agit d'un carrefour giratoire à trois (3) branches régies par des feux tricolores. Le carrefour et les caractéristiques géométriques récapitulées dans le tableau 9.

Tableau 9 : Paramètres géométriques de conception

Rayon intérieur	Largeur de l'anneau	Rayon extérieur	Rayon d'entrée	Rayon de sortie
10,00 m	10,00 m	20,00 m	12,00 m	20,00 m

Ainsi, sur la base de l'ensemble des contraintes géométriques, fonctionnelles et réglementaires identifiées, il a été possible de dimensionner et modéliser le carrefour projeté à la figure 5.

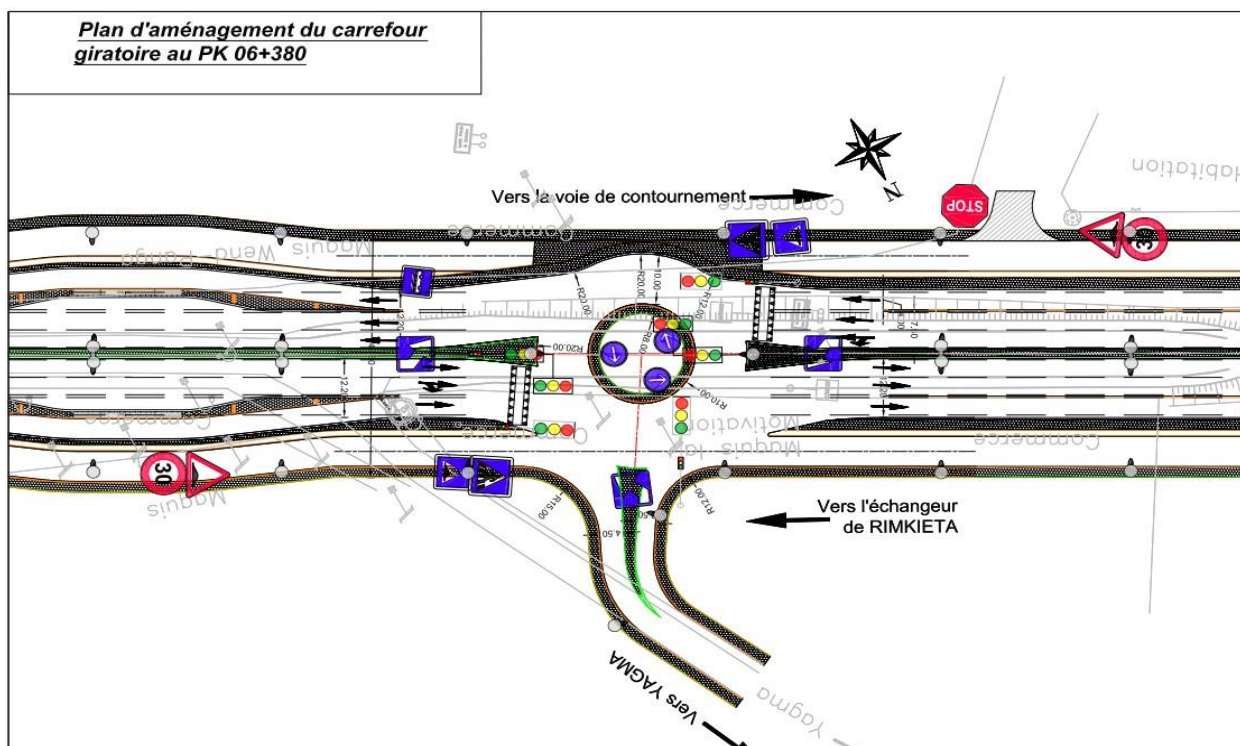


Figure 5 : Vue en plan du carrefour situé au PK 6+300

Afin d'optimiser la sécurité d'exploitation du giratoire et de minimiser les conflits entre usagers motorisés et vulnérables, des dispositifs d'accompagnement et de régulation du trafic ont été intégrés à l'aménagement. En ce sens, un trottoir périphérique calibré à 2,00 m a été prévu pour maintenir la continuité du réseau de mobilité douce et sécuriser les déplacements piétonniers.

5. Aménagement routier

a. Sécurité routière :

L'aménagement a été conçu selon les prescriptions fonctionnelles relatives aux voies principales définies par l'ICTAVRU, tout en intégrant les spécificités d'une insertion en milieu urbain dense. Tout au long du processus d'étude, une attention particulière a été portée au respect des trois piliers fondamentaux de la sécurité routière, à savoir :

- La qualité qui est fonction de : la visibilité, la lisibilité, l'adaptation de l'infrastructure aux contraintes dynamiques des véhicules, la possibilité d'évitement et de récupération, la limitation de la gravité de l'impact.
- La cohérence dans l'espace : la pleine cohérence de tous les éléments de la voie avec l'environnement, la cohérence sur toute la longueur d'un itinéraire
- La cohérence dans le temps : la circulation routière est fortement influencée par les changements de la circulation dans le temps. L'évolution progressive d'une voie peut modifier sa nature et son fonctionnement. L'aménagement intègre la prise en compte des aménagements en cours (Élargissement du Bd. de l'insurrection, ...).

b. Signalisation :

La signalisation routière regroupe l'ensemble des dispositifs implantés sur ou à proximité de la plateforme routière, destinés à informer, réguler, orienter et avertir les usagers. Elle constitue un élément essentiel de la sécurité, de la gestion des flux et de l'exploitation optimale du réseau. Elle comprend deux (2) catégories de signalisation : horizontale et verticale.

❖ Signalisation horizontale :

Ce mode de signalisation est constitué de marquages de chaussée avec :

- Les lignes d'axe (lignes continues, discontinues et les flèches de rabattement) ;
- Les lignes de rive de chaussée ;
- Les lignes complétant les panneaux « Stop » et « Cédez-le-passage » aux intersections
- Les marquages des aires de stationnement, des passages pour piétons, des ralentisseurs et des têtes d'îlots ;

- Les lignes continues en axe ont été systématiquement placées dans tous les virages. Une largeur unitaire $u = 5$ cm sera utilisée pour toutes les voies ;
- Les lignes seront de couleur blanche rétroréfléchissante.

❖ **Signalisation verticale**

Ce mode de signalisation consiste en la mise en place des panneaux à savoir :

- Les panneaux de danger de type A : Virages dangereux, limitations de vitesses, traversées de piétons ;
- Les panneaux de prescription de type B : Obligations, passage pour piétons, zone de stationnement des TC ;
- Les panneaux d'intersection et de priorité de passage de type AB : Arrêt obligatoire, priorité de passage pour piéton, cédez le passage ;
- Les panneaux d'indication de type C : Parking, passage pour piéton, zone de stationnement d'autocars ;
- Les balises de type J5 : pour les têtes d'îlots directionnels en agglomération notamment aux principaux carrefours ;
- Les feux tricolores.

La signalisation a été projetée selon les principes suivants :

- La prise en compte des critères ci-dessus ;
- La réduction du nombre de panneaux pour éviter l'image de « forêt de panneaux » par le regroupement de panneaux sur un même support, pour concentrer l'attention des usagers sur l'essentiel et éviter les doublons avec la signalisation horizontale ;
- La cohérence entre les différents panneaux.

En considérant les vitesses de référence utilisées et la situation du projet (en agglomération), nous avons opté pour des panneaux de la gamme normale. Les dimensions sont consignées dans le tableau 10.

Tableau 10 : dimensions des panneaux de signalisation

Forme	Panneau				Implantation	Support
	Triangle	Cercle	Octogonale	Carré	Recul minimum par rapport à la chaussée	Hauteur libre
Dimensions	1000 mm	850 mm	800 mm	700 m	0,50 m	2,00 m sur trottoir/Berme 0,45 m sur îlot

c. Éclairage Public :

L'étude relative à l'éclairage public vise à définir les paramètres photométriques et les configurations d'implantation permettant d'assurer un niveau d'illumination conforme aux normes en vigueur, garantissant à la fois la sécurité, la visibilité et le confort visuel des usagers. Elle consiste à dimensionner les équipements lumineux, à déterminer leur répartition spatiale ainsi qu'à intégrer les dispositifs complémentaires nécessaires au bon fonctionnement de l'infrastructure d'éclairage.

Les installations projetées sur la Route Nationale N°2, sous la maîtrise d'ouvrage du MID et de la DGIT, sont conçues en conformité avec les exigences du cadre réglementaire national, notamment celles relatives à la protection de l'environnement, à l'efficacité énergétique et à la limitation de la pollution lumineuse. Leur déploiement a pour objectif de compenser l'insuffisance de visibilité nocturne, de réduire l'accidentalité liée au manque d'éclairage, d'améliorer la perception des zones sensibles et de renforcer l'attractivité et la mise en valeur des espaces publics adjacents au corridor routier.

Le standard d'aménagement ci-après a été retenu comme référence pour la conception et la projection du système d'éclairage public :

- **Disposition :** 1 ligne de candélabres double foyers au TPC
2 lignes de candélabres simple foyer de part et d'autre
- **Type de candélabres :**

Modèle de luxe comme LICORNE. ALICANTE de PETIT JEAN ou équivalents.

En gamme standard comme CASSIOPE. BORÉAL de VALMONT ou équivalents

- **Hauteur des candélabres** : 12 m
- **Type de luminaire** : Oracle. Riviera. Marianne de THORN ou équivalent
- **Type de lampe** : LED
- **Espacement moyen** : 35 à 40 m
- **Luminance moyenne** : 2 candelas par mètre carré

II. L'étude géotechnique

La réussite d'un projet d'étude routière ne se limite pas à une conception géométrique adéquate. Afin de caractériser la nature et l'épaisseur des différentes couches de la structure de la chaussée, assurer sa résistance aux sollicitations auxquelles elle sera soumise durant sa durée de vie, dans un confort optimal pour les usagers. Plusieurs paramètres seront pris en compte : le trafic, les conditions de la route, la nature du sol, l'assainissement et les matériaux.

Ainsi, dans le cadre de ce projet, l'étude géotechnique vise à :

- Identifier la nature et la portance des sols d'assise via des essais en laboratoire ;
- Déterminer le type de fondation approprié pour les ouvrages d'art et hydrauliques, ainsi que la profondeur d'ancrage optimale dans les sols d'assise ;
- Caractériser les matériaux constituant les différentes couches de la chaussée existante ;
- Évaluer les caractéristiques des matériaux potentiellement utilisables pour les travaux de construction.

Le laboratoire de **PFO AFRICA Burkina Faso** a conduit une campagne de sondages géotechniques sur la chaussée existante ainsi que dans les zones prévues pour l'élargissement. Ces investigations ont permis d'acquérir les données nécessaires à l'étude.

1. La reconnaissance des sols de la plateforme

Selon le rapport issu de la campagne de sondages effectuée sur la chaussée existante et les zones d'élargissement, des informations précises sur les caractéristiques du terrain naturel ont été recueillies. Ces données permettent au maître d'œuvre de définir la structure de chaussée la plus adaptée ainsi que les dispositions constructives à mettre en œuvre. Cette reconnaissance vise

notamment à identifier les zones de faible portance où des purges ou des substitutions de sol seront nécessaires.

Les principaux essais réalisés sur les échantillons prélevés pour analyses au laboratoire selon les normes en vigueur sont :

- NF XP P 18-545 et NF EN 933-1 : Analyse granulométrique par tamisage ;
- NF P 94-051 : Limites d'Atterberg ;
- NF EN 13286-2 : Proctor Modifié ;
- NF EN 13286-47 : CBR.

2. Sondage de la Chaussée

Les sondages ont été réalisés afin d'identifier et de caractériser les matériaux en place. À cette occasion, des prélèvements d'échantillons (de 1 à 3 par sondage) ont été effectués, aussi bien dans la chaussée existante que dans les zones d'élargissement, en vue des essais de laboratoire.

Pour le tronçon de la Route Nationale RN02 étudié, les sondages effectués dans les zones d'élargissement, côté droit et côté gauche selon le sens du projet ont atteint des profondeurs comprises entre 1,00 m et 1,85 m. Dans la chaussée existante, les sondages ont été réalisés jusqu'à des profondeurs variant de 0,60 m à 1,00 m.

Les sondages ont été menés sur un espacement de 500 m.

Les coupes lithologiques issues de ces sondages mettent en évidence, du haut vers le bas, la succession des couches suivantes :

- Béton bitumineux (revêtement)
- Grave argileuse latéritique (couche de base)
- Grave argileuse latéritique (couche de fondation)
- Grave argileuse latéritique (couche de forme)

Les résultats des sondages sont dans l'**annexe II**.

3. Essais de laboratoire et identification des sols de plateforme

Les échantillons collectés lors des sondages ont été soumis à des analyses en laboratoire pour évaluer les caractéristiques des sols traversés ainsi que des divers emprunts de matériaux nécessaires à la viabilité.

Les essais effectués comprennent :

- ✓ Les essais d'identification des sols
- ✓ L'analyse granulométrique
- ✓ Les limites d'Atterberg
- ✓ La détermination des paramètres d'état et de comportement des sols, incluant :
 - Les essais Proctor modifié
 - Les essais CBR

Tous les échantillons ont été soumis à ces différentes analyses.

4. Dimensionnement de la chaussée : étude du trafic routier

Le trafic routier représente le nombre de passages de véhicules enregistrés à un point donné d'un axe routier, sur une période déterminée (généralement par jour). L'analyse du trafic a plusieurs objectifs essentiels, notamment :

- Identifier la présence et la proportion de poids lourds empruntant l'axe, afin de les intégrer de manière adéquate dans le dimensionnement de la chaussée ;
- Déterminer les épaisseurs optimales des différentes couches constituant la chaussée en fonction des charges supportées ;
- Choisir les matériaux adaptés pour la couche de roulement, en fonction de l'intensité et de la nature du trafic.

Les résultats du trafic effectuée par le Bureau d'Études ont permis d'établir les trafics de référence utilisés dans cette analyse. Ces données sont issues de l'étude économique présentée dans un rapport distinct.

Pour cette étude, seule la catégorie des poids lourds a été prise en compte.

Le tableau 11 présente les trafics moyens journaliers de poids lourds (TMJ PL) relevés dans le sens de circulation le plus chargé par la relation $t_n = t_1(1 + i)^{n-1}$ (1) pour l'année 2021, ainsi que les projections pour l'année 2026 :

Tableau 11 : Trafics moyens journaliers de PL

TMJA en 2021	TMJA en 2026
521	604

Les hypothèses utilisées pour le calcul du trafic sont résumées dans le tableau 12 :

Tableau 12: Hypothèses de calcul du trafic

Données	
Essieu de référence (t)	13
Durée de vie (année)	15
Taux de croissance géométrique 2021-2025 (%)	3
Taux de croissance géométrique 2025-2040 (%)	6
Année de comptage	2026
Année de mise en service	2028
Coefficient d'agressivité moyen	1
Température °C	34
Trafic moyen journalier de la première année PL	604
Coefficient de répartition transversale CRT	0,65

Conformément à l'Avant-Projet Détaillé (APD), les coefficients de répartition adoptés sont basés sur les recommandations du guide technique du SETRA-LCPC (France, édition 1994) relatif à la conception et au dimensionnement des structures de chaussées[2]. Toutefois, ces coefficients ont été ajustés pour mieux refléter les conditions locales de circulation, le comportement des usagers et la composition du trafic (présence significative de deux-roues, etc.). La durée de vie a été fixée par le maître d'Ouvrage.

Le coefficient d'agressivité moyen (CAM) a été estimé à 1, pour prendre en compte un faible taux de surcharge (inférieur à 30 %) par rapport aux limites fixées par le Règlement R14 de l'UEMOA.[3]

L'estimation du trafic a été réalisée selon la méthode du CEBTP, qui repose sur une hypothèse de croissance géométrique du trafic, appliquée au nombre cumulé de poids lourds. Cette approche permet de projeter le trafic sur la durée de vie de la chaussée en intégrant l'évolution prévue des volumes de circulation :

$$t_n = t_1(1 + i)^{n-1} \quad (2)$$

Trafic cumulé pendant la durée de vie n :

$$N = 365 \times t_n \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (3)$$

Le trafic équivalent en nombre d'essieux correspond au nombre total d'essieux de référence équivalents, représentant l'impact cumulé du trafic des poids lourds sur l'ensemble de la durée de vie de la chaussée.

Dans le cadre du présent projet, l'essieu de référence retenu pour le dimensionnement est un essieu de 13 tonnes.

$$NE = N \times CAM \quad (4)$$

Pour le dimensionnement de la chaussée, la valeur de NE qui sera utilisée est celle de NE standard car c'est le cas le plus défavorable.

NE : nombre d'essieu

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 : étant est le nombre de poids lourds pour la période de calcul en année.

i : taux d'accroissement annuel du trafic

CAM : coefficient d'agressivité moyen

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 13 :

Tableau 13 : Résultat du trafic obtenu

APPLICATION NUMERIQUE DES FORMULES		
DESIGNATION	Formulation	Résultats
Trafic moyen journalier	T_n	679
Trafic cumulé	N	5765663,9
Trafic cumulé en poids lourds pendant la durée de vie sur la voie la plus chargée	NPL	3747681,5
Trafic en nombre d'essieux standards équivalents	NE	3747681,5

Le guide du CEBTP définit cinq (5) classes de trafic en nombre de véhicule par jour [4] dans le tableau 14 :

Tableau 14 : Classe de trafic en nombre de véhicule

Trafic équivalent véh/j	Classe du trafic	Trafic cumulé en nombre de poids lourds
< 300	T1	$NPL < 5 \times 10^5$
300 à 1000	T2	$5 \times 10^5 < NPL < 1,5 \times 10^6$
1000 à 3000	T3	$1,5 \times 10^6 < NPL < 4 \times 10^6$
3000 à 6000	T4	$4 \times 10^6 < NPL < 10^7$
6000 à 12000	T5	$10^7 < NPL < 2 \times 10^7$

Le trafic de **classe T3** estimés sera prise en compte pour le dimensionnement de la chaussée principale et d'après l'APD, concernant les **contre-allées** et les **voies réservées aux bus**, un **trafic de classe T2** sera retenu.

5. Classe des sols de plate-forme

La campagne de reconnaissance géotechnique pour la classification de ces matériaux, réalisée par le laboratoire pour effectuer les différents essais le long du tracé a révélé que les sols en place sont principalement constitués de graves argileuses d'origine latéritique.

➤ Chaussée existante :

Les matériaux constituant la structure de la chaussée existante sont généralement réutilisables comme matériaux de remblais et/ou en couche de chaussée. Le tableau récapitulatif des résultats des essais de laboratoire, avec la possibilité d'utilisation des matériaux est dans l'**Annexe II**.

L'épaisseur de la couche résiduelle en place varie de 0 à 40 cm selon les zones. En dessous de cette couche de surface, les matériaux rencontrés sont composés de graves latéritiques et d'argiles présentant une portance hétérogène, classée de S1 à S5 selon la classification usuelle.

➤ Zones d'élargissement :

Dans les zones d'élargissement, les essais de laboratoire ont été réalisés sur les matériaux de la plateforme (sol support). Ils ont permis de déterminer le type de plateforme de sol sur l'ensemble du tronçon. Les plateformes ont été classées selon les valeurs de CBR obtenues sur les matériaux en place. Classes de portance des sols selon le CEBTP (Guide pratique des terrassements dans les pays tropicaux) sont dans le tableau 15 : [4]

Tableau 15 : Classe de portance du sol

Catégories de sols de plateforme	Intervalle des valeurs de CBR correspondant	Portance
S1	$0 < \text{CBR} < 5$	Portance très faible
S2	$5 < \text{CBR} < 10$	Portance faible
S3	$10 < \text{CBR} < 15$	Portance moyenne
S4	$15 < \text{CBR} < 30$	Portance bonne
S5	$\text{CBR} > 30$	Portance très bonne

Le tableau récapitulatif des résultats d'essais sur les matériaux de la plateforme et les classes de sol support est dans l'**Annexe II**.

Les matériaux constituant les couches de la chaussée existante sont pour la plupart réutilisables en couche de remblais pour la nouvelle structure de chaussée. En fonction de leur type (nature) et de leur PK, ils peuvent être également réutilisés en couche de chaussée pour la nouvelle route. Au moment des travaux, des dispositions adéquates seront prises pour permettre leur réutilisation en place ou dans les zones d'élargissement. La plateforme du sol support au niveau des élargissements (gauche et droit) peut être considérée de façon générale comme de classe S3 à S4, avec quelques endroits à classe S1 à S2 (faible à très faible) et S5 (fort). Pour toutes les plateformes de classe inférieure à S4, nous procéderons à une purge et à une reconstitution de cette plateforme sur une épaisseur d'environ 30 cm avec des matériaux répondant à une classe de plateforme S4 ou supérieure. Une attention particulière sera accordée aux conditions de mise en œuvre et au compactage. La méthodologie de mise en œuvre en tiendra compte.

Dans tous les cas, des dispositions particulières seront également prises au moment des travaux pour le traitement et le compactage des sols d'assise de remblais.

Les Pk avec les zones de purges sont des points particuliers qui sont en total 49 PK qui sont citer avec plus de détails en **annexe II**.

6. Recherche de matériaux de viabilité

Dans le cadre notre projet, le laboratoire de PFO AFRICA Burkina Faso a réalisé des recherches d'emprunts graveleux latéritiques pour l'ensemble des travaux de terrassement (remblais de tout type) et de chaussée (couche de fondation et couche de base en graveleux latéritiques

naturels, couche de fondation en graveleux latéritiques améliorés au ciment). Leur permettant d'identifier huit (8) emprunts, qui sont situés à 1 km vers la gauche de la voie de contournement sur la direction de Ouahigouya.

Des échantillons ont été prélevés sur ces différents emprunts pour analyse des caractéristiques des différents matériaux, conformément aux normes prescrites dans le marché. Les résultats de ces analyses ont permis de déterminer l'utilisation de ces matériaux pour les besoins du chantier.

➤ **Réalisation des sondages et prélèvements d'échantillons de matériaux :**

L'entreprise a réalisé sur l'ensemble des emprunts (entre 6 et 9 sondages), sur une profondeur de 0,8 à 7m.

Des prélèvements d'échantillons ont été réalisés en fonction de la qualité visuelle des matériaux rencontrés. Ainsi, en fonction des emprunts, il a été effectué entre 1 et 2 prélèvements pour des analyses au labo.

➤ **Réalisation des essais de laboratoire :**

Les essais de laboratoire ont été réalisés sur les mélanges d'échantillons des sondages constitués par prélèvement au niveau des emprunts. Il s'agit des essais d'identification et de portance.

Toutefois, le laboratoire de l'entreprise prendra des dispositions nécessaires pour assurer un gavage de qualité afin de préserver les caractéristiques des matériaux de tous les emprunts. Des prélèvements seront effectués sur les tas gerbés pour analyses pour vérifier la conformité et la régularité des résultats de l'étude des sondages.

7. Prédimensionnement et choix de la structure avec la méthode CEBTP

Dans le but de garantir une structure capable de supporter le trafic prévu, il a été retenu de concevoir une chaussée souple pour cette route.

Le trafic a été projeté sur une durée de 15 ans, indiquant un trafic de classe T3 lié à un sol de classe S4, sur la base d'un $\text{CBR} \geq 25$ à 95% de l'OPM.[4]

➤ **Détermination des variantes**

Dans le cadre du dimensionnement, plusieurs configurations de structure peuvent être envisagées. Ainsi, les variantes suivantes sont proposées selon le guide pratique

dimensionnement de chaussée des pays tropicaux en vue de sélectionner la solution la plus adaptée aux contraintes du projet [4]. Trois (3) variantes ont été choisie selon le guide et les matériaux localement disponible.

Le tableau 16 présente les trois variantes choisies pour notre chaussée.

Tableau 16: Le choix des variantes dans le guide

Les variantes pour le dimensionnement					
Sol	Trafic	Couche	Variante1	Variante 2	Variante 3
S4	T3	Revêtement	5 cm de béton bitumineux	5 cm de béton bitumineux	4 cm de béton bitumineux
		Base	20 cm de graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	20 cm de grave ciment	15 cm de grave bitume
		Fondation	15 cm de Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/d	20 cm de Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/d ou concassé o/d	15 cm de graveleux latéritique naturelle ou concassé o/d

➤ Choix de la variante

Pour le dimensionnement de notre chaussée de classe T3 une vérification a été effectuée à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC, afin d'assurer la conformité aux exigences mécaniques. La **variante 3** a été retenue, le choix de la structure proposées tient également compte de la durabilité et d'une meilleure caractéristique des matériaux. [5]

La structure retenue pour le trafic de classe T2, pour le passage bus et les contres allées sera le même déjà dimensionner par bureau d'étude.

➤ Vérification par le logiciel ALIZE-LCPC

La vérification à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC permet de vérifier la structure de la chaussée, sa capacité à supporter le trafic poids lourd (PL) prévu. Dans le cadre de cette étude, nous nous appuyons sur les relations proposées dans le Guide de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux afin de convertir les valeurs de CBR en modules de déformation, applicables aux matériaux. [5]

➤ Recherche des modules des couches de la chaussée

Le logiciel ALIZE sera utilisé pour la modélisation des différentes couches de la structure, en adoptant une relation de type $E = f(\text{CBR})$. Étant donné que le CBR n'est pas une propriété intrinsèque des matériaux, il n'existe pas de corrélation universelle ou unique permettant d'en déduire directement le module élastique E . En l'absence de caractérisation spécifique des matériaux en place, une relation empirique usuelle issue de la littérature sera retenue : [5]

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR}. \quad (5)$$

- **Classe de portance de la plateforme**

Le choix de la classe de portance est fait suivant le module E :

$E = 5 \times \text{CBR}$ avec CBR à 95% de l'OPM

$E = 5 \times 25 = 125 \text{ MPa}$

$E = 125 \text{ MPa}$

- **L'exigence définie par le CEBTP :**

Fondation, avec un $\text{CBR} \geq 30$ soit un module minimum de young de 150 Mpa

Le tableau 17 présente la classe des plateformes :

Tableau 17 : Classe de plateforme

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

La valeur estimée du module de la plateforme se situe dans une fourchette comprise entre 120 et 200 MPa, ce qui permet de la classer en catégorie PF3 conformément aux critères définis.

➤ Récapitulatif des matériaux retenus avec leurs épaisseurs

Étant donné que les résultats des essais géotechniques sont en cours de traitement, nous utiliserons les prescriptions minimales définies par les exigences CEBTP pour le dimensionnement. Après la modélisation de la variante 3 sur ALIZE, à cause des différentes contraintes qui ne répondaient pas à l'exigence donc nous avons essayé de proposer une deuxième couche de fondation qui est un changement apporté à la variante 3. Ainsi après modélisation et calculs nous constatons que toutes : les déformations et contraintes réelles des différentes couches sont admissible. Ce qui nous a permis de valider une structure de chaussée souple avec une nouvelle variante de classe T3 avec les différents épaisseurs et modules qui sont donnés dans le tableau 18.

Tableau 18:Le structure de la chaussée

Chaussée	Couches	Structure modélisée avec les épaisseurs	Module (MPa)	Coefficient de poisson
Chaussée Souple	Revêtement a à 34°C	5 cm en béton bitumineux	1180	0,35
	Base à 34°C	8 cm en grave bitume	2020	0,35
	Fondation 2	18 cm en graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment	800	0,35
	Fondation 1	15 cm Graveleux latéritique naturelle	275	0,35
	Plateforme S4	PF3	125	0,35

NB : En cas de manque du GLN dans la zone du projet, le matériau de remplacement habituellement utilisé est la GLN amélioré au ciment de 3% maximum au niveau de la fondation 2.

Une analyse comparative a été faite entre l'étude faite dans l'APD et entre présente étude, les résultats figure dans le tableau 19 :

Tableau 19: comparaison entre les structures du mémoire et du projet

Chaussée	Couches	Structure modélisée avec les épaisseurs	Structure du projet avec les épaisseurs	Module (MPa) à 34°C	Module (MPa) Du projet à 30°C	Coefficient de poisson
Chaussée Souple	Revêtement	5 cm en béton bitumineux	5 cm en béton bitumineux	1180	1300	0,35
	Base	8 cm en grave bitume	8 cm en grave bitume	2020	2700	0,35
	Fondation 2	18 cm en graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment	20 cm en graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment	800	550	0,35
	Fondation 1	15 cm Graveleux latéritique naturelle	15 cm Graveleux latéritique naturelle	275	275	0,35
	Plateforme S4	PF3	PF3	125	125	0,35

L'épaisseur maximum pour la fondation étant de 25 cm, 2 fondations ont été retenue pour la chaussée. L'optimisation qui a été faite sur la structure de chaussée est présente dans le tableau 19. Dans le cas de notre projet nous avons pris un module 800 MPa selon le catalogue de structures de chaussées neuves et Guide de dimensionnement des chaussées au SENEGAL, pour la graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment. [6]

Après vérification sur le logiciel alizé nous avons retenu la solution dans le tableau 19 pour notre chaussée de classe T3 avec les détails de la note de calcul jointe en **annexe II**.

III. L'étude hydrologique et hydraulique

Cette partie du projet vise à faire l'étude de l'assainissement de la zone d'étude en mettant en œuvre des conditions nécessaires pour le drainage des eaux, pour une bonne protection des chaussées.

1. Méthodologie utilisée

Les données hydrologiques et hydrauliques nécessaires à notre étude se définissent de la manière suivante :

- Les caractéristiques physiques (la surface, le périmètre, la longueur équivalente, les altitudes et la pente) des bassins versants ;
- Les données cartographiques et pluviométriques de la zone du projet ont été recueillis par le Consultant dans le cadre de cette étude. Les séries de données couvrent la période 1987 - 2023 pour la station de Ouagadougou. Soit Trente-sept (37) années d'observations continues sans lacunes.

Les paramètres hydrologiques, ainsi que les relations empiriques issues des méthodes CIEH et ORSTOM et de la méthode rationnelle, retenus pour l'estimation des débits de crue de période de retour décennale nécessaires au dimensionnement des ouvrages hydrauliques, sont issus des référentiels de l'Hydraulique routière. [7]

2. Étude Hydrologique

Étymologiquement, l'hydrologie signifie la science de l'eau. L'hydrologie est la science qui étudie l'origine, le mouvement et la distribution des eaux sur la terre, qu'il s'agisse des eaux souterraines ou de surface. L'étude hydrologique entrant dans le cadre de notre projet est l'étude des écoulements des eaux de surface. Le but de cette étude est d'identifier les différents passages d'eau que notre route rencontre comme obstacle, et de déterminer leurs débits afin de passer à un dimensionnement hydraulique et proposer des ouvrages de franchissement afin de permettre l'écoulement naturel de ces eaux. Nous déterminerons les débits des eaux écoulées en agglomération et proposerons des sections de caniveaux pour l'assainissement de notre route. Notre étude a pour objectif principal de déterminer des débits de projet. Pour ce faire, nous procéderons d'abord à une délimitation des bassins versants, ensuite viendra la

détermination des caractéristiques de ces bassins versants et nous terminerons par l'estimation des débits en utilisant différentes méthodes de calcul en fonction des cas auxquels nous ferons face.

a. Délimitation des bassins versants

La délimitation des bassins versants s'est faite grâce à deux logiciels à savoir :

- Google Earth pour la récupération du tracé routier ;
- GLOBAL MAPPER pour la délimitation et la détermination des caractéristiques.

Nous avons délimité les bassins versants en suivant la démarche suivante :

- Choix du système de coordonnées (UTM), du Datum (WGS84) et la zone géographique de notre projet (Zone 30 N) ;
- Importation du tracé routier comportant les coordonnées géographiques des divers points dans le logiciel ;
- Téléchargement du SRTM de notre zone de projet ;
- Génération des bassins versants et des cours d'eau d'écoulement (Watershed) ;
- Délimitation des bassins Versants en suivant leurs lignes de crête.

Nous avons obtenu 08 bassins versants et 10 sous bassins versants présentés dans la partie résultat.

b. Les paramètres physiques des bassins versants

Études pluviométriques et climatiques de notre zone d'étude nous a permis d'obtenir :

- La pluviométrie moyenne annuelle à la station de Ouagadougou : La variabilité spatiale des paramètres climatiques est illustrée dans les graphiques présentés en **Annexe III**.
- L'analyse des pluies maximales journalières : pour l'évaluation des pluies maximales journalières, la série chronologique des précipitations maximales observées à la station pluviométrique de Ouagadougou a été soumise à un ajustement statistique afin d'assurer la fiabilité des données. Cette analyse a permis d'estimer les pluies journalières décennales, dont les résultats sont consignés dans le tableau 20.

