

**ÉTUDES TECHNIQUES DETAILLÉE D'UN PROJET DE VOIRIE
URBAINE : CAS DU BOULEVARD DES TANSOBA À
OUAGADOUGOU AU BURKINA FASO (ENVIRON 10,7 Km) du
Pk0+00 au Pk10+700**

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

Présenté et soutenu publiquement le 20/01/26 par
SEBOGO Wendmagnèda Ahmed Roland (20200348)

Directeur de mémoire : : Dr (MA) GOMIS/MBENGUE Marie Thérèse Marame, Enseignant-chercheur au département génie-civil a l'Institut 2iE

Maître de stage : Mme BAMBARA/KINDA B. Judith Dominique, Ingénieur en Génie civil,
AGEIM-IC

Structure d'accueil du stage : AGEIM-IC

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr **Decroly DJOUBISSIE DENOUWE**

Membres et correcteurs : M.Oussénie MONE

M.Komi Jeannot N'TSOUKPOE

[2025/2026]

Dédicace

A mon père SEBOGO N. Lamine pilier de mon éducation pour son soutien constant, ses conseils et le sens de l'effort qu'il m'a inculqué.

A mère OUEDRAOGO Binta pour ses encouragements, ses conseils et son amour inconditionnel à mon égard.

Remerciements

Ce travail est le fruit d'un parcours marqué par l'engagement, le soutien, la disponibilité, les conseils mais aussi par l'accompagnement de certaines personnes. Il me tient donc à cœur d'exprimer mes sincères remerciements à ces personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Je ne pourrais donc entamer mes propos sans remercier au préalable :

- L'administration et le corps professoral 2iE pour leur accompagnement à travers les initiatives menées tout au long de mon cursus.
- Dr Marie Thérèse GOMIS notre encadrant 2iE, pour son accompagnement, ses conseils et sa disponibilité ainsi que la qualité de son encadrement tout au long de ce travail.
- Le Directeur General de la structure d'accueil Monsieur Tiraogo Hervé OUEDRAOGO pour nous avoir accueilli au sein de sa structure.
- Mme BAMBARA / KINDA B. Judith Dominique mon responsable de stage pour sa disponibilité, ses orientations et son sens professionnel qui ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail.
- Mr BAGBILA Boris pour ses conseils et son accompagnement tout le long de mon stage.
- L'ensemble de l'administration de la structure d'accueil AGEIM-IC et en particulier l'ensemble des ingénieurs pour leur accueil, leur disponibilité et leurs conseils.
- L'ensemble de mes camarades de classe et mes collègues stagiaires pour le soutien multiforme accordé tout au long du déroulement du stage.

Résumé

La réalisation du présent projet s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de la voirie urbaine. Elle a été lancée par le gouvernement burkinabè avec le financement de la BOAD (Banque Ouest Africaine de Développement), dans le but de désengorger la circulation, mais aussi de contribuer au bien-être des populations à travers le développement économique de la zone.

Notre étude intitulée « Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 km) » vise l'amélioration de la mobilité des personnes et des marchandises. Pour la réalisation de l'étude, plusieurs données ont été utilisées, notamment les données topographiques, les données hydrologiques, les données de comptage ainsi que les documents techniques et les normes en vigueur. Ces différentes données et documents mis à notre disposition ont permis de définir le tracé de la route, le dimensionnement de la structure de chaussée et des ouvrages hydrauliques, mais aussi de faire des propositions techniques adaptées aux conditions locales.

Nous retiendrons de cette étude l'aménagement de trois (03) carrefours à sens giratoire, une chaussée 2x2 et une structure de chaussée composée majoritairement de grave latéritique.

L'étude hydrologique nous a permis d'aboutir à la mise en place d'ouvrages hydrauliques constitués de dalots de dimensions 3x300x300 cm², 3x200x300 cm², 3x150x200 cm², 3x100x200 cm² et 1x100x100 cm². Quant aux caniveaux, ils sont de sections variables, de dimensions 110x80 cm², 100x80 cm² et 80x80 cm².

Bien que les solutions techniques répondent aux objectifs de mobilité, il est important de noter qu'un tel projet n'est pas sans conséquences sur l'environnement ; d'où la réalisation d'un aperçu environnemental permettant de mettre en évidence les impacts et les risques, tout en valorisant les impacts positifs du projet. Le coût total du projet s'élève à 26 782 772 480,54 FCFA TTC, avec un coût kilométrique de 2 503 062 848,65 FCFA TTC.

Mots clés

1-Projet de voirie urbaine

2-Structure de chaussée

3-Boulevard des Tansoba

Abstract

The implementation of this project falls within the framework of improving urban roads. It was initiated by the Burkinabe government with financing from the BOAD (West African Development Bank), aiming not only to alleviate traffic congestion but also to contribute to the well-being of the population through the economic development of the area.

Our study, entitled “Detailed Technical Study of an Urban Road Project: Case of Boulevard des Tansoba in Ouagadougou, Burkina Faso (approximately 10.7 km),” aims to improve the mobility of people and goods. For the execution of the study, several data sources were used, including topographical data, hydrological data, traffic counts, as well as technical documents and applicable standards. These various data and documents made available to us enabled the definition of the road alignment, the design of the pavement structure and hydraulic works, and also allowed for technical proposals adapted to local conditions.