Source : Rapport hydraulique

Tableau 20 : Pluviométrie de l'étude technique

Station de référence	Pluie moyenne inter - annuelle (mm)	Pluie journalière décennale P10 (mm)
	Valeurs dérivées des données météorologiques	Valeurs dérivées des données météorologiques par ajustement statistique
Ouagadougou	875	123

Les valeurs sont extraites des mesures effectuées à la station météorologique de Ouagadougou.

c. Les paramètres hydrologiques

L'hydrologie nous permettra d'obtenir :

- Les caractéristiques morphométriques des bassins versants notamment le périmètre, la superficie, les altitudes caractéristiques ainsi que la pente moyenne sont dérivées directement de la délimitation hydrologique des bassins ;
- Les paramètres complémentaires, tels que l'indice de compacité, la longueur équivalente du rectangle hydrologique et l'indice global de pente, seront déterminés conformément aux formules et relations morphométriques classiques utilisées en hydrologie ; [8]
- La période de retour à adopter pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques du projet est de 10 ans retenue pour les ouvrages hydrauliques de faible importance ;
- Perméabilité des bassins : perméabilité de la zone du projet se caractérisant par les bassins de type RI (Relativement Imperméable). Les bassins de type RI sont des bassins relativement imperméables constitués d'une couverture végétale non négligeable qui gêne la formation de pellicules imperméables, de sols à recouvrement gravillonnaire continu d'épaisseur notable et la zone tropicale sèche. [8]

Le tableau 21 présente la nature des états de surface et le coefficient de ruissellement.

Tableau 21 : Coefficient de ruissellement

Nature des états de surface	Valeur de C
Zone résidentielle à habitat dense	0,45
Zone résidentielle à habitat peu dense	0,4
Zone résidentielle à habitat éparse (Périphéries agglomérations)	0,35
Rase campagne	0,3

La plupart des bassins versants étant en agglomération, la valeur de 0,4 sera retenue pour l'ensemble du projet.

d. Estimation des débits

Pour l'évaluation des débits de pointe générés au sein d'un bassin versant, plusieurs approches hydrologiques sont mobilisables, parmi lesquelles :

- La méthode ORSTOM ;
- La méthode CIEH ;
- La méthode rationnelle ;
- La méthode superficielle de Caquot.

Les quatre méthodes mentionnées ci-dessus feront l'objet d'une présentation détaillée dans les sections suivantes.

❖ LA MÉTHODE D'ORSTHOM

La méthode ORSTOM s'applique aux bassins couvrant plus de 4 km² pour la zone sahélienne et à la totalité des bassins d'une superficie allant jusqu'à 1500 km², pour la zone tropicale sèche. Dans la méthode ORSTOM, le débit correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est calculée par la relation suivante : [7]

$$Q_{r10} = m \times A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{T_{b10}} \quad (m^3/s) \quad (6)/[8]$$

Avec :

m_0 : coefficient majorateur (estimé 1,03 et 1,15) d'où $m_0 = 1,05$;

A : le coefficient d'abattement de la pluie ;

α_{10} : Coefficient de pointe $\approx 2,6$ (zone tropicale sèche) correspondant à la crue décennale ;

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

K_{r10} : Coefficient de ruissellement décennal ;

S : superficie du bassin versant (km^2) ;

Tb_{10} : Temps de base correspondant à la crue décennale.

Les différents paramètres sont déterminés à l'aide d'abaques ou de formules.

Le coefficient d'abattement (A) :

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

Avec :

P_{an} . : Précipitation moyenne annuelle (mm),

S : Superficie du bassin versant (km^2).

Le coefficient de ruissellement Kr_{10} :

Elle est déterminée par interpolation entre les valeurs du Kr_{70} et Kr_{100} . Étant donné que notre bassin versant à des sections différentes les unes des autres, nous allons utiliser la méthode graphique. Celle-ci en fonction de la superficie et la catégorie de chaque bassin versant et de leur indice global des pentes (I_g) présenté en **Annexe III**. [8]

Les cinq classes d'infiltrabilité sont définies comme suit :

- PI : bassin naturel particulièrement imperméable
- I : bassin imperméable
- RI : bassin relativement imperméable
- P : bassin perméable
- TP : bassin très perméable

Le temps de basse Tb_{10} :

Le temps de base décennal Tb_{10} est déterminé en utilisant des relations analytiques ou des abaques graphiques. La formule analytique est donnée ci-après :

$$Tb_{10} = a \times S^s + b$$

Avec :

S : la superficie du bassin en km^2

a, s et b : coefficients déterminés en fonction de l'indice global de pente et de S

Les indices globaux de nos bassins ne figurant pas dans le tableau de détermination du coefficient Tb_{10} , Nous avons procédé par interpolation afin de déterminer les valeurs. Le tableau de Tb_{10} se fait à l'aide d'abaques en **Annexe III**. [8]

❖ MÉTHODE DU CIEH (PUECH ET CHABI GONI)

Le débit de pointe Q_{10} est alors calculé à partir d'un modèle de régression multiple, présenté sous la forme suivante : [8]

$$Q_{r10} = a \times S^s \times Pan^p \times Ig^i \times Kr10^k \times Dd^d \quad (m^3/s) \quad (7) \quad [8]$$

Les coefficients a, s, p, i, k, d, etc., restent à déterminer dans le tableau des équations.

S : surface du bassin (km^2) ;

Ig : indice global de pente (m/km) ;

Pan : pluviométrie annuelle moyenne (mm.) ;

$Kr10$: coefficient de ruissellement pour une période de retour de dix ans (%).

Dd : correspond à la densité de drainage, mesurée en km^{-1} .

La liste des paramètres pris en compte dans le modèle n'est pas exhaustive. L'estimation de ces coefficients s'effectue à l'aide d'une méthode de régression linéaire multiple. À l'instar de la méthode ORSTORM, ce modèle sera appliqué à l'ensemble des bassins versant. [8]

$$Pm_{10} = A \cdot P_{10}$$

Avec :

A : le coefficient d'abattement

P_{10} la précipitation ponctuelle décennale.

❖ MÉTHODE RATIONNELLE

C'est une méthode très utilisée, du fait de sa simplicité. Elle s'écrit dans son expression la plus simplifiée, en supposant une pluie qui tombe sur une surface élémentaire : [8]

$$Q_{r10} = 0,278 \times C \times I \times A \quad (m^3/s) \quad (8) \quad [8]$$

Avec :

C : coefficient de ruissellement, considéré comme uniforme sur l'ensemble du bassin ;
I : intensité de la pluie, exprimée en millimètres par heure (mm/h) ;
A : superficie du bassin versant, en kilomètres carrés (km²) du bassin Versant en km².

Intensité de la pluie (I) :

$$I_{(F)} = a \times t_c^{-b}$$

a_(F) et b_(F) : les coefficients de Montana, avec a = 9,4 et b = 0,5 pour la période de récurrence de 10 ans, [9]

t_c : le temps de concentration (mn), avec :

$$t_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{0,77}}{P^{0,38}}$$

L : la longueur du plus long chemin hydraulique en (m) ;

P : la pente moyenne en (m/m) ;

❖ MÉTHODE CAQUOT

C'est une méthode simplifiée de calcul du débit maximum à l'exutoire d'un bassin versant urbain soumis à une précipitation donnée. Pour cela, nous allons mettre en place un réseau d'assainissement comme des caniveaux rectangulaires ouverts, évacuant les eaux de ruissellement. Le débit transitant dans ces ouvrages est calculé avec la formule suivante :

$$Q_p = K^{1/u} \times P^{v/u} \times C^{1/v} \times S^{w/u} \times m \quad (m^3/s) \quad (9) \quad [8]$$

- Q (p) = le débit de période de retour T. Q (m³/s)
- P = la pente moyenne du B.V. (m/m)
- C = le coefficient de ruissellement
- S = la superficie du B.V. (ha)
- K coefficient d'expression : $K = 0,5^b \times \frac{a}{6,6}$
- U coefficient d'expression : $U = 1 + 0,287 \times b$
- V coefficient d'expression : $V = -0,41 \times b$
- W coefficient d'expression : $W = 0,95 + 0,507 \times b$

$$m = \left(\frac{M}{2}\right)^{\left(0,84 \times \frac{b}{1+0,29b}\right)} ; \text{ avec}$$

$$M = \max \left(\frac{L}{100 \times \sqrt{A}} ; 0,8 \right) ;$$

3. Étude Hydraulique

a. Ouvrages d'assainissement

Le dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement, en particulier des caniveaux, a été réalisé sur la base de la formule de Manning-Strickler, en appliquant la méthode de la débitance : [7]

$$Q = K_s \times S \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I} \quad (m^3/s) \quad (10) \quad [8]$$

Avec :

S : Section de l'écoulement = by en m^2

R_h : Rayon hydraulique = $\frac{S}{P}$ en m

I : Pente du canal ;

P : Périmètre mouillé = $b + 2y$ en m

K_s : Coefficient de Strickler pour le béton, il est égal à 70.

Ainsi, pour une largeur B donnée, le tirant d'eau est ajusté de manière itérative afin que le coefficient de débitance K converge vers une valeur voisine de la valeur cible recherchée. [8]

$$K = D - K_s \times \frac{Q}{I^{2/3}}$$

La débitance D est égale à

$$D = \frac{Q}{I^{2/3}}$$

La revanche hydraulique r est fixée à 0,15 m.

La vitesse moyenne d'écoulement, déterminée par le rapport du débit à la section hydraulique adoptée, est vérifiée de manière à rester inférieure ou égale à la vitesse admissible, fixée à 3 m/s. [8]

Le détail des calculs relatifs au dimensionnement hydraulique est présenté en **Annexe III**.

b. Ouvrage de franchissement

Sur le tronçon concerné par la présente étude, plusieurs passages hydrauliques ont été identifiés, nécessitant impérativement la mise en place d'ouvrages de franchissement. Ces ouvrages sont constitués de dalots. Une analyse de leur fonctionnement hydraulique a été réalisée afin d'évaluer leur capacité d'évacuation et de statuer sur leur maintien ou leur remplacement.

Les ouvrages retenus sont des dalots cadres en béton armé, dont la dalle supérieure, les piédroits et le radier constituent une structure monolithique rigide. Le régime d'écoulement considéré pour ces ouvrages correspond à un fonctionnement à sortie dénoyée, caractérisé par un écoulement libre. [8]

Le dimensionnement hydraulique est effectué selon une méthode graphique basée sur les courbes expérimentales issues de l'ouvrage de référence *Hydraulique Routière* du BCEOM. [8]

La méthodologie de dimensionnement à sortie libre, appliquée à partir du débit de projet décennal Q_{10} à évacuer, se décline selon les principales étapes suivantes :

- Dans un premier temps, les dimensions géométriques du dalot sont définies, à savoir le nombre d'ouvertures n , la largeur de base B et la hauteur D , puis la vitesse de référence est adoptée.
- Dans un second temps, le débit réduit est déterminé conformément à la méthodologie de calcul retenue : $Q^* = \frac{q}{BD\sqrt{2gD}}$ [8]

En désignant par q le débit transitant par cellule, avec $q = Q_{10}/n$,

- La valeur du rapport adimensionnel $H^* = H/D$ est déterminée par lecture sur la courbe correspondante (Figure 77, page 248 du BCEOM). [8]

Le niveau d'eau amont est ensuite déduit à partir de la relation :

$$H = H^* \times D$$

- Cette valeur est analysée afin d'en vérifier la compatibilité avec les contraintes du projet.

La pente critique correspondante I_c est ensuite déterminée à partir du calcul du débit réduit :

$$Q^* = \frac{q}{BD\sqrt{gB^5}}$$

- La valeur adimensionnelle associée est obtenue par lecture sur la courbe correspondante (Figure 82, page 258 du BCEOM) : [8]

$$I_c^* = \frac{I_c}{g/K^2 B^2 D^{1/3}} [8]$$

D'où :

$$I_c = \frac{I_c^*}{K^2 \times D^{1/3}}$$

- La vitesse d'écoulement correspondante V est ensuite calculée. À cet effet, une nouvelle valeur du débit réduit est déterminée :

$$Q^* = \frac{q}{K I_c^{1/2} B^{8/3}}$$

- La valeur adimensionnelle de la vitesse est alors obtenue par lecture sur la courbe correspondante (Figure 83, page 263 du BCEOM) : [8]

$$V^* = \frac{V}{K I_c^{1/2} B^{8/3}}$$

D'où la vitesse réelle :

$$V = V^* \times K \times I_c^{1/2} \times B^{2/3}$$

Lorsque la vitesse calculée excède la vitesse admissible, deux alternatives sont envisagées :

- L'augmentation des dimensions de la section des cellules initialement proposées ;
- L'augmentation du nombre de cellules du dalot.

4. Ouvrages hydrauliques existants sur les différentes routes

Dans le but de diagnostiquer le dispositif de drainage existant ainsi que son état de dégradation, les visites de reconnaissance des ouvrages hydrauliques ont porté sur les principaux éléments suivants :

- L'état actuel des ouvrages hydrauliques transversaux de franchissement ;
- Le dispositif de drainage longitudinal de la plate-forme.

Les ouvrages hydrauliques transversaux représentent tous les ouvrages hydrauliques servant de franchissement des cours d'eau naturels ou de décharge des fossés latéraux (de type buses, ...).

Lors de la visite de terrain une analyse diagnostique spécifique à chaque ouvrage a été faite directement sur place. Cette analyse a permis de mettre en évidence l'état actuel de tous les ouvrages et surtout leur comportement hydraulique. Le tableau récapitulatif des ouvrages existants du projet sont dans **l'annexe III**.

Certains ouvrages hydrauliques doivent être supprimés, car ils sont entièrement obstrués et ne remplissent plus leur fonction initiale d'évacuation des eaux.



Figure 6 : OH3 : Dalot 2 (2x2x1,5)

5. Délimitation de Bassin versant

Afin de garantir la durabilité de l'ouvrage projeté, il est nécessaire d'assurer l'évacuation efficace des eaux de ruissellement. À cet effet, l'évaluation des volumes d'eau affluant vers l'ouvrage ainsi que vers les bassins qui les collectent constitue une étape préalable essentielle.

La carte topographique de la zone a permis de faire la délimitation des bassins versants.

L'analyse effectuée à l'aide des logiciels *Global Mapper* et *Google Earth* a permis d'identifier huit (08) bassins versants distincts, présentés à la figure 7.

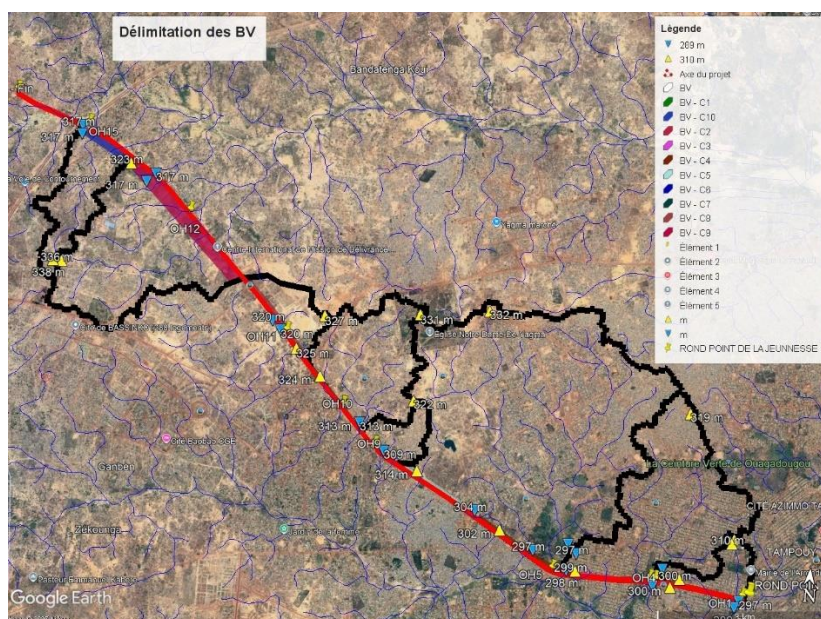


Figure 7 : Présentation des bassins versants dans la zone du projet

Le tableau 23 présente les caractéristiques des bassins versants et des sous bassins versants :

Tableau 22 : Caractéristiques des Bassins Versants

Numéro Bassin versant	Surface km^2	Périmètre km	Pente moyenne (%)	Pente Z_{max}	Pente Z_{min}	Longueur d'écoulement (m)
BV 1	0,807	6,596	1,14	309	298	1,182
BV-C1	0,0647	2,817	0,79	300	297	1,327
BV 2	5,17	17,229	0,92	319	297	4,091
BV-C2	0,04621	1,824	0,57	300	297	0,853
BV-C3	0,0584	2,014	0,7	299	298	0,947
BV 3	13,972	23,452	1,05	332	294	6,139
BV-C4	0,1618	3,784	0,86	302	297	1,797
BV-C5	0,1344	3,878	1,08	314	304	1,656
BV 4	0,729	4,646	1,26	322	309	1,39
BV-C6	0,03394	1,867	0,96	313	309	0,823
BV 5	3,061	10,502	1,03	331	313	3,258
BV-C7	0,0741	3,21	1,31	324	313	1,476
BV 6	0,683	5,604	0,72	327	320	1,079
BV-C8	0,1313	3,384	0,93	325	320	1,625
BV 7	4,985	12,998	0,93	336	317	3,919
BV-C9	0,545	5,6	1,04	323	317	2,504
BV 8	1,781	9,888	1,02	338	317	3,138

6. Estimation des débits

L'application des relations de calcul présentées précédemment (caractéristiques des bassins) a permis d'estimer les débits d'écoulement au niveau des différents bassins versants. À l'issue de cette analyse hydrologique, et après confrontation des résultats obtenus par les quatre (04) méthodes de calcul, le cas le plus défavorable a été retenu comme débit de projet (le débit maximal). Les résultats des débits des bassins versants sont dans le tableau 24 :

Tableau 23 : Estimation des débits des ouvrages transversales et longitudinales avec les méthodes de calcul.

Numéro Bassin versant	Surface <i>km²</i>	Périmètre <i>km</i>	Pente moyenne (%)	Pente <i>Z_{max}</i>	Pente <i>Z_{min}</i>	Longueur d'écoulement (m)	Méthode Rationnelle Q10 (m3/s)	Méthode ORSTOM Q10 (m3/s)	Méthode CIEH Q10 (m3/s)	Méthode CAQUOT Q10 (m3/s)	Débts retenues (m3/s)
BV 1	0,807	6,596	1,14	309	298	1,182	10,122	-	-		10,122
BV 2	5,17	17,229	0,92	319	297	4,091	-	11,906	15,765		15,765
BV 3	13,972	23,452	1,05	332	294	6,139	-	22,043	25,292		25,292
BV 4	0,729	4,646	1,26	322	309	1,39	8,676	-	-		8,676
BV 5	3,061	10,502	1,03	331	313	3,258	25,482	-	-		25,482
BV 6	0,683	5,604	0,72	327	320	1,079	8,121	-	-		8,121
BV 7	4,985	12,998	0,93	336	317	3,919	-	10,484	15,106		15,106
BV 8	1,781	9,888	1,02	338	317	3,138	15,014	-	-		15,014
BV-C1	0,0647	2,817	0,79	300	297	1,327	0,723		0,696	0,723	
BV-C2	0,04621	1,824	0,57	300	297	0,853	0,575		0,560	0,575	
BV-C3	0,0584	2,014	0,7	299	298	0,947	0,726		1,316	1,316	
BV-C4	0,1618	3,784	0,86	302	297	1,797	3,970		4,861	4,861	
BV-C5	0,1344	3,878	1,08	314	304	1,656	1,465		6,319	6,319	
BV-C6	0,03394	1,867	0,96	313	309	0,823	0,473		0,466	0,473	
BV-C7	0,0741	3,21	1,31	324	313	1,476	0,876		0,860	0,876	
BV-C8	0,1313	3,384	0,93	325	320	1,625	1,401		1,385	1,401	
BV-C9	0,545	5,6	1,04	323	317	2,504	5,030		5,192	5,192	
BV-C10	0,1651	2,433	1,22	323	317	1,086	2,168		2,296	2,296	

Les paramètres de calcul hydrologiques sont présentés dans l'**Annexe III**.

7. L'étude hydraulique des ouvrages d'assainissement

À partir des débits déterminés selon la méthode de Caquot, une procédure itérative a été mise en œuvre afin de définir les sections de caniveaux adaptées à l'évacuation des débits calculés qui sont présente dans le tableau 25.

Tableau 24: Pré-dimensionnement des caniveaux

Ks	B (m)	S (m²)	P(m)	RH (m)	I	H(m)	Q (m3/s)
70	0,80	0,64	2,40	0,27	0,01	0,80	0,106
70	0,80	0,64	2,40	0,27	0,01	0,80	0,106
70	0,80	0,64	2,40	0,27	0,01	0,80	0,106
70	1,40	1,54	3,60	0,43	0,01	1,10	0,658
70	1,40	1,96	4,20	0,47	0,01	1,40	0,996
70	0,80	0,64	2,40	0,27	0,01	0,80	0,106
70	0,80	0,64	2,40	0,27	0,01	0,80	0,106
70	0,80	0,64	2,40	0,27	0,01	0,80	0,106
70	1,40	1,54	3,60	0,43	0,01	1,10	0,658
70	1,00	1,00	3,00	0,33	0,01	1,00	0,259

La pente longitudinale a été fixée à 1 % afin de prévenir les phénomènes de dépôt et de garantir un écoulement satisfaisant des eaux.

Sur cette base, les sections des caniveaux ont été dimensionnés en fonction des débits calculés, en cohérence avec les résultats de l'étude hydrologique et hydraulique antérieure. La localisation des différents ouvrages est précisée aux emplacements répertoriés dans le tableau 26.

Tableau 25: Section des caniveaux retenues

Pk	Pk fin	Sections des anciens caniveaux (cm2)	Section des Caniveaux retenue (cm2)
0 + 00	1 + 327	80 × 80	80 × 80
1 + 328	3 + 128		
3 + 128	4 + 925	140 × 110	140 × 110
4 + 925	6 + 581	120 × 120	140 × 140
6 + 581	7 + 404	80 × 80	80 × 80
7 + 404	8 + 880		
8 + 880	10 + 505	100 × 100	
11 + 182	13 + 686	140 × 110	140 × 110
13 + 686	PK – fin	100 × 100	100 × 100
Longueur Totale : 15588 m			

En comparaison avec l'étude technique antérieure, l'analyse a permis d'identifier des sections correspondant aux ouvrages d'assainissement présentant des caractéristiques identiques, aptes à assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux de ruissellement.

Il est prévu d'adopter des caniveaux intérieurs de section $80 \times 80 \text{ cm}^2$, spécifiquement dimensionnés pour assurer le drainage des eaux de ruissellement provenant des demi-chaussées correspondantes compte tenu de l'étude faite dans l'APD.

8. Étude hydraulique des ouvrages de franchissement

Les ouvrages de franchissement retenus pendant l'étude sont des dalots. Et le résultat du prédimensionnement des dalots est dans l'**annexe III**. Et après notre dimensionnement les ouvrages hydrauliques transversales avec les sections obtenues sont cités dans le tableau avec les sections, voir l'**annexe III**.

Tableau 26: les sections existantes et retenue

Numéro OH	PK	Section existante (Cm)	Section retenue (Cm)
OH1	0+062	3x240x100	3x200x150
OH3	1+576	2X200X150	2x240x150
OH4	1+671	3X240X120	2x240x150
OH5	3+159	2x400x200	3x350x200
OH9	6+538	2x240x100	2x240x150
OH10	6+938	3x200x200	3x350x200
OH11	9+534	2x200x200	2x240x150
OH12	12+211	2x400x200	3x200x200
OH15	14+563	2x200x200	3x200x200

IV. Calcul structural des ouvrages

Dans cette partie, nous procéderons au calcul détaillé des armatures des différents ouvrages, en s'appuyant sur les hypothèses de calcul, et normes de calcul.

1. Les données de base

➤ Norme de calcul

Le calcul des ouvrages et des armatures sont réalisés conformément aux prescriptions des normes en vigueur, le BAEL 91 révisé 99 et e Fascicule 61 - Titre II, applicables aux ouvrages en béton armé. Ces référentiels régissent les méthodes de calcul a l'ELS et a l'ELU, avec les règles de ferrailage des structures.

Caractéristiques des matériaux :

➤ **Béton**

Les caractéristiques mécaniques et physiques du béton retenues pour les calculs sont définies comme suit : [10]

Poids volumique du béton : $\gamma_b = 25 \text{ KN}/\text{m}^3$

Dosage en ciment : $350 \text{ Kg}/\text{m}^3$ de CPA 42.5

Résistance caractéristique à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$

Résistance caractéristique à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times f_{c28}$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times 25 = 2,1 \text{ Mpa} [10]$$

Contrainte limite du béton comprimé à l'ELS : $\sigma_{bc} = 0,6 \times f_{c28}$

$$\sigma_{bc} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ Mpa}$$

Coefficient partiel de sécurité du béton : $\gamma_b = 1,50$

Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_{\text{béton}}}$, avec $\theta = 1$

$$f_{bu} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

Module de déformation longitudinale instantanée : $E_i = 11000 \times (f_{c28})^{1/3}$

$$E_i = 11000 \times (25)^{1/3} = 32164,1951 \text{ MPa}$$

Module de déformation longitudinale différé : $E_v = \frac{E_i}{3} = \frac{32164,1951}{3} = 10721,3984 \text{ MPa}$

➤ **Acier**

Les armatures utilisées sont en acier à haute adhérence (HA) de nuance Fe E 500, présentant les caractéristiques suivantes : [10]

Limite d'élasticité caractéristique : $f_e = 500 \text{ MPa}$

Coefficient partiel de sécurité de l'acier : $\gamma_s = 1,15$

Coefficient d'adhérence acier-béton : $\eta = 1,6$ pour HA

Contrainte admissible des aciers à l'ELS (cas de fissuration préjudiciable) :

$$\sigma_{st} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} f_e \\ \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} f_e \\ 110 \sqrt{\eta \times f_{t28}} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\sigma_{st} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} \times 500 \\ \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} \times 500 \\ 110 \sqrt{1,6 \times 2,1} \end{array} \right. \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 333,333 \\ \max \left\{ \begin{array}{l} 250 \\ 201,634 \end{array} \right. \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 333,333 \\ 250 \end{array} \right.$$

$$\sigma_{st} = 250 \text{ MPa}$$

Contrainte de calcul de l'acier à l'ELU : $f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$

Coefficient de scellement : $\Psi_s = 1,5$ pour HA

Enrobage : 3 cm, dans tous les calculs de sections d'armatures conformément au BAEL ;[10]

➤ Remblais

Les paramètres géotechniques du remblai pris en compte pour l'évaluation des actions sur les ouvrages sont issus des essais géotechniques et conformes aux prescriptions du cahier des clauses techniques particulières (CCTP) sont les suivants :

Poids volumique du remblai : $\gamma_r = 20 \text{ KN}/\text{m}^3$

Angle de frottement interne : 30°

Coefficient de poussée des terres : déterminé conformément à la théorie de Rankine ou de

Coulomb : $k_a = t_g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{30}{2} \right) = 0,33$

Surcharges de remblai : prises en compte selon les hypothèses d'exploitation et les

prescriptions normatives : $q = 10 \text{ KN}/\text{m}^3$

Contrainte admissible du sol support est supposé égale à 0,15 MPa, cas défavorable pour le sol de fondation.[10]

2. Dimensionnement structural des caniveaux

Le dimensionnement des caniveaux est réalisé en considérant une bande de calcul unitaire de **1,00 m de longueur linéaire**, conformément aux pratiques usuelles pour les ouvrages linéaires en béton armé. Les calculs des sections d'armatures sont effectués sur cette base, en tenant compte d'un **état de fissuration préjudiciable (FP)** au niveau de l'État Limite de Service, afin de garantir la durabilité de l'ouvrage et la protection des aciers contre les agressions extérieures.

Les dimensions géométriques retenues pour le caniveau sont définies comme suit :

Caniveau : 1,40 × 1,40 m²

- ✓ Épaisseur des voiles latéraux et du radier : 20 cm
- ✓ Épaisseur de la dalle de couverture : 20 cm
- ✓ Portée libre de la dalle : 1,64 m
- ✓ Hauteur hydraulique libre du caniveau : 1,40 m
- ✓ Largeur d'ouverture du caniveau : 1,4 m
- ✓ Largeur totale hors tout du caniveau : 1,8 m

Les détails de la note de calcul sont présents dans l'**annexe V**.

3. Dimensionnement structural des dalots

Le dimensionnement du pont-cadre a été réalisé à l'aide du logiciel CYPE, à travers son module spécialisé Ponts cadres (PICF), lequel est conforme aux normes françaises en vigueur et à la réglementation générale relative aux états limites ultimes et de service. Cet outil est adapté aussi bien aux ouvrages préfabriqués qu'aux structures coulées en place, et permet la modélisation et l'analyse des configurations usuelles de dalots simples ou multiples, ainsi que des ponts-cadre droits ou biais.

Les actions considérées dans les analyses incluent le poids propre de la structure et des murs de tête, l'ensemble des charges permanentes et variables liées aux équipements, aux accessoires et au trafic routier. Ces charges sont modélisées au moyen de surcharges réparties en bande et de convois normalisés, en tenant compte des règlements de charges applicables.

Les résultats fournis par le logiciel permettent de vérifier la stabilité globale de l'ouvrage, vis-à-vis des phénomènes de glissement, de renversement, et de déterminer les sections théoriques d'armatures nécessaires. Sur cette base, les plans d'exécution ont été automatiquement générés. Dans le cadre de l'étude, les convois de charges du système B (Bc et Bt), le convoi MC120, ainsi que le convoi BC Niger ont été pris en compte, afin d'assurer la conformité du dimensionnement aux exigences réglementaires en vigueur dans l'espace UEMOA. [11]

À l'issue de l'analyse structurelle, une note de calcul détaillée a été établie pour justifier le ferrailage de l'ouvrage, et les plans d'exécution ont été élaborés conformément au plan type du bureau d'études. Les détails du dimensionnement du dalot sont présentés en **annexe IV**, et les plans correspondants figurent à l'**annexe V**.

Dalots de type : $3 \times 3,50 \times 2,00 \text{ m}^2$

Les dimensions géométriques :

- ✓ Épaisseur du Tablier : 30 cm
- ✓ Épaisseur du Radier : 30 cm
- ✓ Hauteur du dalot : 200 cm
- ✓ Largeur du dalot : 350 cm
- ✓ Épaisseur du Piédroit : 30 cm

4. Résultat de l'étude des caniveaux

À l'issue des analyses et des vérifications effectuées, plusieurs typologies de sections de caniveaux ont été définies. Dans le cadre de la présente étude, le dimensionnement détaillé a été conduit sur le caniveau de section $140 \times 140 \text{ cm}^2$, correspondant à la section la plus défavorable en termes de sollicitations. Les notes de calcul relatives au dimensionnement des armatures sont présentées en **Annexe IV**, tandis qu'une synthèse des sections d'aciers retenues est reportée dans le tableau 29.

Tableau 27: Récapitulatif des sections d'aciers

Type d'armature		Dalette		Piédroits		Radier	
		Face intérieure	Face supérieure	Face intérieure	Face supérieure	Face intérieure	Face supérieure
Armatures principaux	Sections d'armatures [cm ²]	4,71	4,71	3,93	3,93	5,65	5,65
	Choix des armatures	6HA10	6HA10	5HA10	5HA10	5HA10	5HA10
	Espacements[cm ²]	15	15	20	20	20	20
Armature de répartitions	Sections d'armatures[cm ²]	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51
	Choix des armatures	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8
	Espacements[cm ²]	15	15	20	20	20	20

La note de calcul détaillée est présentée en **annexe V**, tandis que les plans de ferrailage correspondants figurent en **annexe VI**. Compte tenu de la proximité immédiate de la zone du projet avec des établissements scolaires, des marchés et divers axes de circulation automobile, l'option de caniveaux couverts a été retenue afin de garantir la sécurité des usagers et la continuité du trafic.

Le dimensionnement structurel a été réalisé par mètre linéaire d'ouvrage. Les sections d'armatures des dalles de couverture, des piédroits et du radier ont été définies en fonction du type de section de caniveau considéré et des sollicitations correspondantes.

5. Résultat de l'étude du dalot

À l'issue de l'étude hydraulique, plusieurs sections d'ouvrages ont été déterminées afin d'assurer le fonctionnement hydraulique du projet. Pour le dimensionnement structurel réalisé sur le logiciel **CYPE**, la section la plus défavorable a été retenue, à savoir la section **3 × 350 × 200 cm²**, correspondant aux ouvrages **OH1** et **OH5**. Les notes de calcul relatives au dimensionnement des armatures sont présentées en **annexe IV**, tandis qu'une synthèse des sections d'aciers adoptées est reportée dans le tableau 30 :

Tableau 28:Récapitulatif des sections d'aciers

Numéro	DESIGNATION		Acier As	Espacement (cm)	Acier Ar	Espacement (cm)
1	Tablier	Supérieur	HA10	20	HA10	20
		Inférieur	HA 10	20	HA 10	20
2	Radier	Supérieur	HA12	20	HA12	20
		Inférieur	HA 12	20	HA 12	20
3	Piédroit	Nappe en arrière	HA10	20	HA10	15
		Nappe en avant	HA10	20	HA10	15
4	Mur en aile	Nappe en arrière	HA10	20	HA10	15
		Nappe en avant	HA10	20	HA10	15
5	Semelle mur en aile	Supérieur	HA10	20	HA10	15
		Inférieur	HA10	20	HA10	15

Le dimensionnement du dalot 3 x 350 x 200 sont donnés dans **l'annexe IV**.

Conclusion

Enfin, après avoir une présentation des données nécessaires pour l'étude de notre route. Le dimensionnement a été exécuter comme suite : établir la géométrie de la route, notamment les profils en long et les profils en travers ; ainsi qu'à définir la structure de chaussée : du béton bitumineux (BB) pour le revêtement, Grave bitume de classe 3 (GB3) pour la couche de base, Graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment pour la couche de fondation 2 (GLAC) et Graveleux latéritique naturel pour la couche de fondation 1 (GLN). Il a également conduit à l'identification et au dimensionnement des ouvrages nécessaires à l'assainissement et au drainage efficace des eaux de ruissellement, ce qui nous a conduit à la détermination de sections de caniveaux allant de : $80 \times 80 \text{ cm}^2$ à $140 \times 140 \text{ cm}^2$ et ainsi que de dalots de sections : $3 \times 350 \times 200 \text{ cm}^2$, $3 \times 200 \times 200 \text{ cm}^2$, $3 \times 200 \times 150 \text{ cm}^2$ et $2 \times 240 \times 150 \text{ cm}^2$, en milieu urbain sur neuf (09) ouvrages hydrauliques dimensionnés. Les résultats du dimensionnement ont par ailleurs permis d'optimiser la chaussée qui fait l'objet de notre présent mémoire en ayant un module (revêtement et base) et une épaisseur (fondation 2 de 18 cm) qui sont inférieure à celui du projet.

CHAPITRE 3 : Aperçu environnemental et coût du projet

I. Étude d'impact environnemental

Dans le cadre de la modernisation du réseau routier national RN02, le gouvernement a initié un vaste programme de d'élargissement de la voie afin de fluidifier le trafic au sein de la capitale, Ouagadougou, et d'améliorer la sécurité des usagers et des riverains. Sachant que l'impact que ce projet peut avoir sur l'environnement, une étude d'impact environnemental et social (EIES) a été lancée. Elle a pour objectif d'évaluer les effets négatifs et positifs du projet.

1. Cadre législatif au Burkina Faso en matière d'environnement

La législation applicable au Burkina Faso pour ce projet est régie par un ensemble de textes juridiques spécifiques. Parmi les principaux, on peut citer :

- Loi N°022-2005/AN du 24 mai 2005 portant Code de l'hygiène Publique au Burkina Faso
- Loi N°017-2006/AN du 18 mai 2006 portant Code de l'Urbanisme et de la Construction au Burkina Faso
- Loi N°028-2008/AN du 13 mai 2008 portant Code de travail au Burkina Faso
- Loi N°034-2009/AN du 16 juin 2009 portant Régime Foncier Rural
- Loi N°009-2018/AN du 03 mai 2018 portant expropriation pour cause d'utilité publique et indemnisation des personnes affectées par les aménagements et projets d'utilité publique et d'intérêt général au Burkina Faso
- Décret n°2015-1187/PRES-TRANS/ PM/MERH / MATD / MME / MS / MARHASA / MRA / MICA / MHU / MIDT / MCT portant conditions et procédures de réalisation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social
- Décret n°2015-1205 / PRES-TRANS / PM/MERH / MARHASA / MS / MRA / MICA / MME / MIDT / MATD / portant normes et conditions de déversements des eaux usées

2. Description des enjeux environnementaux et sociaux de l'aire d'influence du projet

La réalisation de route liant les entrées et sorties principales Nord de la ville de Ouagadougou apportera des bénéfices environnementaux, sociaux et économiques pour la population.

L'occupation des abords de la route par diverses infrastructures socio-économiques (kiosques, hangars, boutiques, restaurants, églises, mosquées, etc.) contribue à la congestion et à la désorganisation de l'espace urbain. De plus, la présence d'habitations, de banques, de stations-service, d'établissements scolaires et de centres de santé le long du tronçon souligne l'importance de ce corridor pour les activités quotidiennes des riverains. Certaines sections du projet traversent des passages d'eau équipés d'ouvrages de franchissement tels que des dalots et des buses, et sont bordées de caniveaux.

Cependant, plusieurs enjeux environnementaux et sociaux nécessitent une attention particulière :

ENJEUX NÉGATIFS :

- La perte d'espèces végétales ;
- La perte de biens (infrastructures socio-économiques, arbres, terrains, etc.) ;
- La pollution des sols, des eaux de surface et souterraines par les déchets liquides et solides de chantier ;
- La perturbation temporaire de la circulation ;
- Destruction des bâtiments sur l'emprise du projet ;
- La perturbation temporaire des activités socio-économiques ;
- La destruction des sols dans les zones d'emprunt de matériaux et les carrières.

ENJEUX POSITIFS :

- La réduction des pertes en vie humaines occasionnées par les accidents de la circulation ;
- La réduction du niveau de pauvreté due au développement des activités économiques ;
- Le développement des activités socio-économique et les retombées économiques ;
- L'amélioration de la santé des populations locales par la réduction de la prolifération des vecteurs de maladies (paludisme, dengue, fièvre typhoïde, de dysenterie, etc.) et des nuisances diverses (piqûres de moustiques et d'insectes) chez les populations riveraines dues à l'amélioration de l'assainissement ;
- L'amélioration du cadre de vie humaine occasionnées par les accidents de la circulation.

3. Identification et évaluation des impacts sur l'environnement

L'objectif de cette analyse est d'identifier et d'évaluer les différentes catégories d'impacts environnementaux directement engendrés par le projet.

LES SOURCES D'IMPACTS

Les activités susceptibles d'occasionner des impacts sont en phase :

Préparatoire :

- La libération de l'emprise des travaux ;
- L'installation du chantier et de la base de chantier ;
- Le déplacement des réseaux (ONEA, SONABEL, et Téléphonie) ;
- Le stockage des matériaux et matériels.

Travaux :

- La présence de la main d'œuvre ;
- Le déboisement de l'emprise de la route, des zones d'emprunt et des carrières ;
- Le décapage de couches existantes et de la terre végétale ;
- L'aménagement de carrefours ;
- La réalisation d'un terre-plein centrale ;
- L'exécution de fouilles pour les fondations ;
- Les dépôts de tous venants et autres déchets ;
- L'exploitation de gîtes d'emprunt, de carrières et des eaux ;
- La réalisation d'ouvrages d'assainissement ;
- L'exécution des terrassements (déblais et remblais) ;
- La mise en œuvre des couches de forme, de fondation, de base et de roulement ;
- La préparation et la mise en œuvre de béton hydraulique et de bitume ;
- La pose d'équipement de sécurité, de la signalisation verticale et horizontale ;
- La mise en place de plantations d'arbres d'alignement ;
- La mise en œuvre du PGES de chantier et des plans de gestion de l'Entreprise ;
- La mobilisation d'un certain nombre d'équipements lourds et bien appropriés.

Exploitation :

- La présence et l'exploitation du tronçon de route aménagé ;
- La présence et l'exploitation des ouvrages d'assainissement ;

- La prolifération d'infrastructures commerciales aux abords de la route aménagée ;
- Les travaux d'entretien courant et périodique des ouvrages aménagés.

L'ensemble de ces activités produiront aussi bien des impacts négatifs que positifs sur le milieu d'insertion du projet qu'il conviendra d'analyser afin de proposer des mesures adéquates, pour soit les atténuer, les compenser (les impacts négatifs) ou les bonifier (les impacts positifs).

LES IMPACTS LIÉS AUX DIFFÉRENTES ACTIVITÉS

Les effets environnementaux engendrés par le projet sont synthétisés dans le tableau, voir **annexe V**.

4. Mesures d'atténuation et de compensation

Les stratégies d'atténuation proposées pour ce projet incluent la mise en œuvre des actions suivantes :

- Sensibilisation du personnel de chantier sur la protection environnementale et sociale
- Élaboration et application d'un PGESC, d'un PHSST et d'un PAQES
- Élaboration et mise en œuvre d'un règlement intérieur
- Utilisation de véhicules et engins de chantier en bon état de fonctionnement conformément aux normes techniques exigées
- Arrosage systématique, régulier à la satisfaction des populations riveraines des emprises des travaux, des déviations et des pistes d'accès aux zones d'emprunt de matériaux et aux traversées de zones habitées
- Limitation de vitesse des véhicules sur le chantier, les pistes d'accès aux zones d'emprunt de matériaux et de prélèvement des eaux, surtout aux traversées des zones habitées ;
- Plantations d'alignements d'arbres le long des tronçons de route du projet des bosquets au niveau de la bande vertes ainsi que des établissements scolaires et sanitaires qui longent les tronçons de routes pour contribuer à l'absorption du CO₂ dégagé
- Demande des autorisations en cas de travail de nuit
- Remise en état (y compris la plantation d'arbres) ou valorisation des zones d'emprunt en points d'eau pour les activités socio-économiques des populations
- Éviter le dépôt des déblais et des remblais excédentaires sur des passages d'eau pour ne pas modifier leurs régimes hydriques

- Éviter les abattages anarchiques d'arbres en limitant les travaux dans l'emprise utile du projet et des zones d'emprunt de matériaux
- Sensibilisation et interdiction formelle à la main d'œuvre de prélever la faune
- Remise en état ou valorisation des zones d'emprunt de matériaux et de carrières
- Indemnisation/Compensation/Mesures d'accompagnement des PAP
- Arrosage de l'emprise des travaux, des pistes d'accès aux zones d'emprunt, aux carrières et aux sites de prélèvement des eaux à la satisfaction des riverains
- Sensibilisation du personnel de chantier et des populations riveraines sur les IST, le VIH/SIDA, la COVID 19, les hépatites et les grossesses non désirées, les VBG, les VCE, les EAS et les HS
- Sensibilisation du personnel de chantier et des populations riveraines du tronçon de route du projet au respect des consignes de sécurité routière
- Dotation de la main d'œuvre d'équipement de protection individuelle conformes aux spécifications standards sur le plan international et incitation à les utiliser
- Mise en place d'un programme d'entretien courant et périodique du tronçon de route aménagés afin de le pérenniser
- Recrutement de la main d'œuvre locale tout en respectant le code de travail du Burkina Faso
- Sensibilisation du personnel du chantier au respect des us et coutumes locaux

5. Mesures de suivi environnemental

Nous distinguons plusieurs catégories de mesures susceptibles d'être déployées dans le cadre de ce projet routier. Ces mesures peuvent être transversales ou ciblées. Les mesures transversales ont vocation à réduire de manière globale les impacts négatifs générés par l'ensemble du projet, indépendamment d'une composante environnementale particulière.

À l'inverse, les mesures ciblées sont spécifiquement conçues pour atténuer les effets sur une composante environnementale donnée, identifiée comme sensible ou vulnérable.

Ainsi, le programme de suivi se concentrera principalement sur les composantes suivantes :

- Les eaux de surfaces
- Les sols
- La végétation
- La santé

- La sécurité
- Les ouvrages aménagés
- Les activités économiques
- Les conditions, le cadre de vie et le bien-être des populations

II. Estimation du devis du projet

Cette partie de notre mémoire sera le devis estimatif pour la réalisation de notre projet et les recommandations. En se référant au mercurial [12] nous avons eu les prix. Les quantités des matériaux font référence a celle de l'APD a l'exception de la partie optimisée que nous avons évalués dans l'**annexe V**, alors nous avons pu estimer le coût total du projet donné dans le tableau 32 :

Tableau 29: Le devis estimatif

DESIGNATION	MONTANT (FCFA)
Installation Et Repli Du Chantier	2 300 000 000
Travaux Préparatoires	676 113 016
Terrassement	5 930 053 796
Chaussée	8 473 990 000
Revêtements	715 000 000
Ouvrage D'assainissement	3 149 294 632
Signalisation-Sécurité	1 195 816 042
Éclairage Public	2 512 200 000
Réservations, Déplacements Et Confortations De Réseaux Des Concessionnaires	516 674 000
Mesures Environnementales Et Sociales	216 625 000
Total HTVA	29 679 341 486
Total TTC (18%)	35 021 622 953

Les détails de l'estimation des coûts du projet sont présentés dans l'**annexe V**. Et le tableau 33 montre une comparaison entre le cout de chaussée de la présente étude et celui de l'APD.

Tableau 30: Comparaison des coûts de chaussée

DESIGNATION	MONTANT (FCFA)
Chaussée et revêtement du projet	9 188 990 000
Chaussée et revêtement du mémoire	7 529 434 500

D'où l'entreprise aurait pu économiser une somme de : 1 659 555 500 FCFA.

III. Conclusion générale et recommandation

Conclusion générale :

Les travaux menés dans le cadre de notre mémoire intitulé « **Revue et optimisation des études techniques relatives aux travaux d'élargissement et de modernisation de la Route Nationale n°2, entre le Rond-point de la Jeunesse et la voie de contournement au Burkina Faso** » avaient pour objectif de réaliser une étude technique complète de l'infrastructure routière, en vue de l'optimisation du dimensionnement de la chaussée principale conformément aux normes et prescriptions techniques en vigueur.

Le processus de dimensionnement s'est appuyé sur plusieurs volets d'études, à savoir : l'étude géométrique de la route, l'étude géotechnique, les études hydrologique et hydraulique, le dimensionnement des ouvrages d'assainissement (caniveaux, dalots, etc.), l'étude d'impact environnemental et social, ainsi que l'évaluation des coûts du projet.

À l'issue des différentes analyses, les principaux résultats obtenus se présentent comme suit :

- Les tracés des profils en long, en plan et en travers type ;
- Les matériaux disponibles localement, la classe du sol support ainsi que le trafic cumulé ont constitué les paramètres déterminants pour le dimensionnement et l'optimisation de la structure de chaussée, permettant ainsi de retenir des solutions techniques adaptées et économiquement viables, ainsi la structure de chaussée obtenu : du béton bitumineux (BB) pour le revêtement, Grave bitume de classe 3 (GB3) pour la couche de base, Graveleux latéritique naturelle amélioré au ciment pour la couche de fondation 2 (GLAC) et Graveleux latéritique naturel pour la couche de fondation 1 (GLN) ;
- Les résultats de l'étude hydrologique, les débits de crue décennale, ont permis de définir les sections minimales des caniveaux et des dalots nécessaires pour assurer un drainage des eaux en toute période. Cette analyse a été réalisée en intégrant le réseau d'assainissement

existant dans la zone du projet ainsi que les conditions d'écoulement des eaux à l'échelle du tronçon étudié. Ce qui nous a conduit à la détermination de sections de caniveaux allant de : $80 \times 80 \text{ cm}^2$ à $140 \times 140 \text{ cm}^2$ et ainsi que de dalots de sections : $3 \times 350 \times 200 \text{ cm}^2$, $3 \times 200 \times 200 \text{ cm}^2$, $3 \times 200 \times 150 \text{ cm}^2$ et $2 \times 240 \times 150 \text{ cm}^2$;

- L'étude d'impact environnemental et social proposée vise à anticiper et à limiter les risques de perturbations susceptibles d'entraver l'exécution du projet, à réduire les nuisances générées par les travaux et à atténuer leurs effets à travers la mise en œuvre d'un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES).

L'ensemble des études réalisées a permis d'estimer les quantités des différents matériaux et équipements nécessaires à la mise en œuvre du projet. Ces estimations ont servi de base à l'évaluation financière des travaux d'aménagement du tronçon et des ouvrages d'assainissement associés. Le coût global du projet est ainsi évalué à **35 021 622 953**, toutes taxes comprises. Les résultats du dimensionnement ont par ailleurs permis d'optimiser la chaussée qui fait l'objet de notre présent mémoire en ayant un module (revêtement et base) et une épaisseur (fondation 2 de 18 cm) qui sont inférieurs à celui du projet.

Recommandation :

À l'issue de l'analyse, plusieurs recommandations majeures ont été formulées afin d'assurer la bonne exécution et la durabilité du projet, notamment :

- Le curage et le nettoyage systématiques des caniveaux et des dalots à la fin des travaux sont indispensables, ces ouvrages pouvant être partiellement obstrués par des matériaux issus des terrassements, compromettant ainsi leur performance hydraulique ;
- L'implication active des populations locales dans l'entretien des infrastructures routières doit être encouragée à travers des campagnes de sensibilisation et des sessions de formation, favorisant ainsi l'appropriation du projet par les riverains ;
- La mise en œuvre d'un programme d'entretien structuré, intégrant des opérations de maintenance préventive et corrective régulières, est nécessaire pour garantir la pérennité des ouvrages et maintenir un niveau de service satisfaisant des voies ;
- Le respect strict des règles de sécurité sur le chantier doit être assuré en permanence, notamment par le port obligatoire et approprié des équipements de protection individuelle par l'ensemble des intervenants.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] les T. CERTU. Centre d'Etudes sur les Réseaux, « Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines : ICTAVRU ». in Références. Cerema. Bron, 2009. Consulté le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/16469/instruction-sur-les-conditions-techniques-d-amenagement-des-voies-rapides-urbaines-ictavru>
- [2] « CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES DE CHAUSSEE », *GUIDE TECHNIQUE*, déc. 1994, Consulté le: 6 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://trid.trb.org/View/1000796>
- [3] L. du faso, « Surcharges dans les transports: le Règlement 14 sera généralisé en 2024 », *L'economiste du faso*. Consulté le: 6 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://leconomistedufaso.com/2022/10/31/surcharges-dans-les-transport-le-reglement-14-sera-generalise-en-2024/>
- [4] « Guide Pratique Dimensionnement Chaussee Pays Tropicaux | PDF ». Consulté le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/812814623/130404-Guide-Pratique-Dimensionnement-Chaussee-Pays-Tropicaux>
- [5] « Norme NF P98-086 ». Consulté le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-p98086/dimensionnement-structurel-des-chaussees-routieres-application-aux-chaussee/fa191354/82623#AreasStoreProductsSummaryView>
- [6] « CATALOGUE-V2 - PDFCOFFEE.COM ». Consulté le: 9 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://pdfcoffee.com/catalogue-v2-pdf-free.html>
- [7] « CIEH - COMITE INTER-AFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES - Ouagadougou, Burkina Faso en Afrique. » Consulté le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.nexpages.com/bf/cieh-comite-inter-africain-d-etudes-hydrauliques-burkina-faso-4455>
- [8] « Routes - BCEOM - HYDRAULIQUE-ROUTIERE PDF | PDF ». Consulté le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/473632409/Routes-BCEOM-HYDRAULIQUE-ROUTIERE-pdf>

- [9] C. Puech, D. C. Gonni, et CIEH, *Courbes hauteur de pluie - durée - fréquence - Afrique de l'Ouest et Centrale pour des pluies de durée de 5 minutes à 24 heures*. in Série Hydrologie. OUAGADOUGOU: CIEH, 1984.
- [10] « bael 91 modifié 99 PDF », Bing. Consulté le: 6 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.bing.com/search?q=bael+91+modifié+99+PDF&FORM=QSRE9&ntref=1>
- [11] « fascicule 61 titre 2 pdf », Bing. Consulté le: 6 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur:
<https://www.bing.com/search?q=fascicule+61+titre+2+pdf&qs=NM&pq=le+fascicule+61&sk=SC1&sc=12-15&cvid=554923A2544144FA9330CE9A2293D91F&FORM=QBRE&sp=2&lq=0>
- [12] « La Mercuriale », Ministère du commerce. Consulté le: 6 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mincommerce.gov.cm/fr/la-mercuriale>
- [13] Auteurs institutionnels officiels, « Cahier des Prescriptions Communes – Fascicule n° 61, Titre II : Programmes de charges et épreuves des ponts-routes ». Ministère de l'Équipement, Ministère de l'Économie et des Finances, Commission centrale des marchés – Groupe permanent d'étude des marchés de travaux fr.scribd.com +3 yumpu.com +3 fliphtml5.com +3, 1971.

ANNEXES

Annexe I : Étude Géométrique

Annexe II : Étude Géotechnique et dimensionnement de la chaussée

Annexe III : Étude hydrologique et Hydraulique

Annexe IV : Dimensionnement Structurel des ouvrages

Annexe V : Notice environnementale et sociale ; Devis du projet

Annexe VI : Plan

Annexe I : Étude Géométrique

Axe En Plan

Nom du dessin : Tronçon entre rond - point de la jeunesse et la voie de contournement.dwg

Nom de l'axe : voirie RN02 - Axe PRJ, 15,849 KM (PK0+000 – PK15+849.860)

Els Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 310.42g	402,091	0,000	655560,729	1369914,786
Arc 1	Rayon 2000.000 m	22,293	402,091	655164,011	1369980,299
	Centre X 654838.149 m				
	Centre Y 1368007.024 m				
Droite 2	Gisement 309.71g	113,086	424,384 537,470	655141,996 655030,223	1369983,809 1370000,989
Arc 2	Rayon 2000.000 m	22,257			
	Centre X 654726.376 m				
	Centre Y 1368024.205 m				
Droite 3	Gisement 309g	75,563	559,727 635,291	655008,205 654933,396	1370004,248 1370014,896
Arc 3	Rayon 2000.000 m	11,223			
	Centre X 654651.566 m				
	Centre Y 1368034.853 m				
Droite 4	Gisement 308.64g	110,560	646,514 757,074	654922,280 654812,737	1370016,447 1370031,412
Arc 4	Rayon 2000.000 m	5,464			
	Centre X 654542.024 m				
	Centre Y 1368049.818 m				
Droite 5	Gisement 308.47g	353,567	762,538 1116,105	654807,322 654456,880	1370032,144 1370079,044
Arc 5	Rayon 2000.000 m	229,934			
	Centre X 654191.581 m				
	Centre Y 1368096.718 m				
Droite 6	Gisement 301.15g	472,887	1346,039 1818,926	654227,728 653754,919	1370096,392 1370104,938
Arc 6	Rayon 2000.000 m 653718.772 m	163,278			

	Centre X	1368105.265 m		1982,204	653591,728	1370101,226
	Centre Y			2055,050	653519,030	1370096,598
Droite 7	Gisement	295.95g	72,845			
Arc 7	Rayon	-2000.000 m	156,512			
	Centre X	653391.986 m		2211,561	653362,605	1370092,775
	Centre Y	1372092.559 m		3102,590	652471,672	1370105,865
Droite 8	Gisement	300.94g	891,029			
Arc 8	Rayon	-800.000 m	417,362			
	Centre X	652483.425 m		3519,952	652074,593	1370218,133
	Centre Y	1370905.778 m		5184,749	650643,604	1371068,909
Droite 9	Gisement	334.15g	1664,797			
Arc 9	Rayon	10000.000 m	466,687			
	Centre X	645533.215 m		5651,436	650237,041	1371297,959
	Centre Y	1362473.334 m		6711,659	649301,434	1371796,670
Droite 10	Gisement	331.18g	1060,223			
Arc 10	Rayon	-1500.000 m	478,610			
	Centre X	650007.008 m		7190,269	648921,822	1372084,810
	Centre Y	1373120.363 m		8543,252	647987,765	1373063,636
Droite 11	Gisement	351.49g	1352,983			
Arc 11	Rayon	-2000.000 m	72,179			
	Centre X	649434.680 m		8615,431	647938,887	1373116,742
	Centre Y	1374444.373 m		9453,535	647382,541	1373743,558
Droite 12	Gisement	353.79g	838,104			
Arc 12	Rayon	-2000.000 m	10,099			
	Centre X	648878.333 m		9463,634	647375,856	1373751,127
	Centre Y	1375071.189 m		9981,638	647033,957	1374140,272
Droite 13	Gisement	354.11g	518,004			
Arc 13	Rayon	2000.000 m	44,382			
	Centre X	645531.480 m				
	Centre Y	1372820.211 m		10026,021	647004,296	1374173,286
Droite 14	Gisement	352.7g	417,580			
				10443,601	646721,787	1374480,795
Arc 14	Rayon	2000.000 m	79,769			
	Centre X	645248.971 m		10523,370	646666,664	1374538,446
		1373127.720 m				

	Centre Y		10992,411	646335,819	1374870,924
Droite 15	Gisement 350.16g	469,041			
Arc 15	Rayon 10000.001 m	10,861			
	Centre X 639247.357 m		11003,272	646328,154	1374878,619
	Centre Y 1367817.293 m		12769,299	645081,105	1376129,106
Droite 16	Gisement 350.09g	1766,026			
Arc 16	Rayon 2000.000 m	436,052			
	Centre X 643664.946 m		13205,351	644742,103	1376401,992
	Centre Y 1374716.841 m		14086,394	643999,758	1376876,503
Droite 17	Gisement 336.21g	881,043			
Arc 17	Rayon 1000.000 m	104,971			
	Centre X 643461.179 m		14191,364	643908,510	1376928,296
	Centre Y 1376033.927 m		14195,848	643904,499	1376930,302
Droite 18	Gisement 329.53g	4,484			
Arc 18	Rayon 1000.000 m	68,717			
	Centre X 643457.169 m		14264,565	643842,034	1376958,906
	Centre Y 1376035.933 m		14473,344	643649,336	1377039,258
Droite 19	Gisement 325.15g	208,779			
Arc 19	Rayon 5000.000 m	135,569			
	Centre X 641725.014 m		14608,913	643523,518	1377089,731
	Centre Y 1372424.392 m		14728,169	643412,244	1377132,627
Droite 20	Gisement 323.42g	119,255			
Arc 20	Rayon 5000.000 m	149,067			
	Centre X 641613.741 m		14877,236	643272,376	1377184,165
	Centre Y 1372467.288 m		15095,878	643066,115	1377256,695
Droite 21	Gisement 321.53g	218,642			

Arc 21	Rayon	109,491			
	-2000.000 m				
	Centre X	643729.569 m	15205,369	642963,869	1377295,824
	Centre Y	1379143.446 m	15206,588	642962,743	1377296,291
Droite 22	Gisement	325.01g	1,219		
Arc 22	Rayon	90,463			
	1000.000 m				
	Centre X	642579.893 m	15297,051	642877,720	1377327,100
	Centre Y	1376372.480 m	15393,937	642785,231	1377355,956
Droite 23	Gisement	319.25g	96,886		
Arc 23	Rayon	307,316			
	-2000.000 m				
	Centre X	643380.886 m	15701,253	642500,032	1377469,618
	Centre Y	1379265.195 m	15849,860	642366,615	1377535,068
Droite 24	Gisement	329.03g	148,606		
Longueur totale de l'axe 15849.860 mètre(s)					

Annexe II : Étude Géotechnique et dimensionnement de la chaussée

Légende Chaussée existante :

Couche de remblai : R

Couche de fondation 1 en GLN : F1

Couche de fondation 2 en GLAC : F2

Couche de base en GLN : B

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
15+849	Sondage 1	Droit/forme 47/80	29,0	56,0	74,0	95,0	42,0	25,0	17,0	6,8	2,160	28	38	R
		Droit/fondation 27/47	24,0	44,0	62,0	89,0	37,0	22,0	15,0	7,0	2,140	19	26	R
		Droit/base 5/27	14,0	29,0	49,0	81,0	28,0	18,0	10,0	7,0	2,310	45	60	R/F1/F2
15+399.67	Sondage 2	Gauche/fondation 27/54	27,0	49,0	66,0	89,0	45,0	26,0	19,0	5,6	2,180	17	21	R
		Gauche/forme 54/100	31,0	58,0	75,0	92,0	32,0	21,0	11,0	7,2	2,110	24	31	R
		Gauche/base 5/27	21,0	42,0	62,0	88,0	29,0	21,0	8,0	8,0	2,280	28	35	R
13+700	Sondage 3	Droit/fondation 30/57	24,0	43,0	55,0	78,0	32,0	21,0	11,0	8,6	2,070	17	22	R
		Droit/forme 57/100	28,0	48,0	65,0	90,0	35,0	17,0	18,0	9,8	2,120	18	25	R
		Droit/base 5/30	24,0	44,0	63,0	89,0	26,0	17,0	9,0	9,0	2,180	26	36	R
13+400	Sondage 4	Gauche/forme 51/90	27,0	48,0	63,0	86,0	32,0	21,0	11,0	7,2	2,140	18	30	R

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
		Gauche/base 5/29	18,0	32,0	50,0	83,0	28,0	19,0	9,0	6,8	2,240	45	61	R/F1/F2
		Gauche/fondation 29/51	23,0	48,0	65,0	90,0	33,0	18,0	15,0	7,0	2,220	44	57	R/F1/F2
12+900	Sondage 5	Droit/fondation 21/51	21,0	43,0	58,0	83,0	33,0	17,0	16,0	7,4	2,220	43	58	R/F1/F2
		Droit/forme 51/100	42,0	70,0	84,0	95,0	45,0	20,0	25,0	8,2	2,070	16	21	R
		Droit/base 5/21	14,0	30,0	48,0	79,0	32,0	16,0	16,0	7,0	2,320	55	80	R/F1/F2
12+400	Sondage 06 gauche	Couche de base	16,0	33,0	54,0	82,0	28,0	18,0	10,0	6,2	2,300	70	99	R/F1/F2
		Couche de fondation	44,0	49,0	57,0	74,0	40,0	21,0	19,0	6,4	2,260	54	71	R/F1/F2
		Couche de forme	16,0	39,0	58,0	88,0	23,0	16,0	7,0	5,4	2,250	21	32	R
11+900	Sondage 07	Couche de fondation	20,0	47,0	63,0	91,0	28,0	14,0	14,0	6,8	2,230	42	56	R/F1/F2
		Couche de base	16,0	45,0	77,0	89,0	31,0	15,0	16,0	6,8	2,340	75	100	R/F1/F2
		Couche de forme	24,0	49,0	58,0	87,0	25,0	12,0	13,0	6,6	2,200	30	44	R/F1/F2
11+400		Couche de base	14,0	25,0	43,0	81,0	26,0	16,0	10,0	6,4	2,360	70	93	R/F1/F2

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
	Sondage 08	Couche de fondation	14,0	44,0	61,0	92,0	22,0	12,0	10,0	6,8	2,240	43	65	R/F1/F2
		Couche de forme	16,0	32,0	46,0	74,0	39,0	17,0	22,0	8,8	2,050	20	26	R
10+900	Sondage 09	Couche de forme	19,0	52,0	68,0	88,0	24,0	15,0	9,0	6,8	2,150	23	30	R
		Couche de fondation	25,0	50,0	64,0	90,0	22,0	13,0	9,0	6,6	2,260	54	70	R/F1/F2
		Couche de base	23,0	30,0	41,0	72,0	23,0	13,0	10,0	6,6	2,330	70	90	R/F1/F2
10+400	Sondage 10	Couche de forme côté gauche	31,0	61,0	78,0	94,0	32	18,0	14,0	8,2	2,120	28	40	R
		Couche de base côté gauche	17,0	29,0	40,0	74,0	24	14,0	10,0	6,6	2,350	82	108	R/F1/F2/B
		Couche de fondation côté gauche	28,0	52,0	67,0	90,0	28	15,0	13,0	6,0	2,240	45	66	R/F1/F2
09+900		Couche de forme côté droit	35,0	64,0	75,0	94,0	32	18,0	14,0	7,2	2,190	28	35	R

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
	Sondage 11	Couche de fondation côté droit	23,0	51,0	69,0	96,0	24	15,0	9,0	7,0	2,190	45	69	R/F1/F2
		Couche de base côté droit	32,0	61,0	79,0	94,0	40	26,0	14,0	7,2	2,330	80	102	R/F1/F2/B
09+400	Sondage 12	Couche de forme côté gauche	30,0	54,0	69,0	89,0	33,0	20,0	13,0	7,4	2,110	16	21	R
		Couche de fondation côté gauche	28,0	54,0	73,0	95,0	30,0	18,0	12,0	7,0	2,130	32	40	R/F1
		Couche de base côté gauche	49,0	77,0	83,0	91,0	40,0	22,0	18,0	5,8	2,290	63	92	R/F1/F2
08+900	Sondage 13	Couche de fondation côté droit	30,0	55,0	93,0	93,0	35,0	22,0	13,0	7,8	2,190	50	67	R/F1/F2
		Couche de base côté droit	25,0	55,0	70,0	88,0	28,0	13,0	15,0	6,8	2,240	75	103	R/F1/F2

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
		Couche de forme côté droit	14,0	22,0	40,0	73,0	32,0	16,0	16,0	9,8	2,120	25	33	R
07+900	Sondage 14	Couche de forme côté droit	27,0	52,0	66,0	89,0	25,0	14,0	11,0	6,8	2,220	19	28	R
		Couche de base côté droit	19,0	48,0	63,0	92,0	30,0	17,0	13,0	5,8	2,275	41	58	R/F1/F2
		Couche de fondation côté droit	25,0	51,0	68,0	92,0	28,0	16,0	12,0	6,8	2,220	24	35	R
07+400	Sondage 15	Couche de fondation côté gauche	22,0	38,0	59,0	88,0	20,0	14,0	6,0	7,0	2,200	50	72	R/F1/F2
		Couche de base côté gauche	19,0	37,0	56,0	84,0	19,0	12,0	7,0	6,0	2,310	60	90	R/F1/F2
		Couche de forme côté gauche	13,0	33,0	53,0	84,0	26,0	15,0	11,0	7,0	2,150	40	54	R/F1/F2

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
06+900	Sondage 16	Couche de base droit	15,0	25,0	48,0	82,0	33,0	20,0	13,0	6,6	2,330	69	86	R/F1/F2
		Couche de forme côté droit	43,0	55,0	70,0	90,0	31,0	18,0	13,0	6,8	2,220	52	78	R/F1/F2
		Couche de fondation côté droit	28,0	54,0	74,0	94,0	23,0	13,0	10,0	6,6	2,180	25	34	R
06+400	Sondage 17	Couche de fondation côté gauche	12,0	42,0	57,0	86,0	21,0	12,0	9,0	5,0	2,280	62	85	R/F1/F2
		Couche de base côté gauche	18,0	45,0	65,0	89,0	21,0	13,0	8,0	7,0	2,240	65	90	R/F1/F2
		Couche de forme côté gauche	26,0	48,0	68,0	88,0	35,0	20,0	15,0	5,6	2,190	24	38	R
05+900	Sondage 18	Couche de base côté droit	23,0	44,0	59,0	81,0	23,0	13,0	10,0	8,6	2,275	60	80	R/F1/F2