From this study, we recommend the development of three (03) roundabouts, a 2x2 lane carriageway, and a pavement structure mainly composed of lateritic gravel.

The hydrological study led to the design of hydraulic structures consisting of culverts with dimensions of 3x300x300 cm², 3x200x300 cm², 3x150x200 cm², 3x100x200 cm², and 1x100x100 cm². As for the gutters, they have variable sections with dimensions of 110x80 cm², 100x80 cm², and 80x80 cm².

Although the technical solutions meet the mobility objectives, it is important to note that such a project is not without environmental consequences; hence, an environmental overview was conducted to highlight the impacts and risks while also emphasizing the positive effects of the project. The total project cost amounts to 26,782,772,480.54 FCFA (all taxes included), with a cost per kilometer of 2,503,062,848.65 FCFA (all taxes included).

Keywords

1-Urban road project

2-Road structure

3-Boulevard des Tansoba

Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciements.....	II
Résumé	III
Abstract.....	IV
Liste des abréviations	VII
Listes des tableaux	VIII
Listes des figures	IX
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET D'ETUDE.	3
I.1 Présentation de la structure AGEIM-IC	3
I.1.1 Objectifs et missions d'AGEIM-IC	3
I.1.2 Domaines d'Interventions et Organigramme de AGEIM-IC	4
I.1.3 Organigramme	5
I.2 Présentation du projet	6
I.2.1 Contexte du projet	6
I.2.2 Description du projet.....	6
I.2.3 Localisation du projet.....	7
I.2.4 Données de bases d'étude	9
I.2.5 Données topographiques et dimensionnement de la structure de chaussée	9
CHAPITRE II : ÉTUDES TECHNIQUES DE LA ROUTE	12
II.1 Conception géométrique de la route.....	12
II.1.1 Choix du type de route	12
II.1.2 Tracé en plan	13
II.1.3 Profil en long	14
II.1.4 Profil en travers.....	15
II.2 Aménagement des carrefours giratoires	19
II.3 Généralités sur le dimensionnement de la structure de chaussée	20
II.3.1 Méthodes de dimensionnement de chaussée	22
II.3.2.1 Méthode empirique du CEBTP.....	22
II.3.2.2 Méthode analytique de dimensionnement selon alizée-lcpc.....	22
II.3.2 Paramètre nécessaire pour le dimensionnement de la structure de chaussée.....	22
II.3.3.1 Paramètre et estimation du trafic lié au projet	23
II.3.3.2 Paramètres liés au sol support.....	25

II.4	Dimensionnement structure de chaussée.....	27
II.4.1	Dimensionnement par la méthode CEBTP	27
II.4.2	Dimensionnement par la méthode analytique	28
II.4.3	Résultats de dimensionnement.....	29
II.5	Étude hydrologique et hydraulique	32
II.5.1	Hydrologie	32
II.5.2	Méthode d'évaluation des débits de crue	33
II.5.2.1	Méthode rationnelle	34
II.5.2.2	Méthode orstom.....	35
II.5.2.3	Méthode cieh	35
II.5.3	Méthode d'évaluation des débits de crue des sous bassins versants	36
II.5.3.1	Méthode caquot.....	37
II.5.4	Résultats de l'évaluations des débits de crue des bassins versants	38
II.5.4.1	Débit par la méthode orstom	39
II.5.4.2	Débit par la méthode cieh	39
II.6	Résultats de l'évaluation des débits des sous bassins versants	40
II.6.1	Débit par la méthode de caquot	40
II.7	Hydraulique.....	43
II.7.1	Choix et hypothèse de calcul des ouvrages transversaux	43
II.7.2	Choix et hypothèse de calcul des ouvrages longitudinaux.	46
II.8	Dimensionnement structurel des ouvrages	47
II.8.1	Hypothèses de dimensionnement.....	47
II.8.2	Résultats du dimensionnement des ouvrages	49
CHAPITRE III : SÉCURITÉ ROUTIERE ET ÉCLAIRAGE PUBLICS		51
III.1	Signalisation routière	51
III.1.1	Signalisations verticales.....	51
III.1.2	Signalisations horizontales	53
III.2	Éclairage public	53
III.2.1	Paramètres d'implantation	53
CHAPITRE IV : PRINCIPAUX IMPACTS POTENTIELS ET RISQUES DU PROJET ET MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES.....		55
CHAPITRE V : ESTIMATION BUDGETAIRE DU PROJET		63
CONCLUSION GENERALE.....		67
BIBLIOGRAPHIE.....		69
ANNEXES		I

Liste des abréviations

ARP : Aménagement des Routes Principales ;

BAEL : Béton Armé aux États Limites ;

BCEOM : Bureau Central d'Étude pour les Équipements d'Outre-Mer ;

BV : Bassin Versant ;

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyen ;

CBR : California Bearing Ratio ;