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
		Couche de fondation côté droit	17,0	38,0	57,0	82,0	22,0	11,0	11,0	9,0	2,110	43	65	R/F1/F2
		Couche de forme côté droit	30,0	63,0	75,0	95,0	40,0	25,0	15,0	7,0	2,190	30	38	R/F1
5+400	Sondage 19	Couche de base côté droit	18,0	39,0	53,0	76,0	25,0	12,0	13,0	7,6	2,230	93	129	R/F1/F2/B
		Couche de fondation côté droit	29,0	55,0	73,0	94,0	25,0	14,0	11,0	8,6	2,140	37	56	R/F1
		Couche de forme côté droit	33,0	50,0	65,0	89,0	36,0	23,0	13,0	9,4	2,095	12	18	R
4+900	Sondage 20	Couche de fondation côté droit	26,0	48,0	69,0	88,0	23,0	15,0	8,0	7,0	2,200	76	90	R/F1/F2
		Couche de forme côté droit	15,0	43,0	64,0	89,0	29,0	19,0	10,0	8,9	2,165	55	75	R/F1/F2

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
		Couche de base côté gauche	24,0	49,0	68,0	93,0	32,0	17,0	15,0	7,6	2,240	65	88	R/F1/F2
4+400	Sondage 21	Couche de fondation côté gauche	17,0	29,0	41,0	75,0	23,0	13,0	10,0	8,8	2,190	60	82	R/F1/F2
		Couche de forme côté gauche	21,0	44,0	61,0	85,0	28,0	16,0	12,0	6,4	2,170	40	57	R/F1/F2
3+900	Sondage 22	Couche de forme côté droit	15,0	35,0	54,0	80,0	23,0	15,0	8,0	8,4	2,180	70	95	R/F1/F2
		Couche de fondation côté droit	21,0	52,0	73,0	93,0	23,0	17,0	6,0	6,9	2,220	49	65	R/F1/F2
		Couche de base côté droit	11,0	31,0	51,0	77,0	17,0	14,0	3,0	6,1	2,220	48	64	R/F1/F2
3+400	Sondage 23	Couche de forme côté droit	19,0	38,0	56,0	81,0	35,0	20,0	15,0	8,5	2,160	26	35	R

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
		Couche de fondation côté droit	12,0	47,0	68,0	85,0	23,0	11,0	12,0	6,6	2,210	37	54	R/F1
		Couche de base côté droit	14,0	39,0	55,0	77,0	18,0	14,0	4,0	9,3	2,225	92	120	R/F1/F2/B
2+900	Sondage 24	Couche de forme côté droit	23,0	48,0	69,0	93,0	30,0	20,0	10,0	7,9	2,200	30	42	R/F1
		Couche de fondation côté droit	18,0	37,0	57,0	86,0	23,0	15,0	8,0	6,0	2,210	44	65	R/F1/F2
		Couche de base côté droit	12,0	29,0	46,0	74,0	20,0	15,0	5,0	5,5	2,260	86	108	R/F1/F2/B
2+400	Sondage 25	Couche de forme côté gauche	40,0	49,0	59,0	78,0	33,0	20,0	13,0	8,7	2,010	8	11	NU

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
1+900	Sondage 26	Couche de fondation côté gauche	28,0	46,0	64,0	89,0	28,0	15,0	13,0	6,8	2,230	38	52	R/F1
		Couche de base côté gauche	18,0	39,0	56,0	85,0	22,0	16,0	6,0	7,3	2,295	42	60	R/F1/F2
		Couche de forme côté droit voie droite	35,0	58,0	76,0	96,0	42,0	24,0	18,0	10,5	2,030	20	28	R
		Couche de fondation côté droit voie droite	29,0	46,0	65,0	90,0	24,0	16,0	8,0	8,3	2,190	31	45	R/F1
		Couche de base côté droit voie droite	11,0	27,0	47,0	75,0	22,0	14,0	8,0	5,6	2,325	75	110	R/F1/F2

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
1+400	Sondage 27	Couche de forme côté gauche	25,0	39,0	56,0	81,0	28,0	16,0	12,0	8,3	2,160	17	29	R
		Couche de fondation côté gauche	23,0	45,0	70,0	96,0	21,0	13,0	8,0	7,5	2,240	48	65	R/F1/F2
		Couche de base côté gauche	19,0	32,0	54,0	91,0	22,0	16,0	6,0	6,7	2,270	52	75	R/F1/F2
0+900	Sondage 28	Couche de forme côté droit	25,0	38,0	49,0	68,0	44,0	28,0	16,0	8,5	2,100	23	28	R
		Couche de fondation côté droit	15,0	37,0	59,0	86,0	19,0	13,0	6,0	7,4	2,240	42	57	R/F1/F2
		Couche de base côté droit	19,0	27,0	50,0	83,0	24,0	15,0	9,0	5,8	2,310	66	95	R/F1/F2

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
0+400	Sondage 29	Couche de forme côté gauche	24,0	49,0	63,0	88,0	32,0	20,0	12,0	8,5	2,095	21	30	R
		Couche de fondation côté gauche	27,0	45,0	62,0	86,0	36,0	20,0	16,0	9,6	2,055	15	22	R
		Couche de base côté gauche	24,0	45,0	61,0	88,0	29,0	16,0	13,0	7,6	2,180	41	57	R/F1/F2
0+250	Sondage 30	Couche de forme bretelle G	20,0	48,0	70,0	92,0	29,0	13,0	16,0	10,6	2,130	34	48	R/F1
		Couche de forme côté droit voie droite	35,0	58,0	76,0	96,0	42,0	24,0	18,0	10,5	2,030	20	28	R

PK	N° SONDAGE	COTE/COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Utilisation des matériaux
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	W(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
		Couche de fondation côté droit voie droite	29,0	46,0	65,0	90,0	24,0	16,0	8,0	8,3	2,190	31	45	R/F1

Élargissement droit zones d'élargissement :

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANC E CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	W p	IP	w(%)	YdOP M (t/m3)	95%	98 %	
15+849	Sondage 1	Élargissement droit	33, 0	57, 0	69,0	87,0	45, 0	32,0	13,0	8,5	1,980	23	31	S4
15+59 9.86	Sondage 2	Élargissement droit Axe 40/100	18, 0	36, 0	49,0	68,0	31, 0	19,0	12,0	9,6	2,180	28	34	S4
15+34 9.86	Sondage 3	Élargissement Droit 70/100	49, 0	77, 0	85,0	92,0	45, 0	21,0	24,0	9,0	1,990	7	9	S2
13+750	Sondage 4	Élargissement droit 0/100	18, 0	41, 0	54,0	80,0	28, 0	15,0	13,0	7,2	2,230	42	58	S5
13+600	Sondage 5	Élargissement Droite Axe 35/100	23, 0	41, 0	50,0	70,0	33, 0	21,0	12,0	7,6	2,100	19	26	S4
13+350	Sondage 6	Élargissement Droit 45/100	29, 0	49, 0	63,0	76,0	40, 0	22,0	18,0	9,4	2,090	21	27	S4
13+100	Sondage 7	Élargissement Droit 60/100	27, 0	51, 0	64,0	82,0	33, 0	21,0	12,0	7,0	2,000	30	38	S4/S5

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANC E CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	W P	IP	w(%)	YdOP M (t/m3)	95%	98 %	
12+850	Sondage 8	Élargissement Droit Axe 50/100	63, 0	97, 0	99,0	100, 0	28, 0	17,0	11,0	8,4	1,990	13	19	S3
12+600	Sondage 9	Élargissement Droit	19, 0	31, 0	45,0	75,0	25, 0	15,0	10,0	7,4	2,210	58	83	S5
12+350	Sondage 10	Élargissement Droit	59, 0	97, 0	99,0	100, 0	40, 0	25,0	15,0	8,2	2,040	23	30	S4
12+100	Sondage 11	Élargissement Droit axe	54, 0	84, 0	94,0	100, 0	29, 0	12,0	17,0	8,4	2,010	15	18	S3
11+850	Sondage 12	Élargissement Droit côté droit	64, 0	97, 0	100, 0		55, 0	32,0	23,0	8,0	2,010	15	17	S3
11+600	Sondage 13	Élargissement Droit côté gauche	20, 0	29, 0	41,0		30, 0	17,0	13,0	7,6	2,200	49	67	S5
11+350	Sondage 14	Élargissement Droit côté axe	63, 0	89, 0	95,0	100, 0	45, 0	15,0	30, 0	7,2	1,970	16	24	S4
11+100	Sondage 15	Élargissement droit côté droit	41, 0	65, 0	80,0	96,0	48, 0	27,0	21, 0	7,8	2,000	12	15	S3

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANC E CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	W P	IP	w(%)	YdOP M (t/m3)	95%	98 %	
10+85 0	Sondage 16	Élargissement droit côté gauche	50, 0	80, 0	91,0	99,0	40	27,0	13, 0	10,2	1,880	16	19	S4
10+60 0	Sondage 17	Élargissement droit côté axe	34, 0	64, 0	80,0	95,0	37	25,0	12, 0	13,0	1,890	15	18	S3/S4
10+35 0	Sondage 18	Élargissement droit côté droit	68, 0	90, 0	95,0	100, 0	42	23,0	19, 0	11,0	1,910	11	15	S3
10+10 0	Sondage 19	Élargissement droit côté gauche	41, 0	68, 0	82,0	96,0	40	27,0	13, 0	11,4	1,880	16	19	S4
09+85 0	Sondage 20	Élargissement droit côté axe	25, 0	46, 0	73,0	81,0	34	22,0	12, 0	8,4	2,000	25	34	S4
09+60 0	Sondage 21	Élargissement droit côté droit	40, 0	62, 0	73,0	88,0	36, 0	22,0	14, 0	7,8	2,100	18	27	S4
09+35 0	Sondage 22	Élargissement droit côté gauche	59, 0	80, 0	88,0	96,0	43, 0	27,0	16, 0	10,0	1,910	14	18	S3
09+10 0	Sondage 23	Élargissement droit côté axe	28, 0	49, 0	66,0	90,0	40, 0	25,0	15, 0	10,2	2,040	22	29	S4

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANC E CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	W P	IP	w(%)	YdOP M (t/m3)	95%	98 %	
08+55 0	Sondage 24	Élargissement droite côté droit	38, 0	63, 0	78,0	94,0	38, 0	23,0	15, 0	6,8	1,930	7	9	S2
08+60 0	Sondage 25	Élargissement droit côté droit	17, 0	33, 0	45,0	73,0	30, 0	19,0	11, 0	9,8	2,130	41	59	S5
08+35 0	Sondage 26	Élargissement droit côté droit	20, 0	57, 0	74,0	95,0	40, 0	19,0	21, 0	7,8	1,980	10	17	S2/S3
08+10 0	Sondage 27	Élargissement droit côté droit	20, 0	31, 0	47,0	82,0	43, 0	22,0	21, 0	9,8	2,080	43	55	S5
07+85 0	Sondage 28	Élargissement droit côté gauche	11, 0	21, 0	30,0	56,0	25, 0	16,0	9,0	7,4	2,150	70	100	S5
07+60 0	Sondage 29	Élargissement droit côté axe	30, 0	38, 0	53,0	84,0	47, 0	29,0	18, 0	9,0	2,090	12	19	S3
07+35 0	Sondage 30	Élargissement droit côté droit	17, 0	55, 0	71,0	90,0	32, 0	18, 0	14, 0	7,2	2,160	17	26	S4
07+10 0	Sondage 31	Élargissement droit côté gauche	31, 0	51, 0	67,0	90,0	35, 0	22, 0	13, 0	12,0	1,950	10	14	S2/S3

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANC E CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	W p	IP	w(%))	YdOP M (t/m3)	95%	98 %	
06+85 0	Sondage 32	Élargissement droit côté axe	19, 0	36, 0	58,0	88,0	32, 0	17, 0	15, 0	9,6	2,030	17	24	S4
06+60 0	Sondage 33	Élargissement droit côté droit	14, 0	53, 0	70,0	89,0	30, 0	19, 0	11, 0	8,0	2,050	17	22	S4
06+35 0	Sondage 34	Élargissement droit côté gauche	50, 0	79, 0	91,0	99,0	45, 0	21, 0	24, 0	8,4	2,080	39	54	S5
06+10 0	Sondage 35	Élargissement droit	59, 0	83, 0	91,0	98,0	44, 0	25, 0	19, 0	10,4	1,880	11	15	S3
05+85 0	Sondage 36	Élargissement droit côté gauche	22, 0	36, 0	51,0	77,0	29, 0	18, 0	11, 0	8,6	2,100	26	34	S4
5+600	Sondage 37	Élargissement droit côté droit	11, 0	30, 0	44,0	68,0	26, 0	14, 0	12, 0	9,9	2,080	20	29	S4
5+350	Sondage 38	Élargissement droit côté axe	15, 0	36, 0	52,0	76,0	23, 0	13, 0	10, 0	8,4	2,165	44	60	S5
5+100	Sondage 39	Élargissement droit côté droit	51, 0	80, 0	91,0	99,0	35, 0	20, 0	15, 0	7,1	2,155	22	32	S4

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANC E CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	W p	IP	w(%)	YdOP M (t/m3)	95%	98 %	
4+850	Sondage 40	Élargissement droit côté gauche	19, 0	36, 0	58,0	80,0	23, 0	13, 0	10, 0	7,3	2,195	49	68	S5
4+600	Sondage 41	Élargissement droit côté axe	52, 0	93, 0	98,0	100, 0	33, 0	20, 0	13, 0	8,0	2,010	17	25	S4
04+35 0	Sondage 42	Élargissement droit	25, 0	38, 0	53,0	77,0	26, 0	14, 0	12, 0	6,0	2,230	37	50	S5
04+10 0	Sondage 43	Élargissement droit côté gauche	24, 0	37, 0	51,0	77,0	33, 0	19, 0	14, 0	5,8	2,200	19	28	S4
3+850	Sondage 44	Élargissement droit côté axe	34, 0	46, 0	65,0	88,0	33, 0	17, 0	16, 0	9,1	1,900	7	10	S2
3+600	Sondage 45	Élargissement droit côté droit	95, 0				30, 0	17, 0	13, 0	12,4	1,820	5	8	S1/S2
3+350	Sondage 46	Élargissement droit côté gauche	89, 0	98, 0	100, 0	100, 0	24, 0	13,0	11, 0	11,5	1,900	3	5	S1
3+100	Sondage 47	Élargissement droit côté axe	81, 0	95, 0	97,0	100, 0	20, 0	11,0	9,0	10,5	1,870	5	8	S1/S2

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANC E CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	W P	IP	w(%)	YdOP M (t/m3)	95%	98 %	
2+850	Sondage 48	Élargissement droit côté droit	62, 0	91, 0	97,0	98,0	28, 0	15,0	13, 0	10,4	1,895	3	4	S1
2+350	Sondage 50	Élargissement droit côté axe	31, 0	42, 0	54,0	75,0	35, 0	22,0	13, 0	9,5	1,975	18	28	S4
2+100	Sondage 51	Élargissement droit côté droit	31, 0	42, 0	54,0	75,0	35, 0	22,0	13, 0	9,5	1,975	18	28	S4
1+800	Sondage 52	Élargissement droit côté gauche	50, 0	95, 0	98,0	99,0	29, 0	16,0	13, 0	8,2	2,000	8	11	S2
1+600	Sondage 53	Élargissement droit côté axe	49, 0	94, 0	98,0	100, 0	22, 0	12,0	10, 0	10,0	2,010	5	7	S1/S2
1+350	Sondage 54	Élargissement droit côté droit	31, 0	55, 0	73,0	93,0	35, 0	23,0	12, 0	7,2	2,170	30	37	S4/S5
1+050	Sondage 55	Élargissement droit côté gauche	15, 0	30, 0	40,0	54,0	31, 0	19,0	12, 0	6,7	2,110	28	38	S4
0+850	Sondage 56	Élargissement droit côté axe	16, 0	26, 0	48,0	83,0	46, 0	29,0	17, 0	9,2	2,220	65	89	S5

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANC E CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	W p	IP	w(%))	YdOP M (t/m3)	95%	98 %	
0+600	Sondage 57	Élargissement droit côté gauche	14, 0	24, 0	37,0	67,0	39, 0	24,0	15, 0	8,6	2,095	35	51	S5
0+350	Sondage 58	Élargissement droit côté axe	19, 0	28, 0	37,0	68,0	38, 0	20,0	18, 0	9,5	2,020	18	27	S4
0+100	Sondage 59	Élargissement droit côté axe	25, 0	40, 0	59,0	86,0	34, 0	20,0	14, 0	8,1	2,220	32	45	S5
0+350	Sondage 60	Élargissement droit bretelle	69, 0	84, 0	90,0	97,0	28, 0	14,0	14, 0	9,1	1,900	6	9	S2
0+150	Sondage 61	Élargissement droit bretelle	87, 0	97, 0	100, 0		29, 0	17,0	12, 0	11,0	1,870	6	9	S2

Élargissement gauche zones d'élargissement :

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
15+849.86	Sondage 1	Élargissement Gauche 30/100	26,0	51,0	66,0	88,0	40,0	24,0	16,0	9,4	2,030	34	48	S5
15+569.86	Sondage 2	Élargissement gauche 55/100	23,0	49,0	67,0	86,0	44,0	22,0	22,0	9,8	2,160	23	36	S4
15+319.86	Sondage 3	Élargissement gauche Axe 45/100	58,0	95,0	98,0	100,0	50,0	38,0	12,0	8,6	2,000	9	11	S2
13+800	Sondage 4	Élargissement Gauche 50/100	19,0	40,0	52,0	75,0	33,0	18,0	9,0	9,0	2,090	35	45	S5
13+550	Sondage 5	Élargissement Gauche 65/100	30,0	51,0	61,0	84,0	35,0	23,0	12,0	6,6	2,150	12	18	S3
13+300	Sondage 6	Élargissement Gauche Axe 80/100	27,0	50,0	61,0	77,0	40,0	25,0	15,0	7,2	2,120	16	24	S4
13+000	Sondage 7	Élargissement Gauche 40/100	36,0	69,0	81,0	93,0	45,0	30,0	15,0	12,0	1,940	17	24	S4

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
12+800	Sondage 8	Élargissement Gauche Axe 50/100	19,0	40,0	52,0	69,0	33,0	18,0	15,0	8,6	2,150	31	39	S5
12+550	Sondage 9	Élargissement Gauche côté droit	58,0	92,0	98,0	100,0	55,0	30,0	25,0	7,2	2,120	19	25	S4
12+300	Sondage 10	Elargissement gauche côté gauche	63,0	96,0	99,0		55,0	25,0	30,0	8,6	1,960	11	13	S3
12+050	Sondage 11	Élargissement Gauche côté axe	30,0	46,0	58,0	82,0	31,0	18,0	13,0	6,6	2,010	17	25	S4
11+800	Sondage 12	Elargissement Gauche côté gauche	37,0	62,0	78,0	96,0	31,0	18,0	13,0	7,6	2,130	21	28	S4

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
11+550	Sondage 13	Elargissement Gauche côté droit	18,0	33,0	49,0	82,0	31,0	22,0	9,0	8,4	2,160	40	56	S5
11+300	Sondage 14	Elargissement gauche côté axe	20,0	50,0	79,0	96,0	44,0	19,0	25,0	11,0	1,920	12	15	S3
11+050	Sondage 15	Elargissement gauche côté droit	62,0	97,0	99,0	100,0	50,0	30,0	20,0	9,6	1,960	10	13	S2/S3
10+800	Sondage 16	Elargissement gauche côté gauche	55,0	90,0	98,0	100,0	51	30,0	21,0	14,0	1,840	8	9	S2
10+550	Sondage 17	Elargissement gauche côté droit	17,0	38,0	77,0	96,0	34	23,0	11,0	9,8	2,100	34	48	S5

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
10+300	Sondage 18	Elargissement gauche côté droit	26,0	59,0	79,0	93,0	37	23,0	14,0	9,2	1,950	15	20	S3/S4
10+050	Sondage 19	Elargissement gauche côté gauche	31,0	56,0	69,0	87,0	47	29,0	18,0	10,4	1,870	19	26	S4
09+800	Sondage 20	Elargissement gauche côté axe	31,0	60,0	77,0	94,0	37	18,0	19,0	7,0	2,220	41	54	S5
09+550	Sondage 21	Elargissement gauche côté droit	38,0	64,0	79,0	95,0	34,0	19,0	15,0	10,2	2,050	18	26	S4
09+300	Sondage 22	Elargissement gauche côté gauche	28,0	77,0	87,0	97,0	45,0	21,0	24,0	9,6	1,800	11	15	S3

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
09+050	Sondage 23	Elargissement gauche côté Axe	42,0	66,0	74,0	90,0	42,0	23,0	19,0	10,0	1,980	19	30	S4
08+800	Sondage 24	Elargissement gauche côté droit	33,0	58,0	72,0	93,0	33,0	19,0	14,0	11,8	1,930	17	25	S4
08+550	Sondage 25	Elargissement gauche côté gauche	17,0	34,0	51,0	79,0	42,0	19,0	23,0	9,0	2,080	75	102	S5
08+300	Sondage 26	Elargissement gauche côté axe	37,0	62,0	77,0	93,0	36,0	20,0	16,0	9,2	1,900	25	30	S4
07+800	Sondage 27	Elargissement gauche côté gauche	18,0	32,0	44,0	69,0	23,0	15,0	8,0	7,4	2,220	75	104	S5

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
07+550	Sondage 28	Elargissement gauche côté axe	29,0	61,0	73,0	88,0	39,0	15,0	24,0	9,4	1,955	13	18	S3
07+300	Sondage 29	Elargissement gauche côté droit	73,0	94,0	99,0	100,0	50,0	28,0	22,0	8,2	1,880	12	15	S3
07+050	Sondage 30	Elargissement gauche côté gauche	42,0	86,0	91,0	97,0	40,0	21,0	19,0	6,8	2,060	12	17	S3
06+800	Sondage 31	Elargissement gauche côté axe	39,0	65,0	74,0	89,0	30,0	16,0	14,0	8,8	2,070	15	21	S3/S4
06+550	Sondage 32	Elargissement gauche côté droit	42,0	69,0	83,0	96,0	33,0	16,0	17,0	8,2	2,170	43	62	S5

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
06+300	Sondage 33	Elargissement gauche côté gauche	19,0	40,0	59,0	81,0	28,0	16,0	12,0	7,0	2,070	50	68	S5
06+050	Sondage 34	Elargissement gauche côté axe	62,0	82,0	93,0	99,0	44,0	25,0	19,0	11,4	1,860	9	12	S2
5+800	Sondage 35	Elargissement gauche côté droit	42,0	65,0	76,0	94,0	24,0	16,0	8,0	8,4	2,120	21	29	S4
5+550	Sondage 36	Elargissement gauche côté axe	25,0	42,0	59,0	81,0	24,0	14,0	10,0	9,3	2,150	25	37	S4
5+050	Sondage 37	Elargissement gauche côté axe	25,0	50,0	64,0	90,0	31,0	17,0	14,0	6,6	1,980	11	16	S3

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
4+800	Sondage 38	Elargissement gauche côté gauche	20,0	39,0	58,0	83,0	27,0	17,0	10,0	7,6	2,150	37	57	S5
4+550	Sondage 39	Elargissement gauche côté axe	18,0	36,0	55,0	79,0	26,0	15,0	11,0	7,5	2,190	54	78	S5
04+050	Sondage 40	Elargissement gauche côté gauche	72,0	88,0	94,0	98,0	36,0	19,0	17,0	7,8	1,900	3	5	S1
06+550	Sondage 41	Elargissement gauche côté droit	42,0	69,0	83,0	96,0	33,0	16,0	17,0	8,2	2,170	43	62	S5
06+300	Sondage 42	Elargissement gauche côté gauche	19,0	40,0	59,0	81,0	28,0	16,0	12,0	7,0	2,070	50	68	S5

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
06+050	Sondage 43	Elargissement gauche côté axe	62,0	82,0	93,0	99,0	44,0	25,0	19,0	11,4	1,860	9	12	S2
5+800	Sondage 44	Elargissement gauche côté droit	42,0	65,0	76,0	94,0	24,0	16,0	8,0	8,4	2,120	21	29	S4
5+550	Sondage 45	Elargissement gauche côté axe	25,0	42,0	59,0	81,0	24,0	14,0	10,0	9,3	2,150	25	37	S4
5+050	Sondage 46	Elargissement gauche côté axe	25,0	50,0	64,0	90,0	31,0	17,0	14,0	6,6	1,980	11	16	S3
4+800	Sondage 47	Elargissement gauche côté gauche	20,0	39,0	58,0	83,0	27,0	17,0	10,0	7,6	2,150	37	57	S5

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
4+550	Sondage 48	Elargissement gauche côté axe	18,0	36,0	55,0	79,0	26,0	15,0	11,0	7,5	2,190	54	78	S5
04+050	Sondage 49	Elargissement gauche côté gauche	72,0	88,0	94,0	98,0	36,0	19,0	17,0	7,8	1,900	3	5	S1
3+800	Sondage 50	Elargissement gauche côté axe	63,0	92,0	97,0	99,0	30,0	15,0	15,0	9,7	1,880	9	13	S2
3+550	Sondage 51	Elargissement gauche côté droit	83,0	94,0	97,0	100,0	29,0	17,0	12,0	11,8	1,875	5	7	S1/S2
3+300	Sondage 52	Elargissement gauche côté gauche	90,0	98,0	99,0	100,0	30,0	15,0	15,0	11,8	1,885	5	7	S1/S2

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
3+050	Sondage 53	Elargissement gauche côté axe	83,0	97,0	99,0	100,0	35,0	16,0	19,0	9,5	1,990	6	8	S2
2+800	Sondage 54	Elargissement gauche côté droit	63,0	95,0	99,0	100,0	33,0	17,0	16,0	10,5	1,970	4	6	S1
2+050	Sondage 55	Elargissement gauche côté droit	30,0	43,0	63,0	88,0	33,0	21,0	12,0	8,5	2,110	37	53	S5
1+800	Sondage 56	Elargissement gauche côté gauche	35,0	58,0	76,0	96,0	28,0	16,0	12,0	9,0	1,990	5	8	S1/S2
1+550	Sondage 57	Elargissement gauche côté axe	27,0	44,0	61,0	77,0	34,0	23,0	11,0	10,1	2,065	15	23	S3/S4

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
1+300	Sondage 58	Elargissement gauche côté droit	30,0	42,0	54,0	79,0	25,0	17,0	8,0	8,4	2,165	45	72	S5
1+050	Sondage 59	Elargissement gauche côté gauche	18,0	46,0	66,0	92,0	41,0	24,0	17,0	6,9	1,945	6	8	S2
0+800	Sondage 60	Elargissement gauche côté axe	21,0	41,0	58,0	85,0	41,0	15,0	26,0	8,0	2,205	26	36	S4
0+550	Sondage 61	Elargissement gauche côté gauche	15,0	31,0	50,0	76,0	42,0	25,0	17,0	8,4	2,130	25	37	S4
0+300	Sondage 62	Elargissement gauche côté droit	16,0	26,0	39,0	68,0	22,0	14,0	8,0	6,0	2,240	74	87	S5

PK	N° SONDAGE	COTE /COUCHE	GRANULOMETRIE				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR		Classe de portance
			< 80 µm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	wL	Wp	IP	w(%)	YdOPM (t/m3)	95%	98%	
0+050	Sondage 63	Elargissement gauche côté axe	22,0	35,0	48,0	71,0	34,0	21,0	13,0	8,3	2,150	19	27	S4
0+400	Sondage 64	Élargissement gauche bretelle	20,0	45,0	69,0	92,0	29,0	17,0	12,0	8,6	1,890	4	5	S1
0+050	Sondage 65	Élargissement gauche côté bretelle	69,0	84,0	90,0	97,0	28,0	16,0	12,0	12,2	1,955	6	9	S1/S2

➤ Les épaisseurs retenues sur ALIZE :

Alizé-Lcpc - Définition d'une Structure : C:\Users\lenovo\Deskto...

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre :

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,05	1180	0,35	bb
collé	0,08	2020	0,35	gb3
collé	0,18	800	0,35	autre
collé	0,15	275	0,35	autre
collé	infini	125	0,35	autre

Modifier la structure

nb de couches : 5

Ajouter 1 couche

Supprimer 1 couche

Série de calculs

nb de calculs : 1

Voir/gérer les variantes

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

☒ Moyenne journalière annuelle (MJA) : 679

☒ Taux accroissement géométrique (%) : 6

☐ Taux accroissement arithmétique (%) : 7,88

☒ Durée de service (années) : 15

☐ Trafic cumulé PL : 5,7686E+6

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide lcpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type : bitumineux

coefficient CAM : 1

risque (%) : 5,0

trafic cumulé NE : 5,7686E+6

Epsilon6 (µdéf) : 100

-1/b : 5

E10°10Hz (MPa) : 7200

Etéq10Hz (MPa) : 1180

écart type Sh (m) : 0,010

écart type SN : 0,250

Kr (risque) : 0,815

Kc (calage) : 1,1

Ks (che liée/pf3 pf4) : 1

Calculer EpsiT admissible

Calcul inverse NE = f(EpsiT)

Calcul inverse Risk = f(EpsiT)

Bibliothèque des matériaux

Imprimer

Enregistrer

EpsilonT

Annotation libre : Base

Mémo ...

1 - EpsiT= 156,0 (bb)

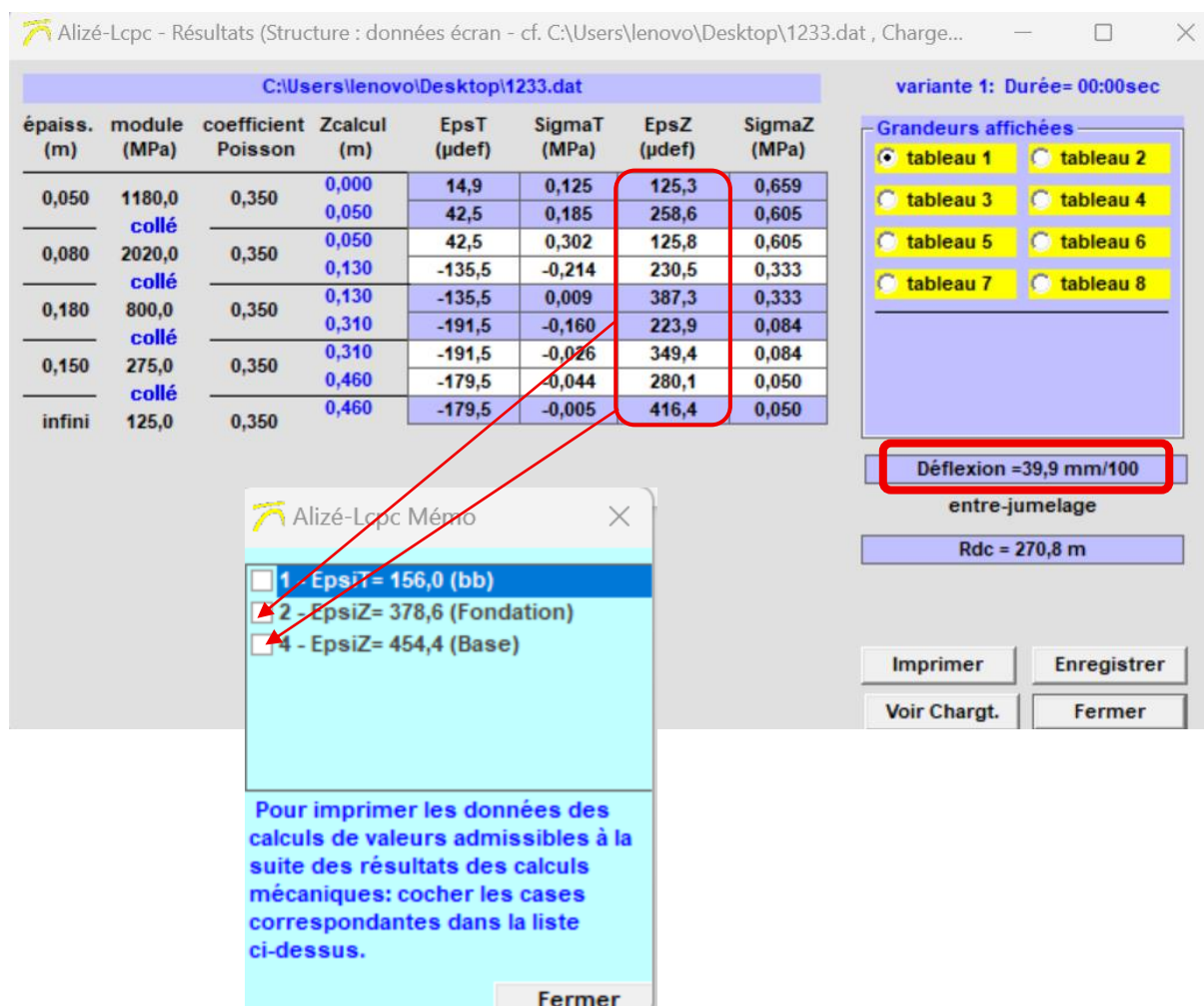
2 - EpsiZ= 378,6 (Fondation)

4 - EpsiZ= 454,4 (Base)

effacer=dbl click

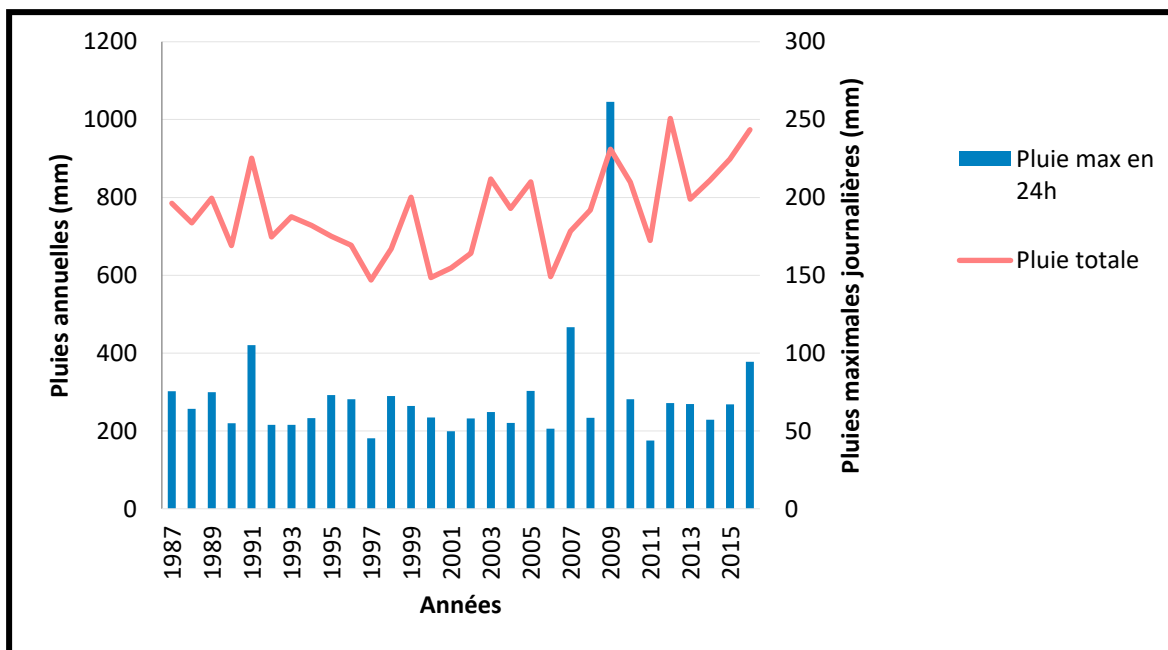
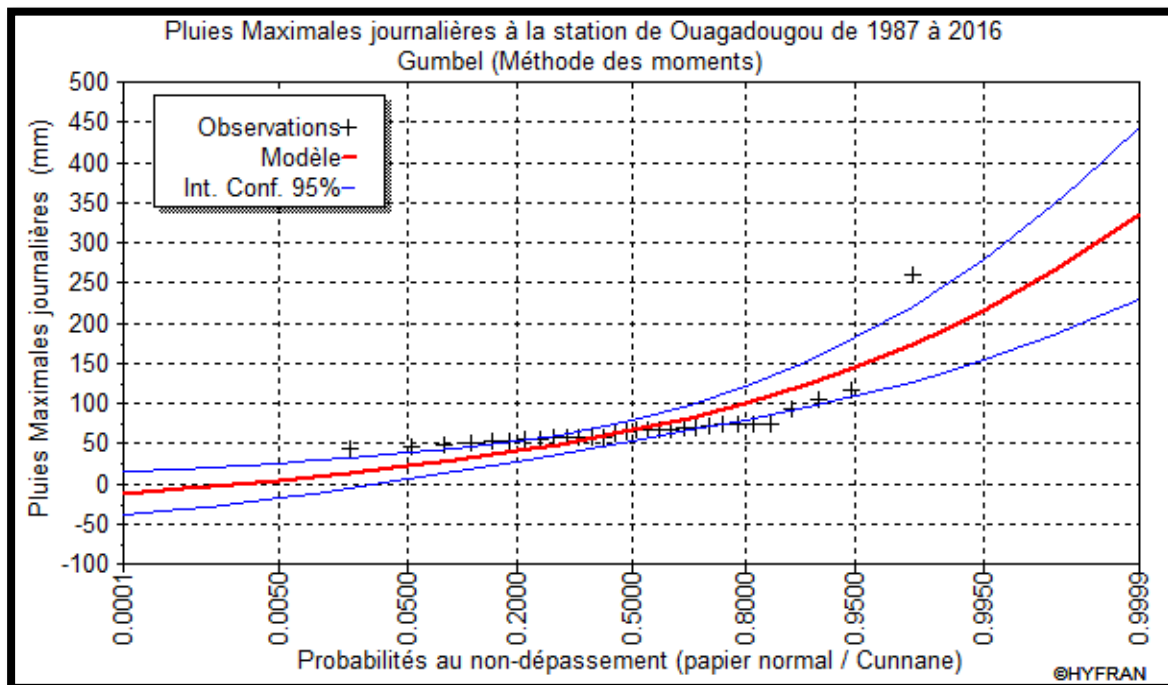
Fermer

➤ Vérification de la structure de chaussée :



Annexe III : Étude hydrologique et Hydraulique

La pluviométrie maximale journalière et annuelle de la zone



Liste des ouvrages existants

Numéro OH	PK	Type	Dimensions	Commentaire
OH1	0+062	Dalot	3x2,4x1	H1/D ≤ 1,25 donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH2	0+780	Dalot	1x2x1,5	Complètement boucher : à supprimer
OH3	1+576	Dalot	2X2X1,5	H1/D ≤ 1,25 donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH4	1+671	Dalot	3X2,4X1,2	H1/D ≤ 1,25 donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH5	3+159	Dalot	2x4x2	H1/D ≤ 1,25 donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH6	4+090	Buse métallique	2Ø100	À supprimer
OH7	4+745	Buse métallique	2Ø60	À supprimer
OH8	5+613	Buse métallique	3Ø80	À supprimer

OH9	6+538	Dalot	2x2,4x1	$H1/D \leq 1,25$ donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH10	6+938	Dalot	3x2x2	$H1/D \leq 1,25$ donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH11	9+534	Dalot	2x2x2	$H1/D \leq 1,25$ donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH12	12+211	Dalot	2x4x2	$H1/D \leq 1,25$ donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH13	13+084	Buse métallique	Ø80	À supprimer
OH14	13+743	Dalot	2x2x2	$H1/D \leq 1,25$ donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre
OH15	14+563	Dalot	2x2x2	$H1/D \leq 1,25$ donc Sortie dénoyée : Écoulement à surface libre

Formules de calcul des principales caractéristiques des BV

Paramètres	Formule	Observation
Superficie (S)	-	Calculée automatiquement
Périmètre (P)	-	Calculée automatiquement
Plus long Chemin Hydraulique (PLCH)	-	Calculée automatiquement
Indice de compacité (Icom)	$I_{com} = 0.282 \cdot \frac{P}{\sqrt{S}}$	-
Rectangle équivalent	$L(km) = S^{1/2} \times \left(\frac{I_{comp}}{1.128} \right) \times \left[1 + \left(1 - \left(\frac{1.128}{I_{comp}} \right)^2 \right)^{1/2} \right]$	-
Indice Global de pente (Ig)	$I_g = \frac{D}{L}$	-

Paramètres de l'équation de détermination de K_{r70} pour la zone tropicale sèche en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a'	b'	c'
Infiltrabilité	Pente			
I	15	2000	100	29,5
	7	1620	100	27,5
	3	1250	100	25
RI	15	250	20	21,7
	7	200	20	18,5
	3	150	20	15
P	7	50	15	8

Paramètres de l'équation de détermination de Kr_{100} pour la zone tropicale sèche en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a'	b'	c'
Infiltrabilité	Pente			
I	15	2400	100	32
	7	1940	100	30
	3	1440	100	28
RI	15	325	30	26
	7	240	30	22
	3	200	30	17
P	7	55	17	9,5

$$Tb_{10} = a \cdot S^{0,36} + b$$

Les paramètres a et b varient en fonction de la pente :

$$\begin{aligned}
 Ig = 1 & \quad Tb_{10} = 560 \cdot S^{0,36} + 400 \\
 Ig = 3 & \quad Tb_{10} = 325 \cdot S^{0,36} + 315 \\
 Ig = 7 & \quad Tb_{10} = 163 \cdot S^{0,36} + 142 \\
 Ig = 10 & \quad Tb_{10} = 95 \cdot S^{0,36} + 80 \\
 Ig = 15 & \quad Tb_{10} = 75 \cdot S^{0,36} + 55 \\
 Ig = 25 & \quad Tb_{10} = 44 \cdot S^{0,36} + 28 \\
 Ig = 30 & \quad Tb_{10} = 35 \cdot S^{0,36} + 20
 \end{aligned}$$

Débits obtenus par la méthode rationnelle

Calcul de crue décennale Q10 méthode rationnelle								
Bassins versant	Superficie [Km²]	Périmètre [Km]	Pente [m/m]	Indice de compacité	Longueur du rectangle équivalent	Temps de concentration [min]	Intensité I [mm/h]	Débits [m³/s]
BV 1	0,807	6,596	0,0114	2,071	3031,824	25,004	112,792	10,122
BV 4	0,729	4,646	0,012	1,534	1948,953	27,774	107,019	8,676
BV 5	3,061	10,502	0,0103	1,693	4583,113	56,758	74,863	25,482

BV 6	0,683	5,604	0,0072	1,912	2532,283	27,820	106,931	8,121
BV 8	1,781	9,888	0,0102	2,089	4552,813	55,349	75,810	15,014

Débits obtenus par la méthode ORSTOM

Calcul de crue décennale Q10 méthode ORSTOM							
BV	Superficie [m²]	Coefficient d'Abattement A	Kr10 (%)	P10 [m]	Coefficient de pointe	Tb10 [s]	Débit Q10 [m³/s]
BV2	5170000	0,911	0,280	0,123	2,6	37238,601	11,905954
BV3	13972000	0,858	0,269	0,123	2,6	49179,322	22,042533
BV7	4985000	0,913	0,273	0,123	2,6	39862,171	10,484397

Débits obtenu par la méthode CIEH

Calcul de crue décennale Q10 méthode CIEH												
BV	Superficie [km²]	Indice de pente global corrigé	Kr10 [%]	Coefficient d'abattement A	P10 [mm]	Pm10	EQ39	EQ40	EQ41	EQ42	EQ44	Débit Q[m³/s]
BV2	5,17	5,418	28,023	0,911	123	112,10	17,87	16,65	22,45	15,37	12,30	13,97
BV3	13,972	5,266	26,939	0,858	123	105,50	26,29	25,29	36,72	27,66	19,28	23,11
BV7	4,985	4,993	27,337	0,913	123	112,34	17,20	15,85	21,51	14,17	12,10	13,43

Débits obtenus par la méthode de caquot

Calcul de crue méthode de caquot									
BASSIN VERSANT	Superficie A [ha]	Pente [m/m]	Coefficient de ruissellement C	Facteur de correction m	Coefficients de Caquot				Débits Q calculé [m³/s]
					K	u	v	w	
BVeq1 = BV1 - C1	6,47	0,0079	0,4	0,625	2,014	0,8565	0,205	0,6965	0,696
BVeq1 = BV2 - C2	4,621	0,0057	0,4	0,715	2,014	0,8565	0,205	0,6965	0,560
BVeq2 = BV2 - C2+BV2 - C3	5,84	0,007	0,4	0,605	2,014	0,8565	0,205	0,6965	1,316
BVeq1 = BV3 - C4	16,18	0,86	0,4	0,674	2,014	0,8565	0,205	0,6965	4,861
BVeq2 = BV3 - C4+BV3 - C5	13,44	0,0108	0,4	0,568	2,014	0,8565	0,205	0,6965	3,337
BVeq1 = BV4 - C6	3,394	0,0096	0,4	0,674	2,014	0,8565	0,205	0,6965	0,466
BVeq1 = BV5 - C7	7,41	0,0131	0,4	0,613	2,014	0,8565	0,205	0,6965	0,860
BVeq1 = BV6 - C8	13,13	0,0093	0,4	0,673	2,014	0,8565	0,205	0,6965	1,385
BVeq1 = BV7 - C9	54,5	0,0104	0,4	0,772	2,014	0,8565	0,205	0,6965	5,192
BVeq1 = BV8 - C10	16,51	0,0122	0,4	0,867	2,014	0,8565	0,205	0,6965	2,296

Dimensionnement hydraulique des dalots avec les sections

Bassins Versants	BV 1	BV 2		BV 3	BV 4	BV 5	BV7	BV8
Débit de projet Q10 (m³/s)	10,12	15,77	25,29	8,68	25,48	8,12	15,11	15,01
Débit de projet Q10 (m3/s) /ouvrage	10,12	8,00	7,77	25,29	8,68	25,48	8,12	15,11
Type d'ouvrage existant	Dalot OH1 3×240×100	Dalot OH3 2×200×150	Dalot OH4 3x240x120	Dalot OH5 2x400x200	Dalot OH9 2x240x100	Dalot OH10 3x200x200	Dalot OH11 2x200x200	Dalot OH12 2x400x200
Propositions des nouveaux ouvrages	Dalot 3×200×150	Dalot 2×240×150	Dalot 2x240x150	Dalot 3x350x200	Dalot 2x240x150	Dalot 3x350x200	Dalot 2x240x150	Dalot 3x200x200
Hauteur du dalot D	1,50	1,50	1,50	2,00	1,50	2,00	1,50	2,00

Largeur de la cellule B	2,00	2,40	2,40	3,50	2,40	3,50	2,40	2,00
Vitesse admissible (m/s)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Nombre de cellule	3	2	2	3	2	3	2	3
Débit par cellule	3,37	4,00	3,88	8,43	4,34	8,49	4,06	5,04
Pesanteur g	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Débit réel de l'ouvrage	27,00	21,60	21,60	63,00	21,60	63,00	21,60	36,00
1. Calcul de la Profondeur d'eau en amont								
Débits réduit Q*	0,207	0,205	0,199	0,192	0,222	0,194	0,208	0,201
Hauteur réduite H* (abaque 77 BCEOM)	0,68	0,66	0,64	0,63	0,69	0,64	0,68	0,74

Profondeur d'eau en amont H1	1,02	0,99	0,96	1,26	1,035	1,28	1,02	1,48
Vérification $H^*/D \leq 1,25$	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié
Revanche D- H1(m)	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	1
2. Calcul de la pente critique								
Débits réduit Q^{**}	0,0215	0,0102	0,0099	0,0033	0,0111	0,0033	0,0104	0,0321
Pente critique I_c^* réduit abaque 82 BCEOM	2,8	3,15	3,15	3,8	3,15	3,8	3,15	2,75
Coefficient de rugosité du béton (k)	70	70	70	70	70	70	70	70
Pente critique I_c	0,0049	0,0055	0,0055	0,0060	0,0055	0,0060	0,0055	0,0044
3. Détermination de la vitesse de sortie								

Débits réduit Q***	0,1085	0,0746	0,0724	0,0549	0,0809	0,0553	0,0757	0,1714
Vitesse v* (abaque 84 BCEOM)	0,35	0,30	0,30	0,23	0,31	0,24	0,32	0,38
Vitesse de sortie V	2,71	2,78	2,73	2,82	2,82	2,98	2,96	2,78
Vsortie ≤ Vmax = 3 (m/s)	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié
Section retenue	3x200x150	2x240x150	2x240x150	3x350x200	2x240x150	3x350x200	2x240x150	3x200x200

Annexe IV : Dimensionnement Structurel des ouvrages

➤ Note de Calcul dimensionnement des caniveaux

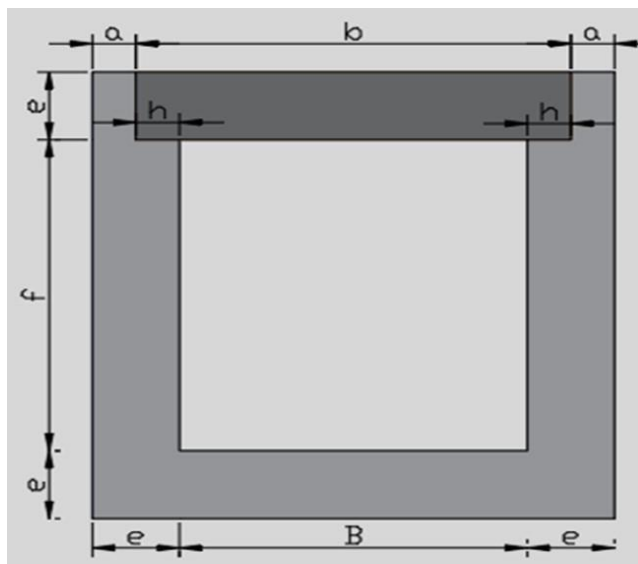


Schéma illustratif d'un caniveau

Cas du caniveau de $1,40 \times 1,40 \text{ m}^2$

Prédimensionnement du caniveau et de la dalle sont données dans le tableau ci-dessous :

<u>DONNEES DU PROBLEME :</u>			
GEOMETRIE :			
Épaisseur de la feuillure	a	0,08	m
Portée de la dalle	b	1,64	m
Épaisseur du voile	e	0,2	m
Épaisseur de la dalle	e	0,2	m
Hauteur libre du caniveau	f	1,4	m
Ouverture du caniveau	B	1,4	m
Épaisseur du radier	e	0,2	m
Redent de la feuillure	h	0,12	m
Largeur d'une dalle	h	0,6	m

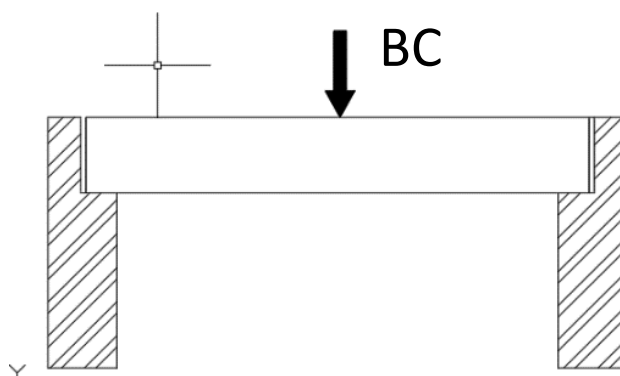


Schéma illustratif des charges appliquées sur une dalle

$$e = \frac{h}{32} + 0,125 = \frac{1,5}{32} + 0,125 = 0,16875m$$

L'épaisseur de la dalle, du radier et du pied droit est uniforme : e = 20 cm.

1. DALLE

Nous avons la classe d'exposition de l'ouvrage dans le tableau ci-dessous :

Classe d'exposition		Caractéristiques de l'environnement
Pas de risque d'attaque ni de corrosion	X0	Très sec, taux d'humidité très faible
Carbonatation provoquant la corrosion	XC1	Toujours sec ou humide
	XC2	Plus souvent humide, quelque fois sec
	XC3	Modérément humide
	XC4	Alternativement humide ou sec
Exposition au gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage	XF1	Faible exposition au gel sans agents antigel
	XF2	Faible exposition au gel avec agents antigel
	XF3	Forte exposition au gel sans agents antigel
	XF4	Forte exposition au gel avec agents antigel

À partir de la classe d'exposition de l'ouvrage, nous avons pu déterminer la classe de notre béton à savoir la résistance du béton et le dosage en ciment, le choix du dosage en ciment et la résistance du béton sont dans le tableau ci-dessous :

	X0	XC1/XC2	XF1/XC3/XC4/XD1	XF2	XF3	XF4
Eeff/liant éq, maxi	-	0,65	0,60	0,55	0,55	0,45
Resistance mini	-	C20/25	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37
Liant éq, mini	150	260	280	300	315	340
Air mini	-	-	-	4	4	4
Additions maxi	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Nature ciment	-	-	-	-	-	-

Conformément aux dispositions du Fascicule 61, le dimensionnement des dalles de caniveaux implantées sous des zones non directement roulantes, telles que les trottoirs et accotements, est réalisé en considérant la roue isolée BC de 6 tonnes comme surcharge routière de référence. Ce choix est justifié par la nature de l'ouvrage, implanté en environnement piétonnier avec des dalles amovibles, pour lequel la réglementation autorise l'adoption d'une charge réduite jugée suffisante pour les sollicitations usuelles. La roue BC, correspondant à une demi-charge d'essieu arrière de camion standard, permet de rester cohérent avec les hypothèses de calcul en l'absence de trafic exceptionnel, tout en intégrant les contraintes d'exploitation et de maintenance. Ainsi, la dalle est étudiée sous l'action d'une roue isolée BC de 6 tonnes en condition de stationnement, les charges plus élevées restant optionnelles et dépendantes des exigences spécifiques du maître d'ouvrage.

❖ ESTIMATIONS DES CHARGES

Les charges à prendre en compte pour les calculs des sollicitations de la dalle :

- Le poids propre de la dalle :

$$Pd = ed \times \gamma_b \times b = 0,2 \times 25 \times 1,64 = 8,2 \text{ KN/ml}$$

$$Pd = 8,2 \text{ KN/ml}$$

❖ CALCUL DES SOLLICITATIONS

➤ Moment du au poids propre de la dalle :

$$Mpd = pd \times \frac{(b - 2 \times h)^2}{8} = 8,2 \times \frac{(1,64 - 2 \times 0,12)^2}{8} = 1,435 \text{ KN.m}$$

$$Mpd = 1,435 \text{ KN.m}$$

➤ Moment du a la surcharge Bc :

Avec : $Bc = 30 \text{ KN/ml}$

$$MBc = Bc \times \frac{(b - 2 \times h)}{4} = 60 \times \frac{(1,64 - 2 \times 0,12)}{4} = 21 \text{ KN.m}$$

$$MBr = 21 \text{ KN.m}$$

❖ COMBINAISONS D'ACTION

L'ELU :

$$Mu = 1,35 \times MPd + 1,6 \times MBc = 1,35 \times 1,435 + 1,5 \times 21 = 33,44 \text{ KN.m}$$

$$Mu = 33,44 \text{ KN.m}$$

L'ELS :

$$Mser = MPd + MBc = 1,435 + 21 = 22,435 \text{ KN.m}$$

$$M_{ser} = 22,44 \text{ KN.m}$$

Calcul des sollicitations a l'ELU

❖ DETERMINATION DES SECTIONS D'ACIERS

Calcul de μ_u :

Avec $b_0 = 1\text{m}$

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

$$\mu_u = \frac{Mu}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{0,03344}{1 \times 0,18^2 \times 14,17} = 0,07283 \approx 0,073$$

Alors que : $\mu_{AB} = 0,186$

$$\mu_u = 0,073 < \mu_{AB} = 0,186, \text{ donc pas d'aciers comprimés}$$

$$\alpha_u = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - (2 \times 0,073)}) = 0,095$$

$$Z_u = d \times (1 - 0,4 \times \alpha_u) = 0,18 \times (1 - 0,4 \times 0,094) = 0,1731 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{0,03344}{0,17 \times 434,78} = 4,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = 4,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500}$$

$$A_{smin} = 1,74 \text{ cm}^2$$

❖ CALCUL DES SOLLICITATIONS A L'ELS

$$\alpha_{ser} = \frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_s} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,4736$$

➤ Calcul de la fibre neutre :

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0,474 \times 0,18 = 0,085 \text{ m}$$

➤ Calcul du moment résistant (M_{serb}) :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times \sigma_{bc} \times b_0 \times d^2 \times \alpha_{ser} \times (1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser})$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 15 \times 1 \times 0,18^2 \times 0,474 \times (1 - \frac{1}{3} \times 0,474) = 0,10 \text{ MN.m}$$

$$M_{serb} = 0,10 \text{ MN.m} > M_{ser} = 0,02244 \text{ MN.m}, \text{ donc pas d'acier comprimés}$$

➤ Calcul de Z_{ser}

$$Z_{ser} = d(1 - \frac{1}{3} \times \alpha_{ser}) = 0,18(1 - \frac{1}{3} \times 0,474) = 0,15 \text{ m}$$

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

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{0,02244}{0,15 \times 250} = 5,98 \text{ cm}^2$$

Nous allons considérer les sections d'aciers a l'ELS pour le ferrailage de la dalle :

L'épaisseur de la dalle étant égale à 20 cm nous allons mettre deux nappes.

$$\frac{A_{st}}{2} = \frac{5,98}{2} = 2,99 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre 6HA10 totalisant une section d'aciers de 4,71 cm² équilibrant la section théorique de 2,99 cm²

➤ Détermination des espacements :

$$St = \frac{b_0 - 1 \times Nbr + e \times 2}{Nbr - 1}$$

$$St = \frac{100 - (1 \times 6 + 3 \times 2)}{6 - 1} = 17,6 ; \text{ Prenons } St = 15 \text{ cm}$$

❖ CALCUL DES ACIERS TRANSVERSAUX (ACIERS DE REPARTITION)

$$Ar = \frac{As}{3} = \frac{2,99}{3} = 0,99 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre 5HA8 totalisant une section d'aciers de 2,51 cm² équilibrant la section théorique de 0,99 cm², espacés de 15 cm.

2. PIEDROITS

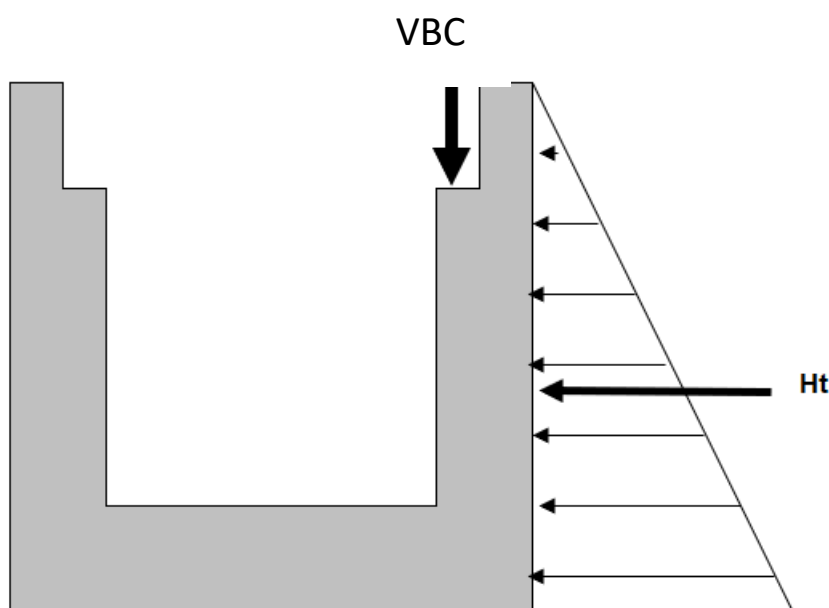


Schéma illustratif des charges appliquées sur un piédroit

➤ Le poids propre de la dalle sur un piédroit :

$$Ppd = \frac{Pd}{2} = \frac{8,2}{2} = 4,1 \text{ KNml}$$

➤ Effort d'une roue sur un piédroit :

$$VBc = \frac{Bc}{2} = \frac{60}{2} = 30KNml$$

➤ Poids propre d'un piédroit :

$$Ppdt = \gamma b \times (f \times e + a \times e) \times 1ml = 25 \times (1,4 \times 0,2 + 0,08 \times 0,2) = 7,4 KN/ml$$

$$Ppdt = 7,4 KN/ml$$

➤ Poussée des terres :

$$Pt = 0,5 \times \gamma_{sol} \times ka \times (f + e)^2 = 0,5 \times 20 \times 0,33 \times (1,4 + 0,2)^2 = 8,448 KN/ml$$

➤ Surcharge sur remblai

$$q = ka \times (f + e)\gamma q = 0,33 \times (1,4 + 0,2) \times 10 = 5,28 KN/ml$$

❖ CALCUL DES SOLLICITATIONS A L'ELS

$$Nser = Ppd + PpdBc + Ppdt + Pt = 4,1 + 30 + 7,4 + 8,448 = 49,95 KN/ml$$

❖ COMBINAISON D'ACTIONS

➤ Calcul de Mser:

$$Mser = \frac{Pt \times f^2}{3} + \frac{q \times f}{2} = \frac{8,45 \times 1,4^2}{3} + \frac{5,28 \times 1,4}{2} = 9,22 KN. ml$$

➤ Calcul de l'excentricité

$$e = \frac{Mser}{Nser} = \frac{9,22}{49,95} = 0,18 m$$

Si $e < \frac{B}{6}$: alors la section entièrement comprimée

Si $e > \frac{B}{6}$: implique une section partiellement comprimée

$$\frac{B}{6} = \frac{0,2}{6} = 0,033$$

$e = 0,18 > \frac{B}{6}$; Alors la section est partiellement comprimée

➤ Calcul de e_A

$$e_A = e + (d - 0,5 \times 0,2)$$

$$e_A = 0,18 + (0,18 - 0,5 \times 0,2) = 0,26 \text{ m}$$

- Calcul du moment de flexion fictif

$$M_{fictif} = N_{ser} \times e_A = 49,95 \times 0,26 = 12,987 \text{ KN.m} = 0,01299 \text{ MN.m}$$

- Calcul de la fibre neutre :

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0,474 \times 0,18 = 0,085 \text{ m}$$

Calcul du bras de levier :

$$Z_{ser} = d \times (1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser}) = 0,18 \times (1 - \frac{1}{3} \times 0,474) = 0,15 \text{ m}$$

- Calcul du moment résistant (M_{serb}) :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times d^2 \times Z_{ser}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 15 \times 1 \times 0,085 \times 0,15 = 0,10 \text{ MN.m}$$

Alors : $M_{serb} > M_{serbfictif}$; donc pas d'acier comprimés

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

$$A_{st} = \frac{M_{serfictif}}{Z_{ser}} - \frac{N_{ser}}{\sigma_s} = \frac{0,01299}{0,15 \times 250} - \frac{0,04995}{250} = 1,47 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{smin} = 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{smin} > A_{st}$, donc nous prenons A_{smin} comme section d'acier. Nous convenons de prendre 5HA10 totalisant une section de $3,93 \text{ cm}^2$, équilibrant la section théorique de $1,74 \text{ cm}^2$.

- Déterminations de l'espacement :

$$St = \frac{b_0 - 1 \times Nbr + e \times 2}{Nbr - 1}$$

$$St = \frac{100 - (1 \times 5 + 3 \times 2)}{5 - 1} = 22,25 ; \text{ Prenons un espacement de } 20 \text{ cm}$$

- Calcul des aciers de répartitions

$$A_r = \frac{A_s}{3} = \frac{1,74}{3} = 0,58 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre 5HA8 totalisant une section d'aciers de 2,51 cm² équilibrant la section théorique de 0,58 cm²

3. RADIER

Le radier sera conçu selon le schéma de fonctionnement suivant :

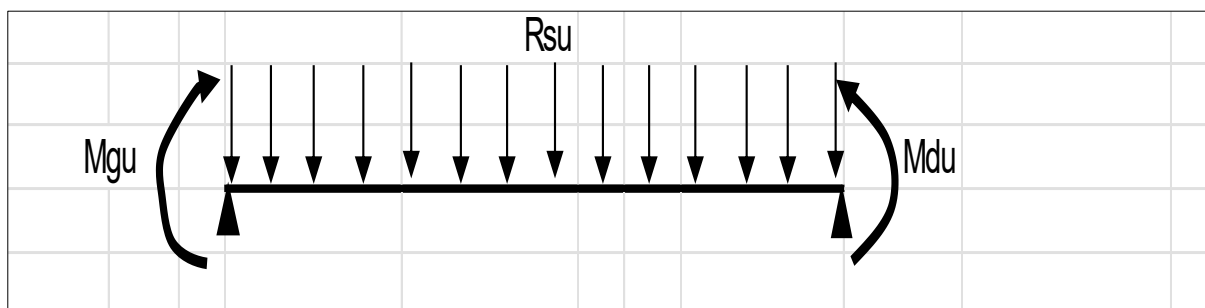


Schéma illustratif des charges appliquées sur un radier

- Poids propre du radier :

$$P_{rd} = e_d \times \gamma_b \times L_{radier} = 0,2 \times 25 \times 1,4 = 7 \text{ KN/ml}$$

$$P_{rd} = 7 \text{ KN/ml}$$

- Poids propre d'un piédroit :

$$P_{pdt} = 2 \times \gamma_b \times (f \times e + a \times e) \times 1\text{ml}$$

$$P_{pdt} = 2 \times 25 \times (1,4 \times 0,2 + 0,08 \times 0,2) = 14,8 \text{ KN/ml}$$

$$P_{pdt} = 14,8 \text{ KN/ml}$$

- Poids propre de la dalle :

$$P_d = e_d \times \gamma_b \times b = 0,2 \times 25 \times 1,64 = 8,2 \text{ KN/ml}$$

$$P_d = 8,2 \text{ KN/ml}$$

- Poids de l'eau :

$$P_e = 10 \times 1,4 \times 1,4 = 19,6 \text{ KN/ml}$$

- Surcharge B_c :

$$P_{Br} = \frac{Bc}{0,8} = \frac{60}{0,8} = 75 \text{ KN/ml}$$

➤ Réaction du sol :

$$R = P_{rd} + P_{pdt} + P_d + P_{Br} = 7 + 14,8 + 8,2 + 75 = 105 \text{ KN/ml}$$

➤ Calcul du moment fléchissant M_{ser}

$$M_{ser} = \frac{R \times L^2}{8} = \frac{105 \times 1,4^2}{8} = 25,725 \text{ KN.m}$$

➤ Calcul du moment résistant M_{serb}

$$M_{serb} = 0,10 \text{ MN.m} > M_{ser}, \quad \text{donc pas d'acier comprimé}$$

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

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{0,025725}{0,15 \times 250} = 6,86 \text{ cm}^2$$

➤ Condition de non fragilité

$$A_{smin} = 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{smin} < A_{st}$, donc nous prenons A_{st} comme section d'acier.

L'épaisseur de la radier égale à 20 cm nous allons mettre deux nappes.

$$\frac{A_{st}}{2} = \frac{6,86}{2} = 3,43 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre 5HA10 totalisant une section d'aciers de 3,93 cm² équilibrant la section théorique de 3,43cm².

➤ Détermination des espacements :

$$S_t = \frac{b_0 - 1 \times Nbr + e \times 2}{Nbr - 1}$$

$$S_t = \frac{100 - (1 \times 5 + 3 \times 2)}{5 - 1} = 22,25 \text{ cm} \text{ Prenons } S_t = 20 \text{ cm}$$

❖ CALCUL DES ACIERS TRANSVERSAUX (ACIERS DE REPARTITION)

$$A_r = \frac{A_s}{3} = \frac{3,43}{3} = 1,14 \text{ cm}^2$$

Nous convenons de prendre 5HA8 totalisant une section d'aciers de 2,51 cm² équilibrant la section théorique de 1,14 cm².

RECAPITULATIF DU DIMENSIONNEMENT DANS LE TABLEAU CI APRES :

Type d'armature		Dallette		Piédroits		Radier	
		Face intérieure	Face supérieure	Face intérieure	Face supérieure	Face intérieure	Face supérieure
Armatures principaux	Sections d'armatures [cm ²]	4,71	4,71	3,93	3,93	5,65	5,65
	Choix des armatures	6HA10	6HA10	5HA10	5HA10	5HA10	5HA10
	Espacements[cm ²]	15	15	20	20	20	20
Armature de répartitions	Sections d'armatures[cm ²]	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51
	Choix des armatures	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8
	Espacements[cm ²]	15	15	20	20	20	20

➤ **DIMENSIONNEMENT DU DALOT 3 X 350 X 200 cm²**

Cas des charges et surcharges

Les charges (Charges permanentes) sont dues au poids propre de l'ouvrage et de ses équipements, et au poids du remblai reposant sur l'ouvrage.

Surcharges routières

Les surcharges sont définies conformément au titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes françaises en la matière. Les systèmes de charge utilisés sont les surcharges constituées des systèmes B (Bc, Bt, Br) et Mc120.

- Largeur roulable = 50,00 m
- Largeur chargeable = 50,00 m – 0,5 * Nombre de dispositif de retenue
- $L_r \geq 7 \text{ m} \rightarrow$ cas d'ouvrages de classe 1

SYSTEME A

Le système de charges A est une charge uniforme dont l'intensité $A(l)$ dépend de la longueur chargée l et des facteurs a_1 et a_2 dépendant du nombre de voies chargées et de la classe de l'ouvrage : Il s'exprime par :

$$A(l) = (230 + 36000/(l + 12)) \times a_1 \times a_2 \text{ Kg/m}^2$$

L'effort de freinage correspondant au système A en kg est égale à :

$$A(l) \times S / (20 + 0.0035S) \text{ ou } S \text{ est la surface chargée en } m^2$$

Le logiciel CYPE permet la modélisation de charges en bandes, ce qui offre une alternative réaliste et efficace à l'application directe du convoi routier $A(l)$. Dans le cadre du présent projet, A_L est représenté par une charge en bande de 9,81 kN/m². Les charges en bande conformément aux hypothèses réglementaires de trafic permettent de simuler les sollicitations induites par les véhicules sur la dalle supérieure.

SYSTEME B

➤ Convoi Bc

Le sous-système Bc est constitué de camions dont le poids unitaire est de 300 kN. Le nombre de files de camions correspond au nombre de voies de circulation disponibles. Ce système se compose longitudinalement de deux camions types par files.

Ce sous-système est composé de deux camions accolés par voie. Pour le système Bc l'effort de freinage est égal au poids de camion : $Fr = 300\text{kN}$

- Le camion type du système Bc à une masse totale de 30 tonnes ;
- La masse portée par chacun des essieux arrière est de 12 tonnes ;
- La masse portée par chacun des essieux avant est de 6 tonnes ; la surface d'impact d'une roue arrière est de $0,25 \times 0,25 \text{ m}^2$;
- La surface d'impact d'une roue avant est de $0,20 \times 0,20 \text{ m}^2$;
- Transversalement, on dispose autant de files de camions qu'il y a de voies de circulation ;
- Bc doit être multiplié par un coefficient $bc = 1,10$

➤ Convoi Bt

Le sous-système Bt comprend deux tandems, chacun constitué de deux essieux à quatre roues. Le poids par essieu est de 160 kN. Ce sous-système s'applique aux ponts de première et deuxième classe. Le nombre de camions est limité à deux en traversée transversale :

- la masse par tandem est de 16 tonnes ;
- la surface d'impact de chaque roue est $0,60 \times 0,25 \text{ m}^2$ soit
- Transversalement : 0,60 m
- Longitudinalement : 0,25 m
- On disposera au maximum deux tandems sur la chaussée ;
- On multipliera Bt par un coefficient bt qui dépend de la classe de la route.

- Convoi Br

Le sous-système Br se caractérise par une roue isolée qui transmet une charge de 100 kN via une surface d'impact rectangulaire mesurant 0,60 m en largeur (côté transversal) et 0,30 m en longueur (côté longitudinal). Ce rectangle d'impact, orienté perpendiculairement à l'axe longitudinal de la chaussée, peut être positionné librement sur toute la largeur roulable.

CHARGES MILITAIRES

Les véhicules militaires types sont généralement plus contraignants que les systèmes A et B pour les éléments de couverture (comme les dalles) ainsi que pour les composants d'ossature (entretoises, longerons et pièces de pont) des tabliers.

- Convois Mc120 : Un véhicule typique du système Mc120 est équipé de deux chenilles et présente les caractéristiques suivantes :
- Masse totale 110 t.
- Longueur d'une chenille 6,10 m.
- Largeur d'une chenille 1 m.
- Distance d'axe en axe des deux chenilles 3,30 m.
- La charge sur le rectangle d'impact de chaque chenille est considérée comme uniformément répartie.

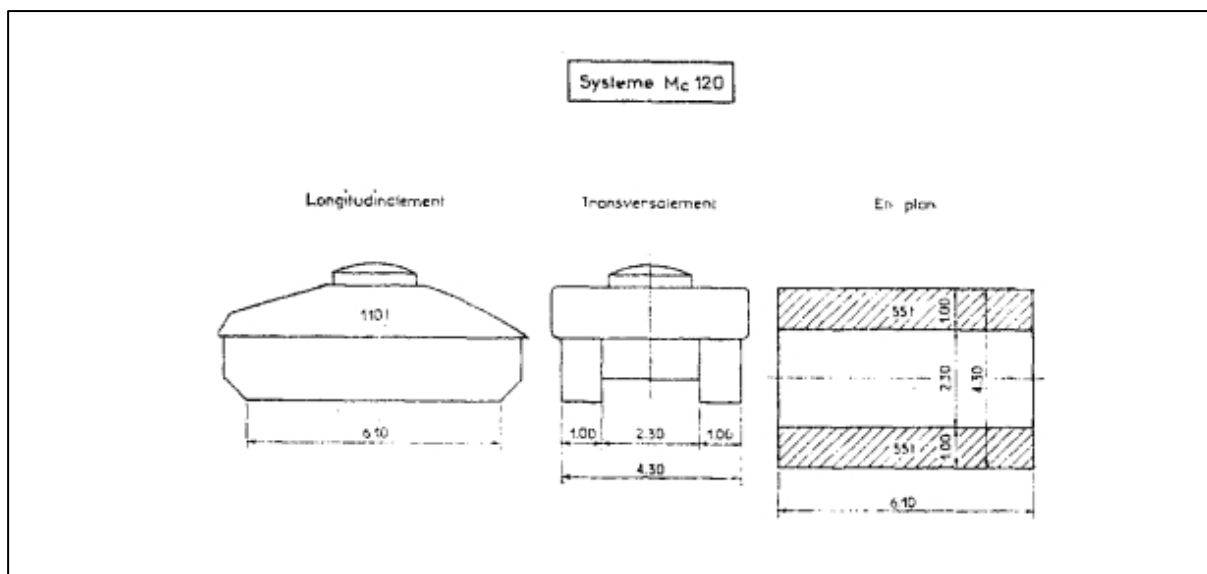


figure: Système MC120 [13]

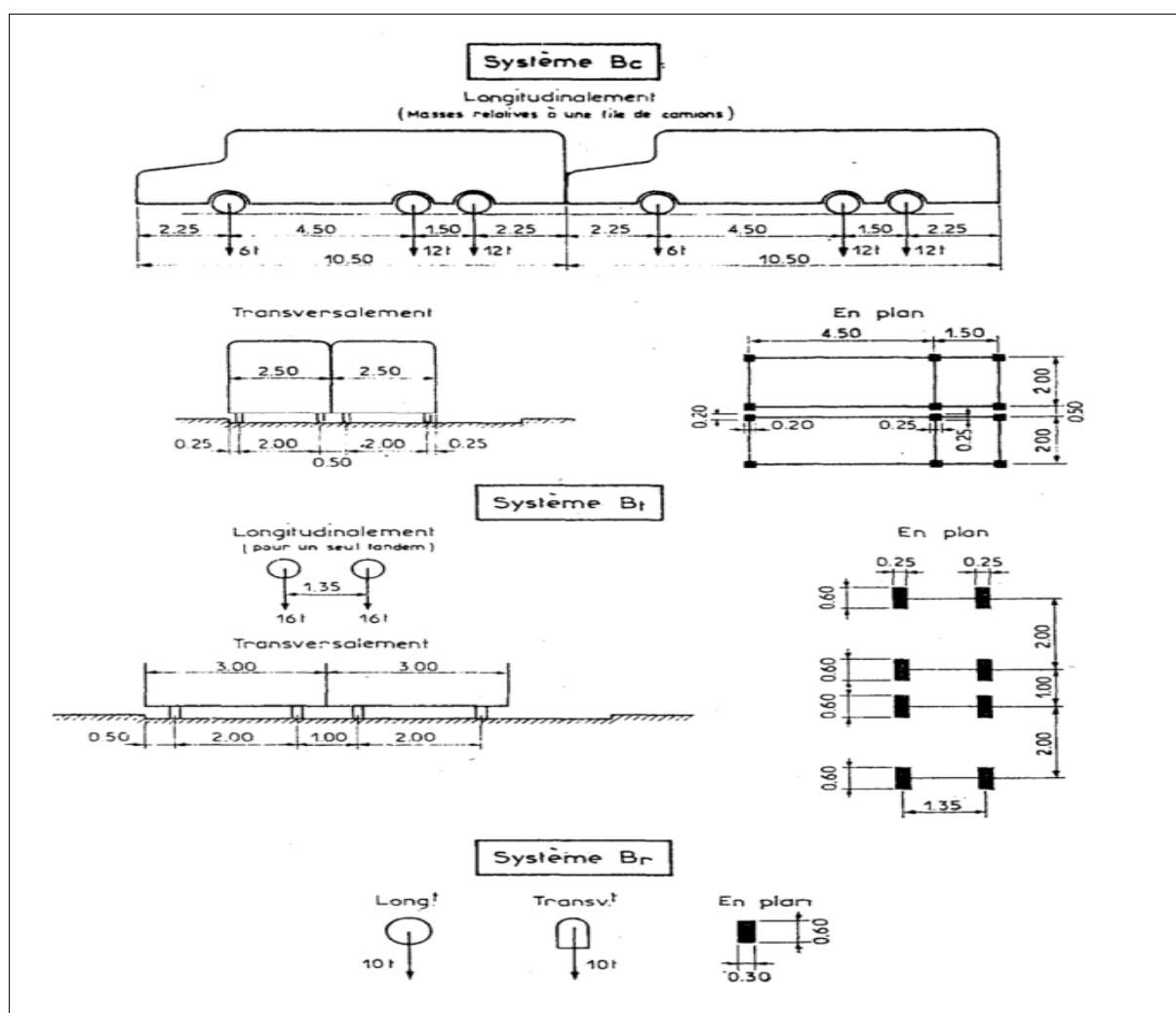


Figure : Système B

Coefficient de majoration dynamique (δ)

Les charges du système B sont soumises à des majorations dynamiques, et le coefficient de majoration appliqué aux trois sous-systèmes Bc, Br et Bt est identique pour chaque élément d'ouvrage. Ce coefficient dynamique est calculé selon la formule suivante :

$$\delta_i = 1 + \frac{0.4}{1+0.2L} + \frac{0.6}{1+4 \times \frac{G}{S_i}} \text{ Avec } L=\max (L_r : \text{portée de la travée})$$

Formule dans laquelle, L représente la longueur de l'élément exprimée en mètres, G sa charge permanente, et S sa charge B maximale.

La valeur de S à introduire dans la formule est celle obtenue après multiplication par le coefficient bc fonction de la classe du pont et (en ce qui concerne Bc), du nombre maximal de camions pris en compte pour le calcul du coefficient bc.

PREDIMENSIONNEMENT

Soient e_t , e_R et e_P respectivement les épaisseurs du tablier, du radier et des piédroits :

$$e_t = \frac{l}{32} + 0.125 \text{ avec } l : \text{la plus grande ouverture du dalot en m.}$$

$$AN : = \frac{3.5}{32} + 0.125 = 0.234375$$

Considérons $e_t = e_R = e_P = 30\text{cm}$

NOTE DE CALCUL DU DALOT 3X350X200

1. NORME ET MATÉRIAUX

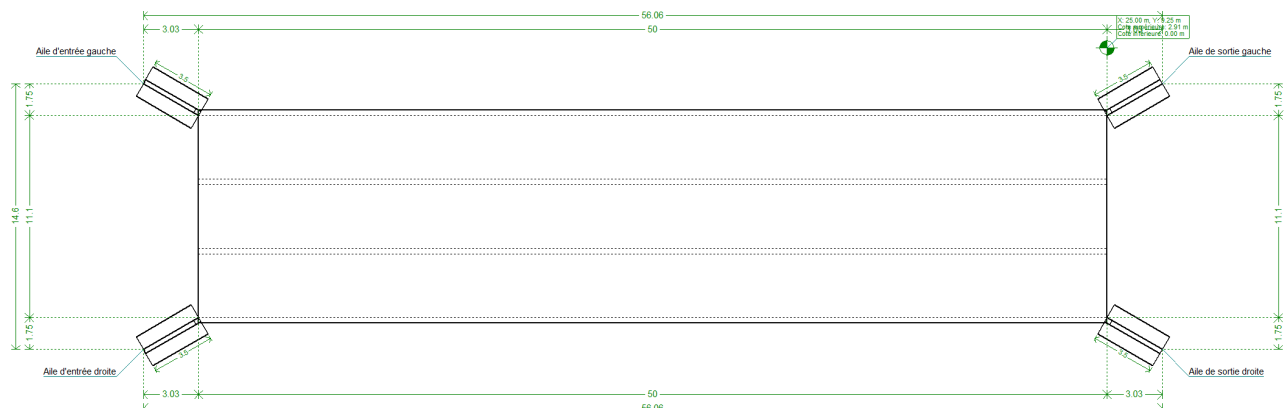
Norme : BAEL-91 (R-99) (France)

Béton : B25

Acier des barres : Fe E500

Enrobage extérieur : 3.0 cm

Enrobage intérieur : 3.0 cm



Plan supérieur module : Par gabarit (2.00 m)

2. GÉOMÉTRIE

MODULE

Épaisseurs	Piédroits : 30 cm Tablier/radier : 30 cm
Cellule 1	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 350 cm Portée en sortie : 350 cm
Mur intermédiaire 1	Épaisseur : 30 cm
Cellule 2	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 350 cm Portée en sortie : 350 cm
Mur intermédiaire 2	Épaisseur : 30 cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Longueur totale : 3.50 m
Longueur supérieure : 0.32 m
Épaisseur en extrémité : 0.80 m
Hauteur : 2.80 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.80 m
- Avant : 0.80 m

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Longueur totale : 3.50 m
Longueur supérieure : 0.32 m
Épaisseur en extrémité : 0.80 m
Hauteur : 2.80 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.80 m
- Avant : 0.80 m

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Longueur totale : 3.50 m
Longueur supérieure : 0.32 m
Épaisseur en extrémité : 0.80 m
Hauteur : 2.80 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.80 m
- Avant : 0.80 m

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Longueur totale : 3.50 m
Longueur supérieure : 0.32 m
Épaisseur en extrémité : 0.80 m
Hauteur : 2.80 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m ²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.80 m
- Avant : 0.80 m

3. TERRAINS

Module de réaction : 33000.0 kN/m³

Contrainte admissible sol d'assise : 150.00 kN/m²

Poids volumique : 20.0 kN/m³

Angle de frottement interne : 30 degrés

Cohésion : 0.00 kN/m²

Pourcentage de frottement terrain-mur : 0 %

Angle de transmission des charges : 45 degrés

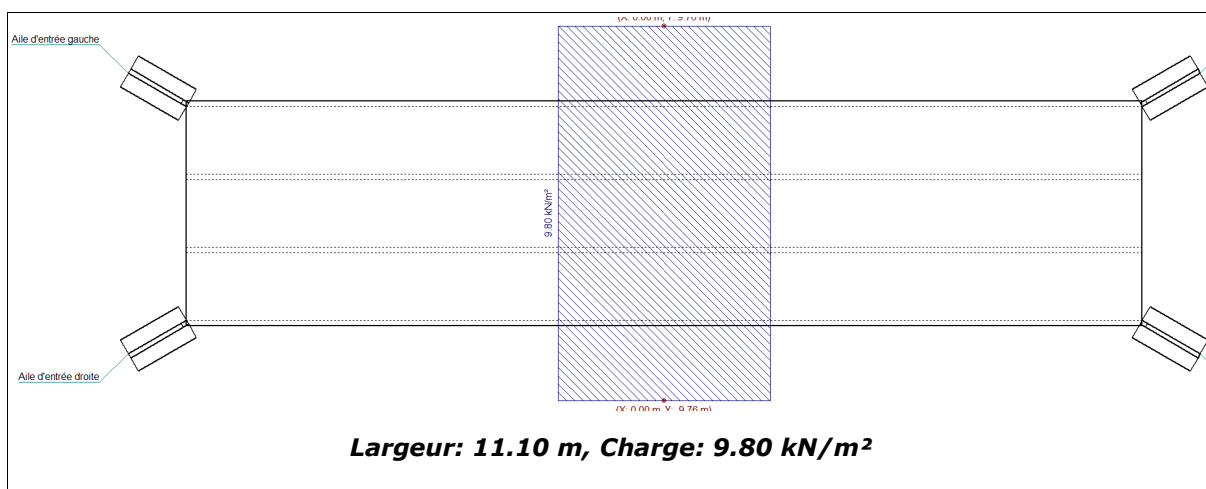
4. ACTIONS

Sans surcharge supérieure

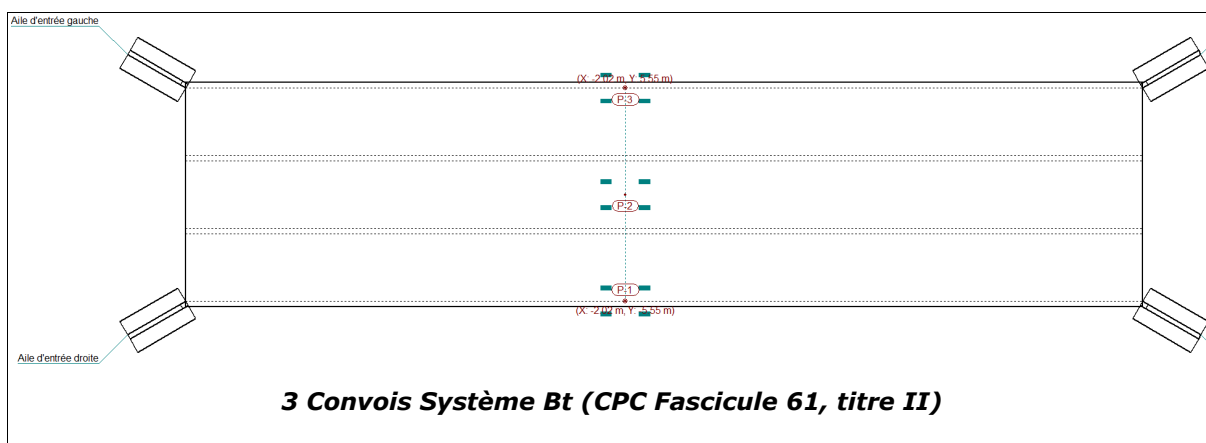
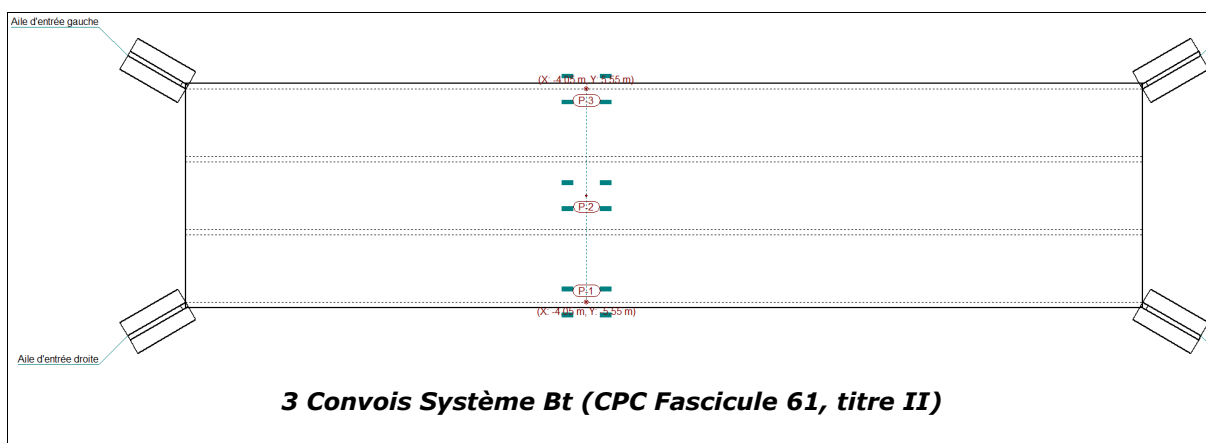
Surcharge uniforme inférieure : 4.00 kN/m²

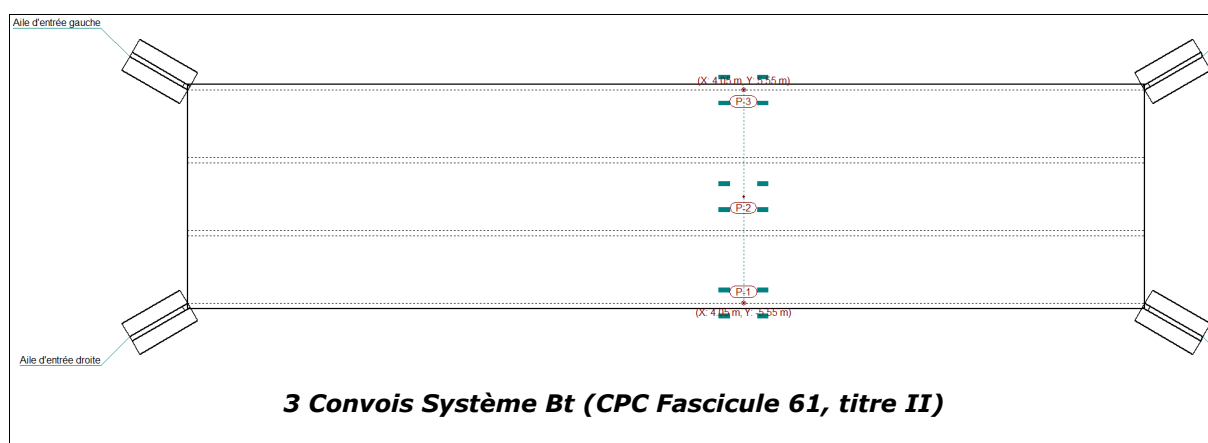
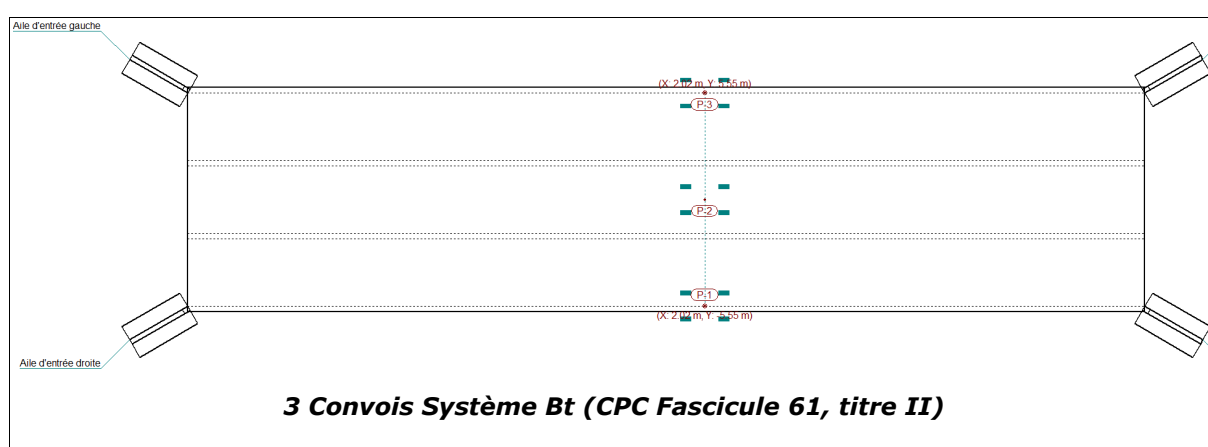
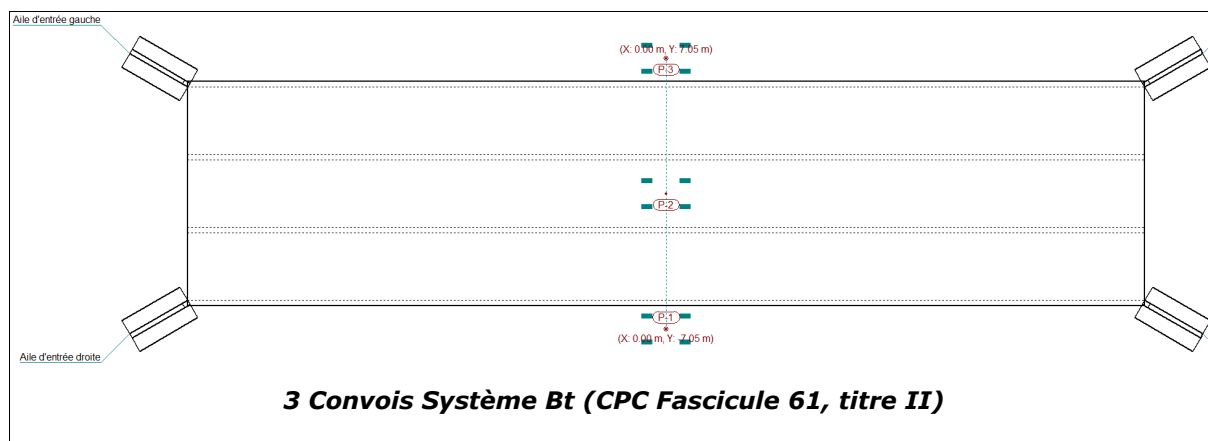
Sans charge hydraulique

CHARGES EN BANDE



CONVOI DE CHARGE





5. DESCRIPTION DE L'ARMATURE

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=44cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, crosse=26cm	Renforts 1: HA10 - Murs 1 à 1 - Longueur ini.= 1.34m - Longueur fin.= 1.34m Renforts 2: HA10 - Murs 2 à 2 - Longueur ini.= 1.34m - Longueur fin.= 1.15m
	Inférieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=44cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, crosse=11cm	Renforts 1: HA10 - Cellules 1 à 1 - Longueur ini.= 0.93m - Longueur fin.= 0.93m Renforts 2: HA10 - Cellules 2 à 2 - Longueur ini.= 1.18m - Longueur fin.= 1.18m Renforts 3: HA10 - Cellules 3 à 3 - Longueur ini.= 0.98m - Longueur fin.= 0.83m
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA12e=20, crosse=53cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=20, crosse=34cm	Renforts 1: HA12 - Murs 2 à 2 - Longueur ini.= 0.94m - Longueur fin.= 1.01m
	Supérieur	Longitudinal	HA12e=20, crosse=53cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=20, crosse=13cm	

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA10e=20, crosse=26cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=26 cm	
		Horizontal	HA10e=15, crosse=44cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, crosse=11cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=11 cm	
		Horizontal	HA10e=15, crosse=44cm	
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA10e=20, crosse=26cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=26 cm	Renfort supérieur: HA10 - Longueur=1.24 m, crosse=26 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=44cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, crosse=11cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=11 cm	
		Horizontal	HA10e=15, crosse=44cm	
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA10e=20, crosse=11cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=11 cm	
		Horizontal	HA10e=15, crosse=44cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, crosse=11cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=11 cm	
		Horizontal	HA10e=15, crosse=44cm	
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA10e=20, crosse=11cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=11 cm	
		Horizontal	HA10e=15, crosse=44cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, crosse=11cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=11 cm	
		Horizontal	HA10e=15, crosse=44cm	

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA10e=20, crosse=11cm	
Armature longitudinale supérieure : HA10e=20, crosse=11cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA8e=10	Transversal inférieur : HA10e=20
- Recouvrement =0.40m	-Longueur crosse arrière=8cm
- Crosse =20cm	-Longueur crosse avant=8cm
- Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal supérieur : HA10e=20
Armature verticale avant : HA8e=10	-Longueur crosse arrière=8cm
- Recouvrement =0.25m	-Longueur crosse avant=8cm
- Crosse =20cm	
- Ancrage face supérieure =0.14m	

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA10e=20, crosse=11cm	
Armature longitudinale supérieure : HA10e=20, crosse=11cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA8e=10	Transversal inférieur : HA10e=20
- Recouvrement =0.40m	-Longueur crosse arrière=8cm
- Crosse =20cm	-Longueur crosse avant=8cm
- Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal supérieur : HA10e=20
Armature verticale avant : HA8e=10	-Longueur crosse arrière=8cm
- Recouvrement =0.25m	-Longueur crosse avant=8cm
- Crosse =20cm	
- Ancrage face supérieure =0.14m	

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA10e=20, crosse=11cm	
Armature longitudinale supérieure : HA10e=20, crosse=11cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA8e=10	Transversal inférieur : HA10e=20
- Recouvrement =0.40m	-Longueur crosse arrière=8cm
- Crosse =20cm	-Longueur crosse avant=8cm
- Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal supérieur : HA10e=20
Armature verticale avant : HA8e=10	-Longueur crosse arrière=8cm
- Recouvrement =0.25m	-Longueur crosse avant=8cm
- Crosse =20cm	
- Ancrage face supérieure =0.14m	

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA10e=20, crosse=11cm	
Armature longitudinale supérieure : HA10e=20, crosse=11cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA8e=10	Transversal inférieur : HA10e=20
- Recouvrement =0.40m	-Longueur crosse arrière=8cm
- Crosse =20cm	-Longueur crosse avant=8cm
- Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal supérieur : HA10e=20
Armature verticale avant : HA8e=10	-Longueur crosse arrière=8cm
- Recouvrement =0.25m	-Longueur crosse avant=8cm
- Crosse =20cm	
- Ancrage face supérieure =0.14m	

6. VÉRIFICATION

Référence : Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i> Semelle superficielle: - Coefficient de sécurité au renversement: - Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.8 Calculé: 3.34 Minimum: 1.5 Calculé: 1.62	Vérifiée Vérifiée
Épaisseur minimale: - Semelle superficielle: <i>Critère de CYPE</i> - Mur: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Minimum: 15 cm Calculé: 35 cm Calculé: 25 cm	Vérifiée Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 3.7 cm Calculé: 19 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Maximum: 25 cm Calculé: 20 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face: <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i> Mur: - Arrière (0.00 m): - Avant (0.00 m):	Minimum: 0.0015 Calculé: 0.00157 Calculé: 0.00157	Vérifiée Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i> - Semelle superficielle:	Maximum: 25 cm	

Référence : Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière, vertical:	Calculé: 10 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant, vertical:	Calculé: 10 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum:	Calculé: 0.00112	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal:	Calculé: 0.00112	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0	Vérifiée

Référence : Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00039	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00033	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur:		
- Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 313.1 kN/m Calculé: 33.7 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2.41 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.0005	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 0.00157	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0.00157	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face tendue:		
Mur:		
- Arrière (0.00 m): <i>BAEL-91, Article B.6.4</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Pourcentage mécanique vertical minimum sur la face tendue:		
Mur:		
- Arrière (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.4.2, 1</i>	Minimum: 0.00096 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée:		
Mur:		
- Avant (0.00 m): <i>Article A.8.1.21 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée:		
Mur:		
- Avant (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.8.1.21</i>	Minimum: 4 cm ² /m Calculé: 5.02 cm ² /m	Vérifiée

Référence : Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: Mur: - (2.80 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00402	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures verticales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière, vertical: - Avant, vertical:	Minimum: 2.5 cm Calculé: 8.4 cm Calculé: 8.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 0.8 cm	Vérifiée
Vérification sous flexion composée: - Mur: <i>Vérification réalisée par unité de longueur de mur</i>		Vérifiée
Vérification à l'effort tranchant: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 252 kN/m Calculé: 28.6 kN/m	Vérifiée
Vérification de la fissuration par contraintes dans les barres: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Maximum: 250 MPa Calculé: 212.76 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.35 m Calculé: 0.4 m Minimum: 0.21 m Calculé: 0.25 m	Vérifiée Vérifiée

Référence : Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 13.6 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 13.6 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 13.6 cm	Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i>		
Semelle superficielle:		
- Contrainte moyenne:	Maximum: 0.15 MPa Calculé: 0.0347 MPa	Vérifiée
- Contrainte maximale:	Maximum: 0.1875 MPa Calculé: 0.043 MPa	Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i>	Calculé: 3.92 cm ² /m	
Semelle superficielle:		
- Armature sup. arrière:	Minimum: 0.99 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. arrière:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature sup. avant:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. avant:	Minimum: 1.16 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 373.3 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 17.8 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20.8 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 22.8 cm Calculé: 30 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 22.8 cm Calculé: 30 cm	Vérifiée

Référence : Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i>		
Semelle superficielle:		
- Coefficient de sécurité au renversement:	Minimum: 1.8 Calculé: 3.34	Vérifiée
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 1.62	Vérifiée
Épaisseur minimale:	Minimum: 15 cm	
- Semelle superficielle: <i>Critère de CYPE</i>	Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Mur: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Calculé: 25 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face: <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i>	Minimum: 0.0015	
Mur:		
- Arrière (0.00 m):	Calculé: 0.00157	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.00157	Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière, vertical:	Calculé: 10 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant, vertical:	Calculé: 10 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum:	Calculé: 0.00112	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal:	Calculé: 0.00112	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00039	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00033	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur:		
- Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 313.1 kN/m Calculé: 33.7 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.0005	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 0.00157	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0.00157	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face tendue: Mur: - Arrière (0.00 m): <i>BAEL-91, Article B.6.4</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Pourcentage mécanique vertical minimum sur la face tendue: Mur: - Arrière (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.4.2, 1</i>	Minimum: 0.00096 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée: Mur: - Avant (0.00 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée: Mur: - Avant (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.8.1,21</i>	Minimum: 4 cm ² /m Calculé: 5.02 cm ² /m	Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: Mur: - (2.80 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00402	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures verticales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière, vertical: - Avant, vertical:	Minimum: 2.5 cm Calculé: 8.4 cm Calculé: 8.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 0.8 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
Vérification sous flexion composée: - Mur: <i>Vérification réalisée par unité de longueur de mur</i>		Vérifiée
Vérification à l'effort tranchant: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 252 kN/m Calculé: 28.6 kN/m	Vérifiée
Vérification de la fissuration par contraintes dans les barres: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Maximum: 250 MPa Calculé: 212.76 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.35 m Calculé: 0.4 m Minimum: 0.21 m Calculé: 0.25 m	Vérifiée Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 13.6 cm Calculé: 13.6 cm Calculé: 13.6 cm	Vérifiée Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i> Semelle superficielle: - Contrainte moyenne: - Contrainte maximale:	Maximum: 0.15 MPa Calculé: 0.0347 MPa Maximum: 0.1875 MPa Calculé: 0.043 MPa	Vérifiée Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i> Semelle superficielle: - Armature sup. arrière:	Calculé: 3.92 cm ² /m Minimum: 0.99 cm ² /m	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
- Armature inf. arrière:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature sup. avant:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. avant:	Minimum: 1.16 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 373.3 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 17.8 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20.8 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 22.8 cm Calculé: 30 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 22.8 cm Calculé: 30 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
Tablier:		
- Armature (Longitudinal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Transversal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum.	Maximum: 50 mm	
Perpendiculaire au plan du plancher:	Calculé: 2.37 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150	
	Calculé: 2049	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 1470	Vérifiée
- Transversal:	Calculé: 1539	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100	
	Calculé: 45	Vérifiée
- Longueur d'ancrage:		
<i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 25 cm	
	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 44 cm	
	Calculé: 44 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 44 cm	
	Calculé: 44 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Radier:		
- Armature (Longitudinal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Transversal):		
- Ratio minimal supérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal inférieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Déplacement maximum.	Maximum: 50 mm	
Perpendiculaire au plan du plancher:	Calculé: 1.8 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150	
	Calculé: 2234	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 1963	Vérifiée
- Transversal:	Calculé: 2145	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100	
	Calculé: 45	Vérifiée
- Longueur d'ancrage:		
<i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 34 cm	
	Calculé: 34 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 13 cm	
	Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 52 cm	
	Calculé: 52 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 52 cm	
	Calculé: 52 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres:		
<i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 2 cm	
	Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm	
	Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm	
	Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm	
	Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm	
	Calculé: 19 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5.33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Piédroit gauche:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum.	Maximum: 50 mm	
Perpendiculaire au plan du plancher:	Calculé: 0.14 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 4584	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 341682	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 13667	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 30	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1.2</i>		

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 25 cm Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 25 cm Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 44 cm Calculé: 44 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 44 cm Calculé: 44 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 26 cm	
- Attente armature de base extérieure:	Calculé: 26 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Calculé: 26 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Piédroit droit:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal intérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal extérieur:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum.	Maximum: 50 mm	
Perpendiculaire au plan du plancher:	Calculé: 0.16 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150	
	Calculé: 4343	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 302461	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 12098	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100	
	Calculé: 30	Vérifiée
- Longueur d'ancrage:		
<i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 25 cm	
	Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 25 cm Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 44 cm Calculé: 44 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 44 cm Calculé: 44 cm	Vérifiée
- Renfort extérieur supérieur:	Minimum: 25 cm Calculé: 25 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 26 cm	
- Attente armature de base extérieure:	Calculé: 26 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Calculé: 26 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 9 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
Mur intermédiaire 1:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum.	Maximum: 50 mm	
Perpendiculaire au plan du plancher:	Calculé: 0.05 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150	
	Calculé: 8046	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 33947	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 848687	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100	
	Calculé: 30	Vérifiée
- Longueur d'ancrage:		
<i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 44 cm Calculé: 44 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 44 cm Calculé: 44 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 26 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 26 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Calculé: 26 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 3 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 3 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature gauche - droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale gauche:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Mur intermédiaire 2:		
- Armature (Vertical):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Armature (Horizontal):		
- Ratio minimal gauche:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Ratio minimal droit:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment positif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum.	Maximum: 50 mm	
Perpendiculaire au plan du plancher:	Calculé: 0.07 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150	
	Calculé: 7932	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 690034	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 27601	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100	
	Calculé: 30	Vérifiée
- Longueur d'ancrage:		
<i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 11 cm	
	Calculé: 11 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 44 cm	
	Calculé: 44 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 44 cm	
	Calculé: 44 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 26 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 26 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Calculé: 26 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 3 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 3 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature gauche - droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale gauche:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Terrain:		
- Soulèvement:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Contrainte admissible:	Maximum: 150 kN/m² Calculé: 59.7133 kN/m²	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i>		

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
Semelle superficielle:		
- Coefficient de sécurité au renversement:	Minimum: 1.8 Calculé: 3.34	Vérifiée
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 1.62	Vérifiée
Épaisseur minimale:	Minimum: 15 cm	
- Semelle superficielle:		
<i>Critère de CYPE</i>	Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Mur:		
<i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales:		
<i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales:		
<i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face:		
<i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i>	Minimum: 0.0015	
Mur:		
- Arrière (0.00 m):	Calculé: 0.00157	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.00157	Vérifiée
Séparation maximale entre barres:		
<i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière, vertical:	Calculé: 10 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant, vertical:	Calculé: 10 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum:	Calculé: 0.00112	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal:	Calculé: 0.00112	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00039	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00033	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur: - Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 313.1 kN/m Calculé: 33.7 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 0.0005 Calculé: 0.00157 Calculé: 0.00157	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face tendue: Mur: - Arrière (0.00 m): <i>BAEL-91, Article B.6.4</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Pourcentage mécanique vertical minimum sur la face tendue: Mur: - Arrière (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.4.2, 1</i>	Minimum: 0.00096 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée: Mur: - Avant (0.00 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée: Mur: - Avant (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.8.1,21</i>	Minimum: 4 cm ² /m Calculé: 5.02 cm ² /m	Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: Mur: - (2.80 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00402	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
Séparation libre minimale des armatures verticales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 2.5 cm	
Mur:		
- Arrière, vertical:	Calculé: 8.4 cm	Vérifiée
- Avant, vertical:	Calculé: 8.4 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales:		
- Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales:		
- Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 0.8 cm	Vérifiée
Vérification sous flexion composée:		
- Mur: <i>Vérification réalisée par unité de longueur de mur</i>		Vérifiée
Vérification à l'effort tranchant:		
- Mur: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 252 kN/m Calculé: 28.6 kN/m	Vérifiée
Vérification de la fissuration par contraintes dans les barres:		
- Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Maximum: 250 MPa Calculé: 212.76 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Mur:		
- Base arrière:	Minimum: 0.35 m Calculé: 0.4 m	Vérifiée
- Base avant:	Minimum: 0.21 m Calculé: 0.25 m	Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 13.6 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 13.6 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Avant:	Calculé: 13.6 cm	Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i>		
Semelle superficielle:		
- Contrainte moyenne:	Maximum: 0.15 MPa Calculé: 0.0347 MPa	Vérifiée
- Contrainte maximale:	Maximum: 0.1875 MPa Calculé: 0.043 MPa	Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i>	Calculé: 3.92 cm ² /m	
Semelle superficielle:		
- Armature sup. arrière:	Minimum: 0.99 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. arrière:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature sup. avant:	Minimum: 0 cm ² /m	Vérifiée
- Armature inf. avant:	Minimum: 1.16 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2.2</i>	Maximum: 373.3 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 17.8 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20.8 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1.2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 22.8 cm Calculé: 30 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 22.8 cm Calculé: 30 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité: <i>Critère de CYPE</i>		
Semelle superficielle:		
- Coefficient de sécurité au renversement:	Minimum: 1.8 Calculé: 3.34	Vérifiée
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 1.62	Vérifiée
Épaisseur minimale:	Minimum: 15 cm	
- Semelle superficielle: <i>Critère de CYPE</i>	Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Mur: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Calculé: 25 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 19 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face: <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i>	Minimum: 0.0015	
Mur:		
- Arrière (0.00 m):	Calculé: 0.00157	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.00157	Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière, vertical:	Calculé: 10 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant, vertical:	Calculé: 10 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum:	Calculé: 0.00112	
Semelle superficielle:		

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal:	Calculé: 0.00112	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00039	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 0.00033	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur:		
- Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 313.1 kN/m Calculé: 33.7 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.0005	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 0.00157	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0.00157	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face tendue:		
Mur:		
- Arrière (0.00 m): <i>BAEL-91, Article B.6.4</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00201	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Pourcentage mécanique vertical minimum sur la face tendue: Mur: - Arrière (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.4.2, 1</i>	Minimum: 0.00096 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée: Mur: - Avant (0.00 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00201	Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée: Mur: - Avant (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.8.1,21</i>	Minimum: 4 cm ² /m Calculé: 5.02 cm ² /m	Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: Mur: - (2.80 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00402	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures verticales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur: - Arrière, vertical: - Avant, vertical:	Minimum: 2.5 cm Calculé: 8.4 cm Calculé: 8.4 cm	Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 0.8 cm	Vérifiée
Vérification sous flexion composée: - Mur: <i>Vérification réalisée par unité de longueur de mur</i>		Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Vérification à l'effort tranchant: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 252 kN/m Calculé: 28.6 kN/m	Vérifiée
Vérification de la fissuration par contraintes dans les barres: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Maximum: 250 MPa Calculé: 212.76 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.35 m Calculé: 0.4 m Minimum: 0.21 m Calculé: 0.25 m	Vérifiée Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i> Mur: - Arrière: - Avant:	Minimum: 13.6 cm Calculé: 13.6 cm Calculé: 13.6 cm	Vérifiée Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i> Semelle superficielle: - Contrainte moyenne: - Contrainte maximale:	Maximum: 0.15 MPa Calculé: 0.0347 MPa Maximum: 0.1875 MPa Calculé: 0.043 MPa	Vérifiée Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i> Semelle superficielle: - Armature sup. arrière: - Armature inf. arrière: - Armature sup. avant: - Armature inf. avant:	Calculé: 3.92 cm ² /m Minimum: 0.99 cm ² /m Minimum: 0 cm ² /m Minimum: 0 cm ² /m Minimum: 1.16 cm ² /m	Vérifiée Vérifiée Vérifiée Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 373.3 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 17.8 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 20.8 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 22.8 cm Calculé: 30 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 22.8 cm Calculé: 30 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 0 cm Calculé: 8 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA10	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		

Annexe V : Notice environnementale et social ; Devis du projet

➤ *Les effets environnementaux*

Milieu	Les composants affectée	Les impacts potentiels	Importance Absolue	Importance Relative
Physique	Qualité de l'air	Dégradation de la qualité de l'air due aux émissions de poussière et de gaz souvent à l'origine de maladies respiratoires et oculaires notamment pour les riverains du tronçon de la route ;	Moyenne	Moyenne
		Réduction de la pollution de l'air par les fumées d'échappement due à la fluidification de la circulation et à la réduction des embouteillages.	Moyenne	Majeure
		Destruction en profondeur du profil initial des sols sur toutes les surfaces des excavations, tassements marginaux, constitution de sites d'érosion au niveau des zones d'emprunts non remis en état	Moyenne	Moyenne

	Sol	Pollution des sols par le déversement des déchets liquides (notamment les huiles de vidanges usagées, eaux usées) et solides (gravats, filtres usés, pneu usés déchets divers, etc.)	Moyenne	Mineure
		Érosions hydriques entraînant la destruction des ouvrages aménagés et des zones d'emprunt de matériaux non traités adéquatement	Moyenne	Moyenne
	Eaux	Modification du régime hydrique des cours d'eau traversés due aux dépôts d'obstacles sur les passages	Mineure	Mineure
		Pollution des eaux de surface due aux rejets de déchets dans les caniveaux aménagés par les riverains et les usagers du tronçon de route aménagé	Moyenne	Moyenne
		Réduction de l'alimentation des eaux souterraines par infiltration des eaux de pluies due au terrassement, au bétonnage et du bitumage des sols à certains endroits	Mineure	Mineure
		Collisions entre animaux et véhicules de transport de matériaux dans les sites	Mineure	Mineure

Biologique	Faune	d'emprunt a la traversée des zones habitées		
		Collisions entre animaux et véhicules dues à la divagation des animaux par la valorisation et aux excès de vitesses	Mineure	Mineure
	Flore	Abattage de 12 322 arbres dans les emprises du tronçon de route du projet	Majeure	Moyenne
		Plantations d'arbres (10 000 arbres d'alignements le long du tronçon de route et 64 000 arbres en bosquets) y compris 20% pour les remplacements en cas d'échec soit 74 000 arbres	Majeure	Majeure
	Économie	Perturbations temporaires des activités économiques et génératrices des revenus, surtout le long du tronçon de route concerné par le projet	Moyenne	Mineure
		Retombées économiques pour les commerçants dues à l'acquisition de matériaux	Moyenne	Moyenne
		Développement d'activités économiques le long du tronçon de route aménagé, amélioration des retombées économiques pour les commerçants et réduction du niveau de pauvreté	Majeure	Majeure

Socio-économique	Santé	Développement de maladies respiratoire (toux, crises d'asthme, irritations de bronches, sensations d'étouffement) et oculaires (irritations) chez les ouvriers, les usagers du tronçon de route et les populations riveraines dû aux soulèvements de poussières par la circulation des véhicules et engins, le décapage, les terrassements, etc.	Moyenne	Moyenne
		Contaminations et propagations de IST, du VIH/SIDA, de la COVID.19, des hépatites, etc. dues aux comportements a risques de personnel du chantier	Moyenne	Majeure
		Reduction de propagation de IST, du VIH/SIDA, de la COVID.19, des hépatites due aux séances de sensibilisations	Majeure	Majeure
		Amélioration de la santé et du cadre de vie des riverains par la réduction de la prolifération des vecteurs du paludisme, de la dengue, de diarrhée, de la fièvre typhoïde, de la dysenterie,	Majeure	Majeure

		etc. due au drainage des eaux pluviales par l'aménagement des ouvrages d'assainissement		
--	--	--	--	--

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET

Numéro	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
100	Installation et repli du chantier				
101	Installation du chantier / Amenée et repli du matériel	Fft	1,00	1 880 000 000	1 880 000 000
102	Installation de Centrale à Béton de 3000l	Fft	1	170 000 000	170 000 000
103	Laboratoire du chantier	Fft	1,00	155 000 000	155 000 000
104	Réalisation des voies de déviations	km	15	2 000 000	30 000 000
105	Étude d'élaboration du dossier d'exécution	Fft	1,00	65 000 000	65 000 000
SOUS TOTAL 100					2 300 000 000
200	Travaux préparatoires				
201	Débroussaillage et Nettoyage de l'emprise	m2	502 022	260	130 525 720
202	Démolition de caniveaux longitudinaux existants de toutes sections	ml	2 000	5 378	10 756 000
203	Démolition de dalots transversaux de toutes sections	ml	256	14 341	3 671 296
204	Abattage d'arbres de circonférence $\geq$ à 1.5 m	u	12 322	30 000	369 660 000
205	Purge et substitution de sol de mauvaise qualité	m3	17 000	9 500	161 500 000
SOUS TOTAL 200					676 113 016
300	Terrassement				
301	Décapage de terre végétale	m ²	846 466	320	270 869 120

302	Déblai meuble mis en dépôt définitif	m3	199 783	5 000	998 915 000
303	Déblais meuble mis en dépôt provisoire	m3	11 313	3 052	34 527 276
304	Remblai ordinaire provenant d'emprunt	m3	496 558	7 500	3 724 185 000
305	Mise en forme, réglage et compactage de la plate-forme ou de l'arase des terrassements (finition de la plateforme)	m2	785 431	400	314 172 400
306	Reprofilage des espaces située entre les caniveaux et les concessions	m2	123 660	4 750	587 385 000
SOUS TOTAL 300					5 930 053 796
400	Chaussée				
401	Couche de fondation 2 en graveleux latéritique naturel amélioré au ciment maximum 3% épaisseur 18 cm	m3	68 656	15 000	1 029 840 000
402	Couche de fondation 1 en graveleux latéritique naturel	m3	58 456	7 500	438 420 000
403	Couche de base en grave bitume 0/14 (épaisseur 8 cm)	m3	28 727	185 000	5 314 495 000
404	Bordures hautes T2 continues	ml	32 367	17 500	566 422 500
405	Bordures hautes T2 discontinues	ml	16 331	17 500	285 792 500
406	Bordures T2+CS2 continues	ml	41 951	20 000	839 020 000
SOUS TOTAL 400					8 473 990 000
500	Revêtement				
502	Revêtement BBSG épaisseur 5cm chaussée principale	m3	5 500	130 000	715 000 000
SOUS TOTAL 500					715 000 000

600	Ouvrage d'assainissement				
601	Béton de propreté (150 Kg/m3)	m3	3 084,60	77 500	239 056 500
602	Caniveau en béton armé 140 x 140	ml	1 656,00	135 000	223 560 000
603	Caniveau en béton armé 140 x 110	ml	4 301,00	111 400	479 131 400
604	Caniveau en béton armé 100 x 100	ml	1 086,00	90 500	98 283 000
605	Caniveau en béton armé 80 x 80	ml	7 051,00	75 000	528 825 000
606	Dallette en béton armé pour caniveau de section 140 x 140	ml	1 656,00	55 000	91 080 000
607	Dallette en béton armé pour caniveau de section 140 x 110	ml	4 301,00	55 000	236 555 000
608	Dallette en béton armé pour caniveau de section 100x100	ml	1 086,00	40 000	43 440 000
609	Dallette en béton armé pour caniveau de section 80x80	ml	7 051,00	35 000	246 785 000
610	Dalot de 3 x 200 x 150				
610.1	Béton dosé à 350kg/m3	m3	320,71	235 000	75 366 850
610.2	Acier HA en FeE500	kg	19430,9	1 300	25 260 170
610.3	Béton de propreté de (150 Kg/m3)	m3	43,20	70 000	3 024 000
SOUS TOTAL 610					103 651 020
611	4 x Dalot de 2 x 240 x 150				
611.1	Béton dosé à 350kg/m3	m3	1012,84	235 000	238 017 400
611.2	Acier HA en FeE500	kg	61583,24	1 300	80 058 212

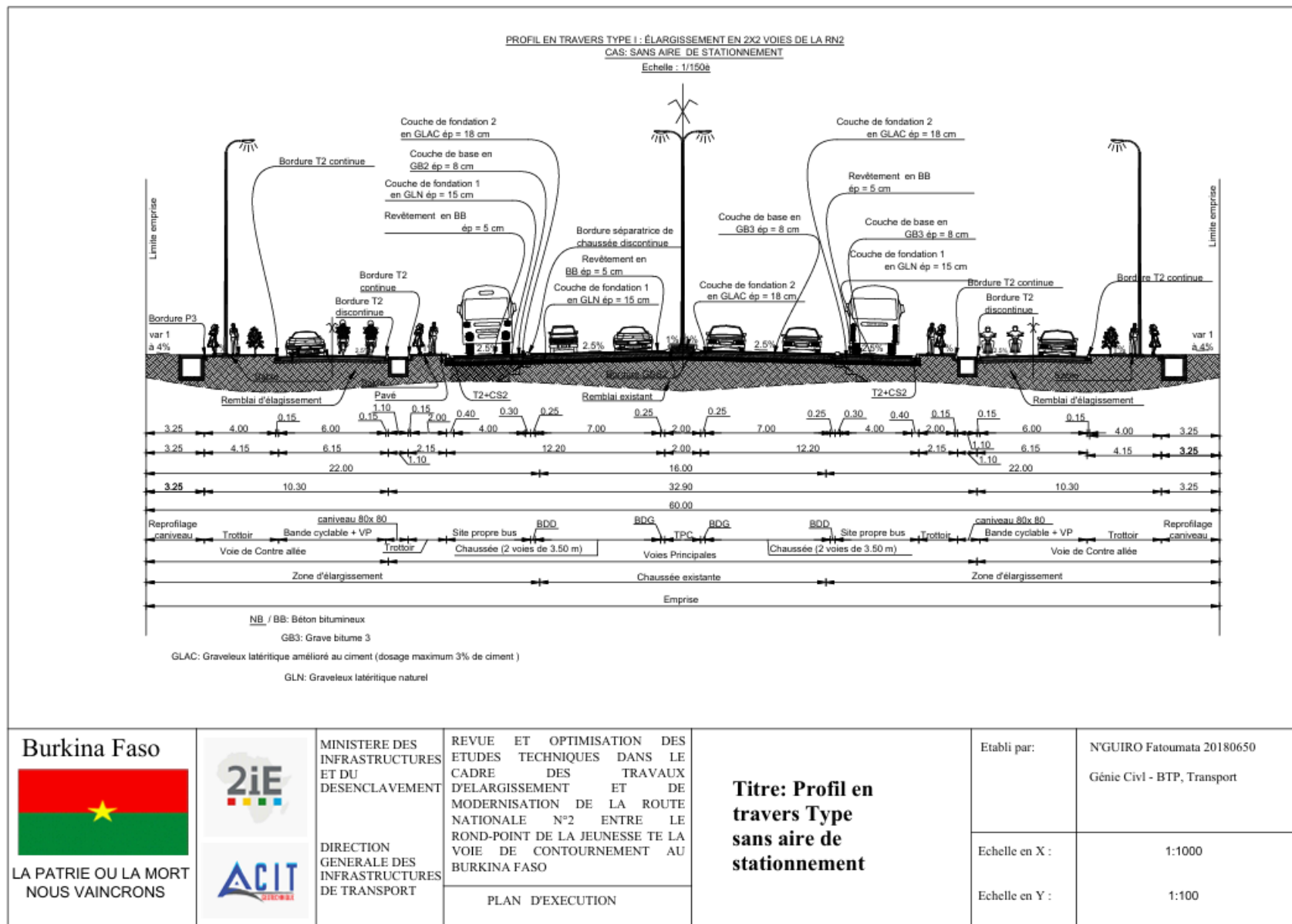
611.3	Béton de propreté de (150 Kg/m3)	m3	34,20	70 000	2 394 000
SOUS TOTAL 611					320 469 612
612	2 x Dalot de 3 x 350 x 200				
612.1	Béton dosé à 350kg/m3	m3	973,36	235 000	228 739 600
612.2	Acier HA en FeE500	kg	62 628,52	1 300	81 417 076
612.3	Béton de propreté de (150 Kg/m3)	m3	70,20	70 000	4 914 000
SOUS TOTAL 612					315 070 676
613	2 x Dalot de 3 x 200 x 200				
613.1	Béton dosé à 350kg/m3	m3	703,36	235 000	165 289 600
613.2	Acier HA en FeE500	kg	42 364,48	1 300	55 073 824
613.3	Béton de propreté de (150 Kg/m3)	m3	43,20	70 000	3 024 000
SOUS TOTAL 613					223 387 424
SOUS TOTAL 600					3 149 294 632
700	Signalisation-Sécurité				
701	Marquage de la chaussée continue	ml	163 810	3 100	507 811 000
702	Marquage de la chaussée discontinue	ml	63 125	3 100	195 687 500
703	Marquage spécial	m2	3 830	5 000	19 150 000
704	Panneaux de signalisation du type A, B, AB, ou C	u	280	125 000	35 000 000
705	Panneaux de signalisation du type J	u	40	135 000	5 400 000
706	Glissières métalliques de sécurité de type GS2	ml	3 874	45 000	174 330 000
707	Ralentisseur trapézoïdal	u	26	6 978 367	181 437 542
708	Feux tricolores sur support haut acier galvanisé en console	u	14	5 500 000	77 000 000
SOUS TOTAL 700					1 195 816 042

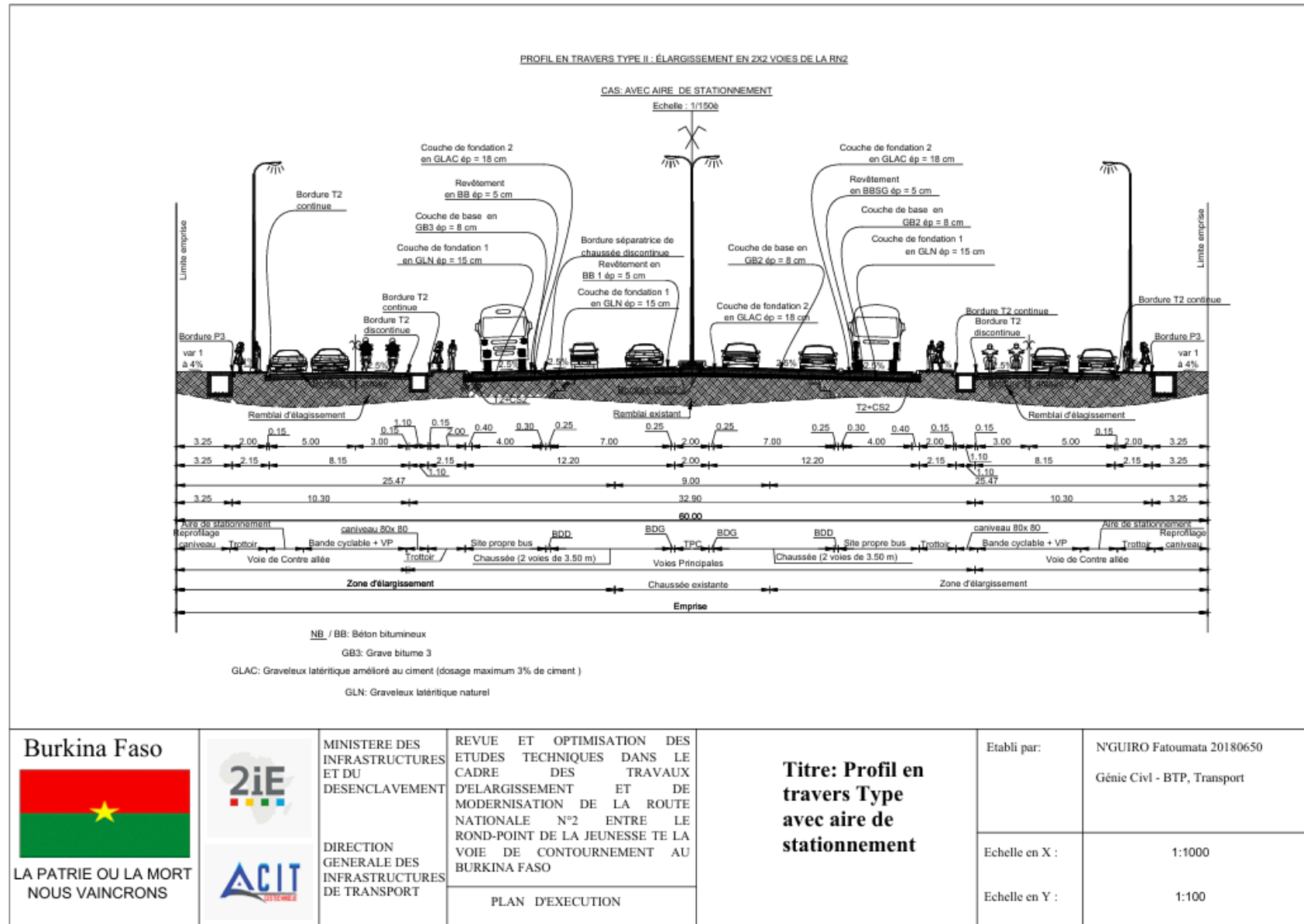
800	Éclairage - Public				
801	Fourniture d'équipement et installation de Candélabre simple cross y compris fileterie et branchement à la SONABEL	u	607	1 837 500	1 115 362 500
802	Fourniture d'équipement et installation de Candélabre double cross y compris fileterie et branchement à la SONABEL	u	579	2 412 500	1 396 837 500
SOUS TOTAL 800					2 512 200 000
900	RESERVATIONS, DEPLACEMENTS ET CONFORTATIONS DE RESEAUX DES CONCESSIONNAIRES				
901	Réservations, Déplacements et confortations des réseaux de télécommunication				
901.1	Réservations	ml	600	27 790	16 674 000
901.2	Déplacements et confortations des réseaux de télécommunication	prov	1	500 000 000	500 000 000
SOUS TOTAL 900					516 674 000
1000	MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				
1001	Mise en œuvre du PGES	prov	1	200 000 000	200 000 000
1002	Sensibilisation du personnel de chantier et des populations riveraines sur les IST, le VIH/SIDA, la COVID 19, les hépatites et les grossesses non désirées, les VBG, les VCE, les EAS et les HS	séance	3	2 500 000	7 500 000
1003	Réalisation de sacrifices par les coutumiers de la zone du projet pour le bon déroulement des travaux	U	1	500 000	500 000

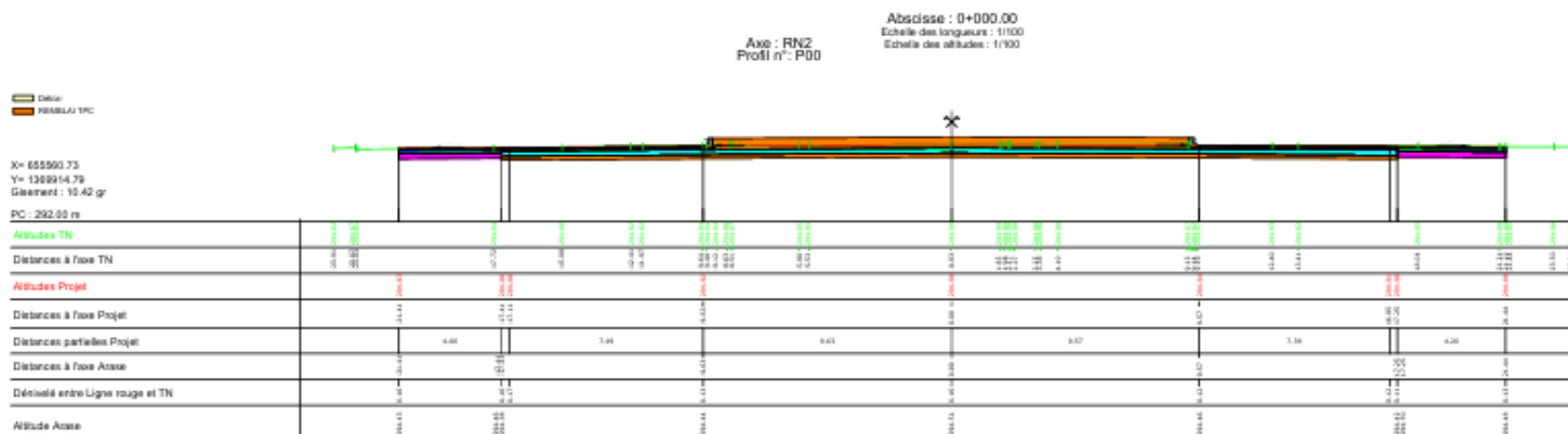
1004	Fixation de poubelles le long du tronçon de la route du projet des deux côtés de la route, distants de 300 m, pour réceptionner des ordures des usagers	U	115	75 000	8 625 000
SOUS TOTAL 1000					216 625 000
I	Total général HT				29 679 341 486
II	TVA 18%				5 342 281 467
III	Total général TTC				35 021 622 953
IV	Cout kilométrique				2 894 349 004



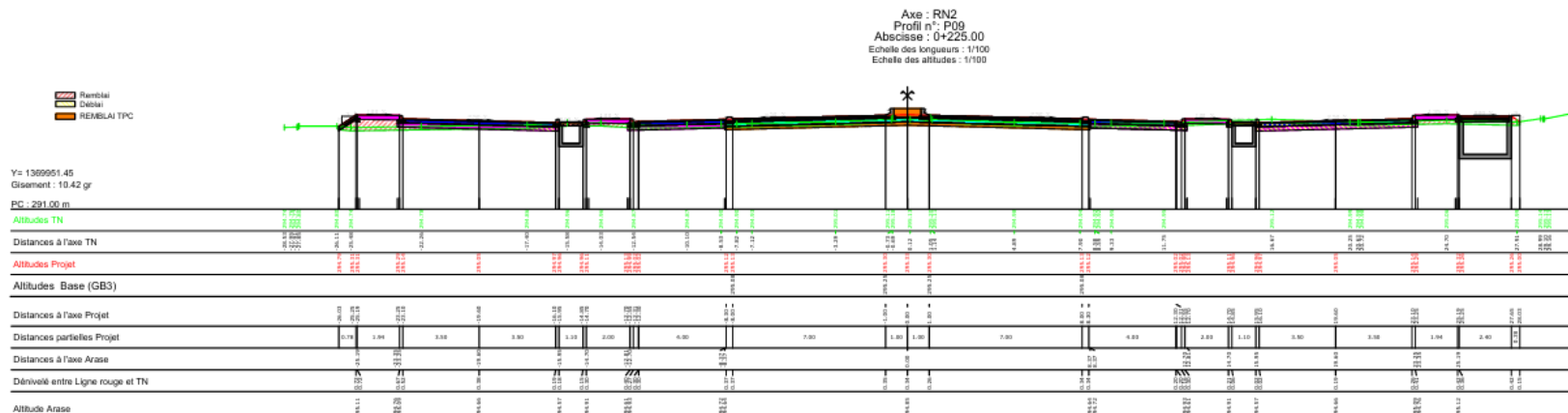
Annexe VI : Plan



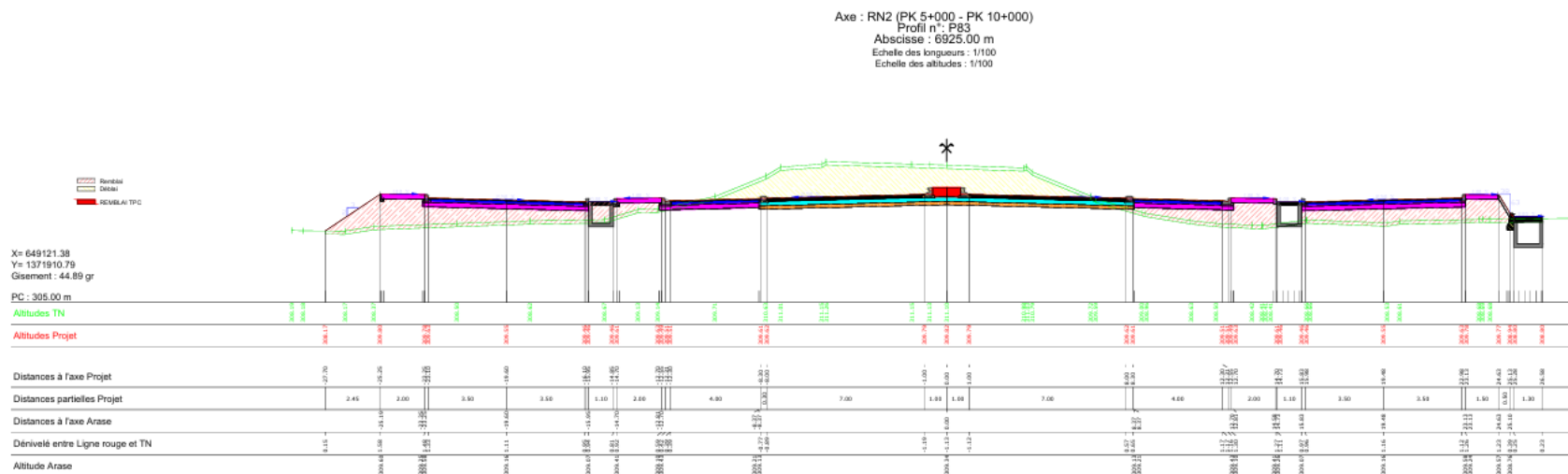


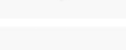


 LA PATRIE OU LA MORT NOUS VAINCRONS	 	MINISTRE DES INFRASTRUCTURES ET DU DESENCLAVEMENT	REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA ROUTE NATIONALE N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE TE LA VOIE DE CONTOURNEMENT AU BURKINA FASO	Titre: Profil en travers courant P00	Etabli par:	N'GUIRO Fatoumata 20180650 Génie Civil - BTP, Transport
		DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT	PLAN D'EXECUTION		Echelle en X :	1:1000
					Echelle en Y :	1:100

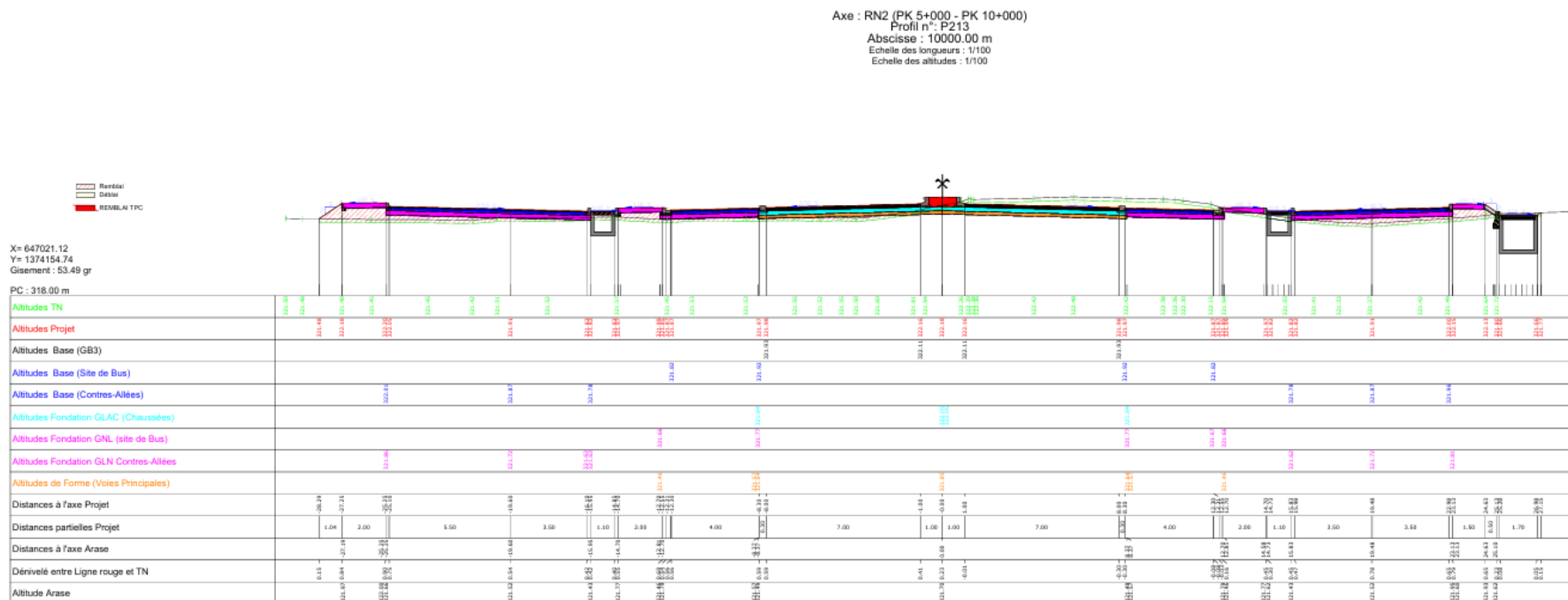


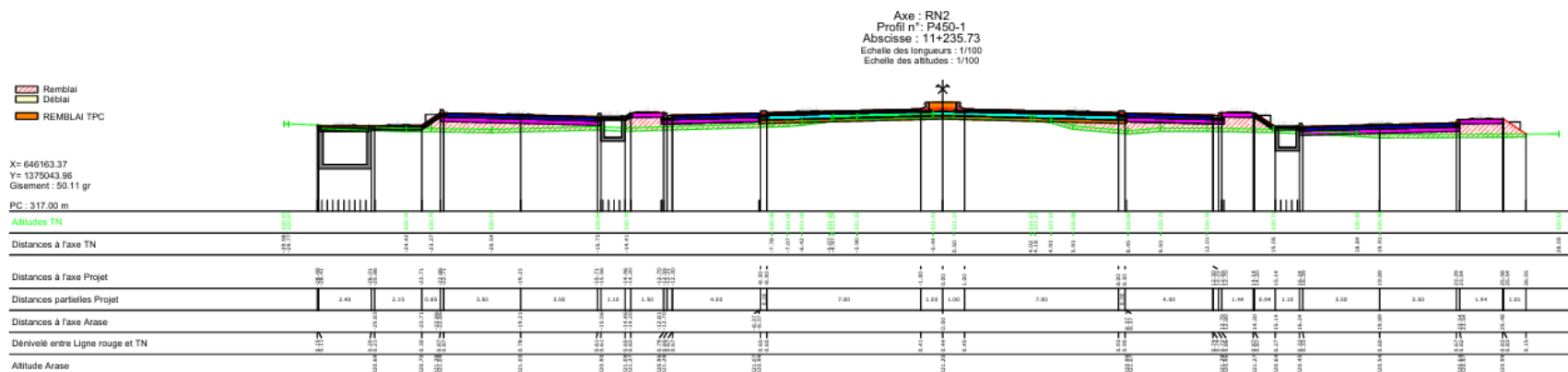
Burkina Faso  LA PATRIE OU LA MORT NOUS VAINCRONS	 	MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DESENCLAVEMENT	REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA ROUTE NATIONALE N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE TE LA VOIE DE CONTOURNEMENT AU BURKINA FASO	Titre: Profil en travers courant P09	Etabli par: N'GUIRO Fatoumata 20180650 Génie Civil - BTP, Transport
		DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT	PLAN D'EXECUTION		Echelle en X : 1:1000 Echelle en Y : 1:100



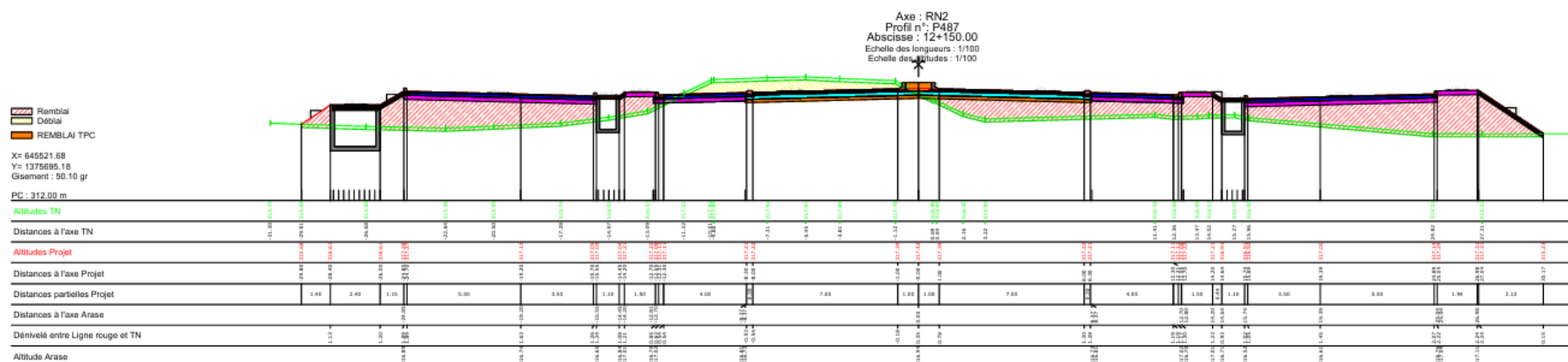
 LA PATRIE OU LA MORT NOUS VAINCRONS	 	MINISTRE DES INFRASTRUCTURES ET DU DESENCLAVEMENT	REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA ROUTE NATIONALE N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE TE LA VOIE DE CONTOURNEMENT AU BURKINA FASO	Titre: Titre: Profil en travers courant P83	Etabli par:	N°GUIRO Fatoumata 20180650 Génie Civil - BTP, Transport
		DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT	PLAN D'EXECUTION		Echelle en X :	1:1000
					Echelle en Y :	1:100

REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE DES
TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA ROUTE NATIONALE
N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE TE LA VOIE DE CONTOURNEMENT AU
BURKINA FASO

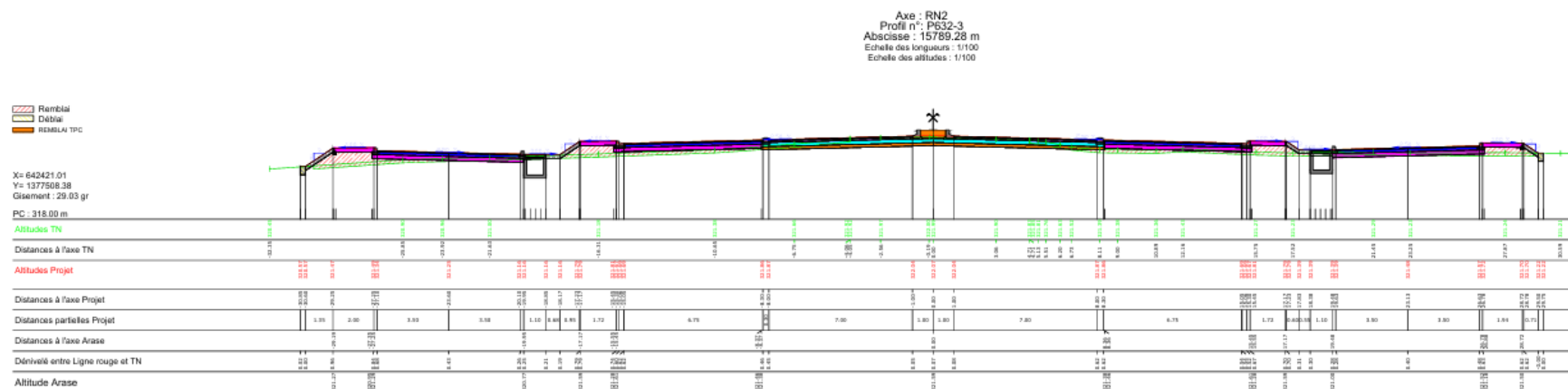




Burkina Faso  LA PATRIE OU LA MORT NOUS VAINCRONS	 	MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DESENCLAVEMENT	REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA ROUTE NATIONALE N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE TE LA VOIE DE CONTOURNEMENT AU BURKINA FASO	Titre: Titre: Profil en travers courant P450-1	Etabli par: N'GUIRO Fatoumata 20180650 Génie Civil - BTP, Transport
		DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT	PLAN D'EXECUTION		Echelle en X : 1:1000 Echelle en Y : 1:100

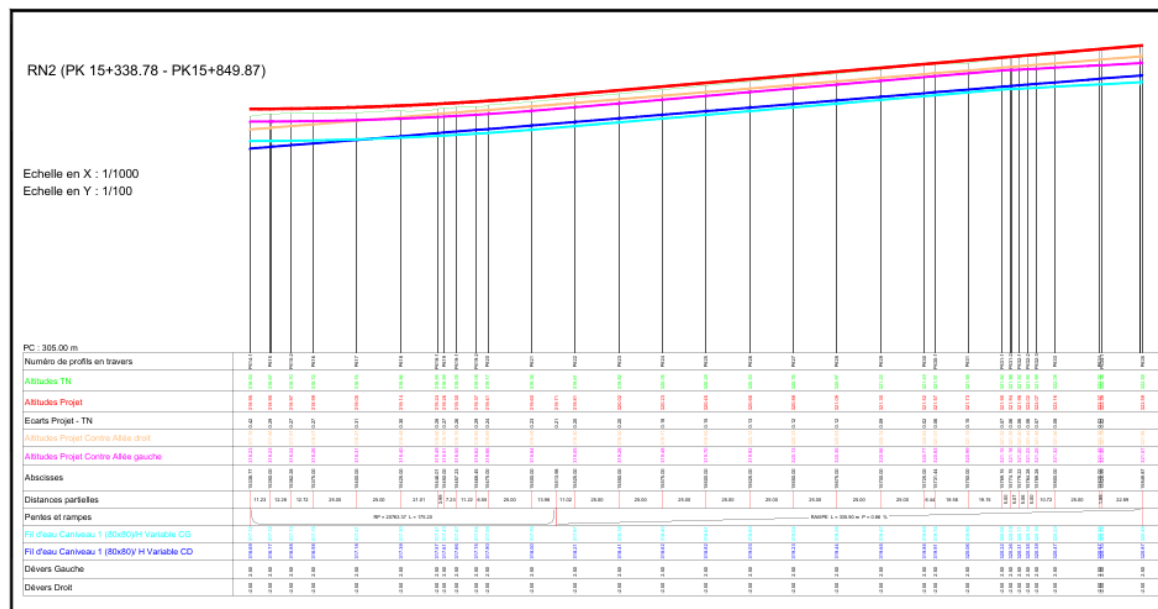
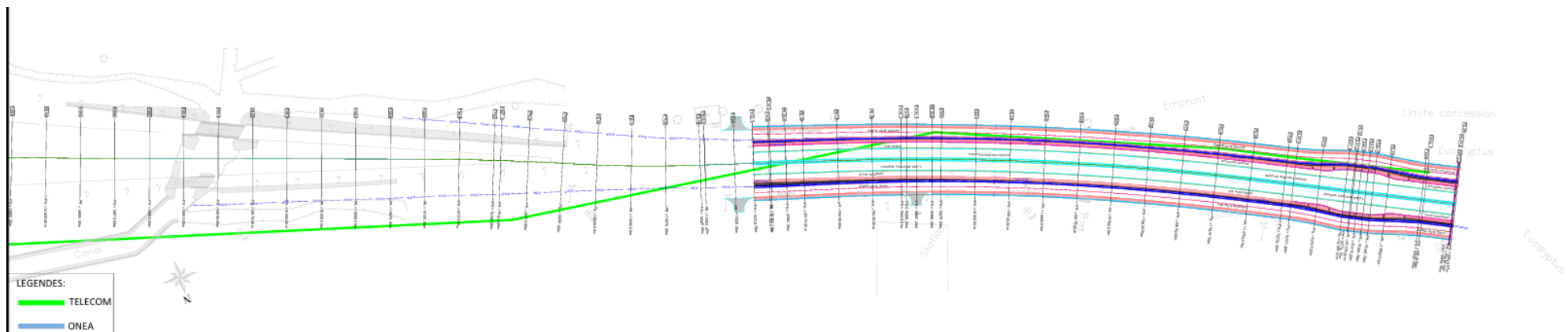


Burkina Faso  LA PATRIE OU LA MORT NOUS VAINCRONS	 	MINISTERE DES INFRASTRUCTURES ET DU DESENCLAVEMENT	REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA ROUTE NATIONALE N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE TE LA VOIE DE CONTOURNEMENT AU BURKINA FASO	Titre: Profil en travers courant P487	Etabli par:	N'GUIRO Fatoumata 20180650 Génie Civil - BTP, Transport
		DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT	PLAN D'EXECUTION		Echelle en X :	1:1000

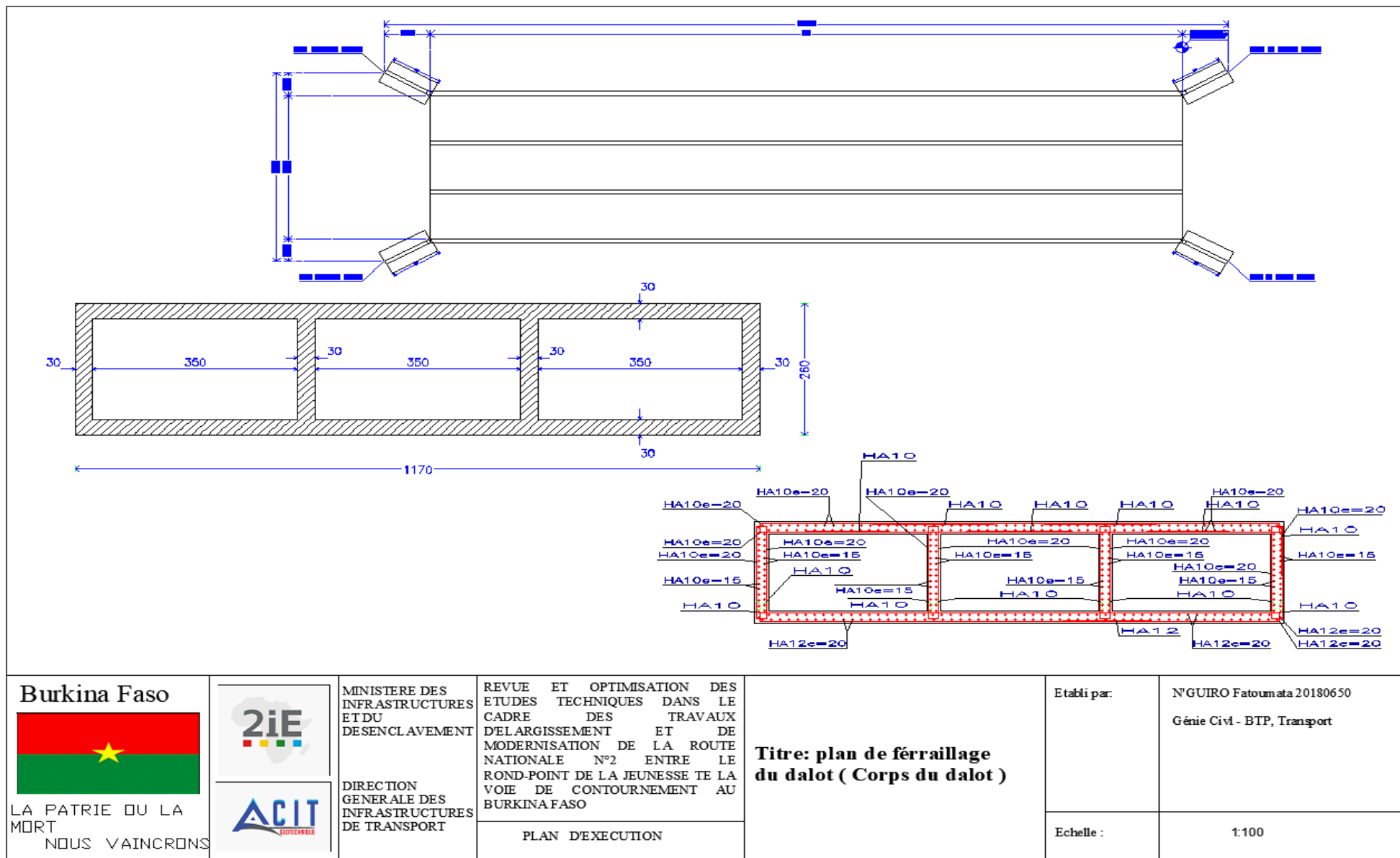


Burkina Faso  LA PATRIE OU LA MORT NOUS VAINCRONS	 	MINISTRE DES INFRASTRUCTURES ET DU DESENCLAVEMENT	REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA ROUTE NATIONALE N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE TE LA VOIE DE CONTOURNEMENT AU BURKINA FASO	Titre: Profil en travers courant P632-3	Etabli par: N'GUIRO Fatoumata 20180650 Génie Civil - BTP, Transport
		DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT	PLAN D'EXECUTION		Echelle en X : 1:1000 Echelle en Y : 1:100

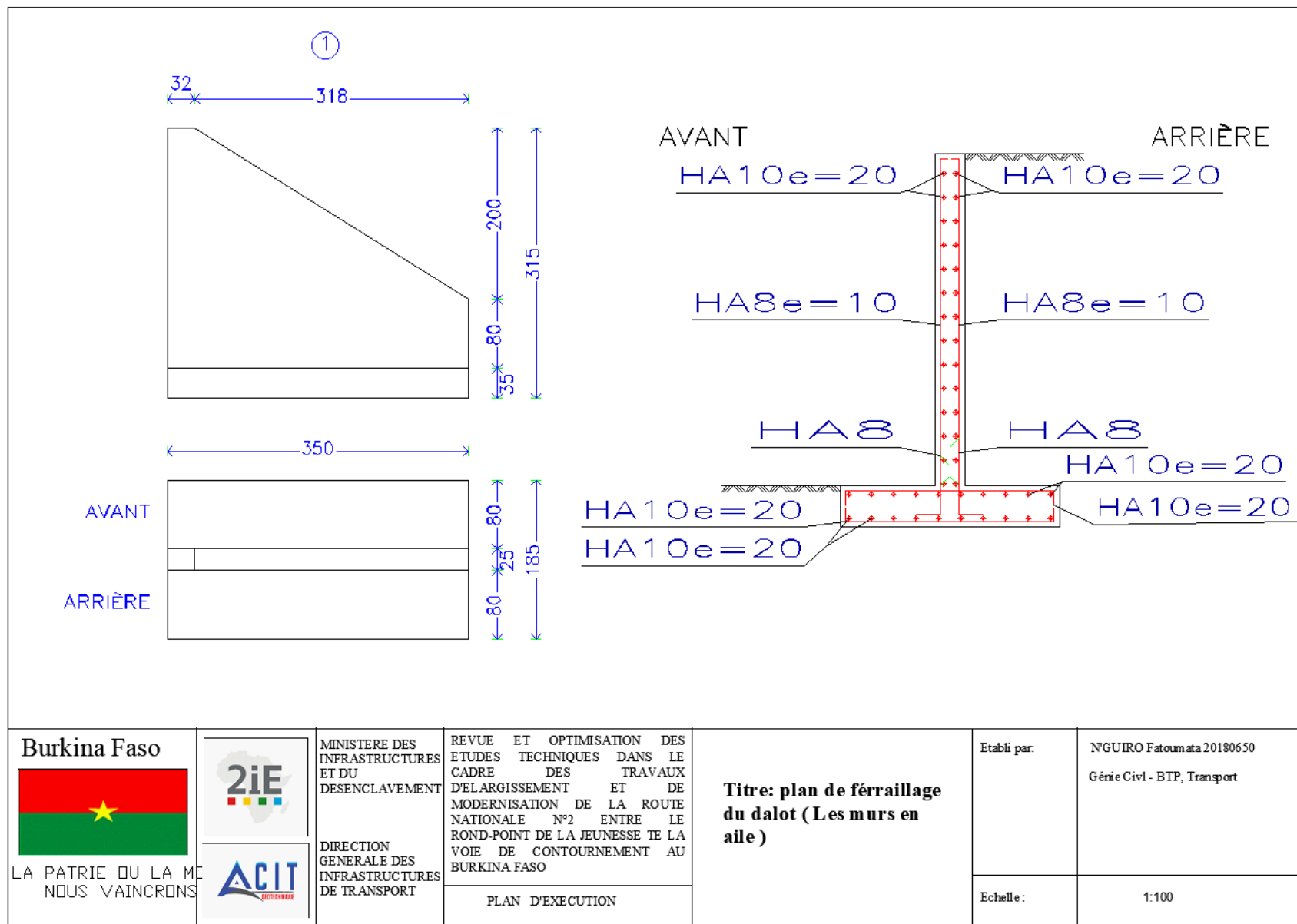
7.

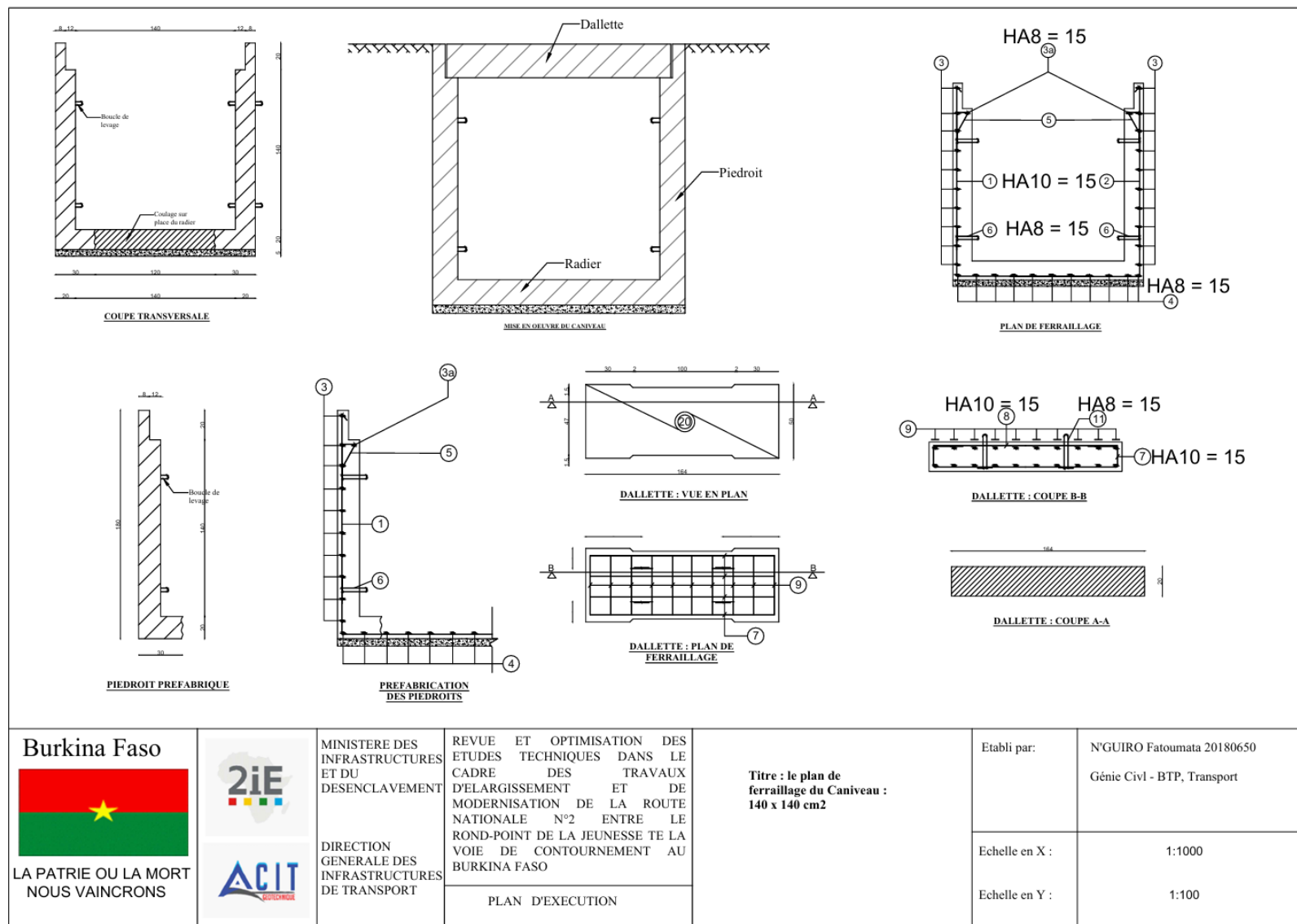






Burkina Faso  LA PATRIE OU LA MORT NOUS VAINCRONS	 	MINISTRE DES INFRASTRUCTURES ET DU DESENCLAVEMENT DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT	REVUE ET OPTIMISATION DES ETUDES TECHNIQUES DANS LE CADRE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT ET DE MODERNISATION DE LA ROUTE NATIONALE N°2 ENTRE LE ROND-POINT DE LA JEUNESSE TE LA VOIE DE CONTOURNEMENT AU BURKINA FASO PLAN D'EXECUTION	Titre: plan de ferrailage du dalot (Corps du dalot)	Etabli par : Echelle :	N'GUIRO Fatoumata 20180650 Génie Civil - BTP, Transport 1:100
---	--	---	---	---	--------------------------------------	--





➤ Modélisation 3D du projet