CEBTP : Centre Expérimental de Recherche et d'Études de Bâtiment et des Travaux Publics ;

CRT : Coefficient de Répartition Transversale ;

ELS : État Limite de Service ;

ELU : État Limite Ultime ;

EPI : Équipement de Protection Individuelle ;

HA : Haute Adhérence ;

HT : Hors Taxe ;

ICTARVU : Instructions sur les Conditions d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines ;

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ;

NE : Nombre d'Essieux Équivalent ;

NPL : Nombre de Poids Lourds ;

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

PK : Point Kilométrique ;

SBV : Sous-Bassin Versant ;

SETRA : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes ;

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel ;

TPC : Terre-Plein Central ;

Listes des tableaux

Tableau 1: Types de voies selon l'ICTAVRU[1]	13
Tableau 2: Les valeurs limites du tracé en plan[1]	13
Tableau 3: Résultats du tracé en plan	14
Tableau 4 : Valeurs limites des paramètres du profil en long[1]	14
Tableau 5 : Résultats du tracé en long	15
Tableau 6: Récapitulatif des dimensions des éléments constitutifs des voies de type U[1].....	17
Tableau 7 : Paramètres d'entrée pour la conception du giratoire[2]	19
Tableau 8 : Paramètres d'entrée pour la conception des ilots[2]	20
Tableau 9 : Calcul du Trafic	24
Tableau 10: Classe de trafics selon le CEBTP[4].....	25
Tableau 11: Classes de portance selon le CEBTP[4].....	25
Tableau 12 : Classes de plateformes selon LCPC[3].....	26
Tableau 13 : Variantes de structures en fonction des matériaux disponible[4]	27
Tableau 14: Variante de structure retenue.....	29
Tableau 16: Résultats de dimensionnement	31
Tableau 17 : Méthodes d'évaluation des débits de crue.....	34
Tableau 18 : Formules	37
Tableau 19 : Résultat du calcul de débit par la méthode rationnel	38
Tableau 20 : Résultat du calcul de débit par la méthode orstom	39
Tableau 21 : Résultat du calcul de débit par la méthode CIEH.....	39
Tableau 22 : Résultats des calculs de débits par la méthode de caquot.....	41
Tableau 23 : Sections de dalots retenues	45
Tableau 24 : Paramètres d'implantation candélabres[13]	54
Tableau 25 : Récapitulatif del' impact environnemental	57
Tableau 26: Coût estimatif global des travaux	64

Listes des figures

Figure 1: Organigramme de AGEIM-Ingénieurs Conseils.....	5
Figure 2: Localisation de la zone d'étude	7
Figure 3:Localisation de la zone de projet	8
Figure 4: Profil en travers type.....	18
Figure 5: Résultat dimensionnement de la structure de chaussée	30
Figure 6 : Délimitation des Bassins Versants	33
Figure 7: Délimitation des sous bassins versants	36
Figure 8: Ferrailage du dalot	49
Figure 9:Ferrailage du caniveau	50
Figure 10: Signalisations routière.....	52
Figure 11 : Diagramme circulaire -coût global	65

INTRODUCTION GENERALE

Le développement, envisagé dans sa globalité, est un processus graduel visant l'amélioration durable du bien-être des populations. Il s'inscrit dans la durée et résulte de transformations progressives. Dans cette perspective, le développement économique constitue le socle de toute dynamique de développement, dans la mesure où il influence de nombreux secteurs tels que l'industrie, le commerce, la production et l'éducation. Son rôle est déterminant, car il favorise la création de richesses et d'emplois, contribue à la réduction du chômage et, par conséquent, à l'amélioration des conditions de vie des populations.

Il convient de souligner que plusieurs facteurs concourent au développement économique, parmi lesquels figure le développement des infrastructures.

C'est dans cette optique que le gouvernement burkinabè a engagé d'importants travaux d'élargissement et de bitumage des principales artères de la ville de Ouagadougou, afin de fluidifier la circulation et d'améliorer le cadre de vie des populations. Parmi les projets réalisés dans la capitale, le bitumage du boulevard des Tansoba se distingue comme l'un des projets majeurs entrepris par l'État, illustrant ainsi sa volonté d'améliorer durablement les conditions de vie des citoyens.

L'objectif général du présent projet est de concevoir et de dimensionner le tronçon du boulevard des Tansoba situé à l'intersection de la RN03 et de l'échangeur du Nord dans la ville de Ouagadougou.

Plus spécifiquement, il faudra donc :

- Concevoir et dimensionner la chaussée ;
- Concevoir et dimensionner les ouvrages hydrauliques ;
- Élaborer une notice d'impact environnementale et sociale ;
- Faire un devis estimatif et quantitatif du projet.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude de fin de cycle, intitulée :
« Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou, au Burkina Faso (environ 10,7 km) ».

Dans le but de clarifier la démarche adoptée pour la réalisation de cette étude, il convient de présenter les différentes étapes du travail, allant de l'analyse des données à l'élaboration du rapport technique. À cet effet, le présent document est structuré en cinq chapitres : le premier chapitre est consacré à la présentation de la structure d'accueil et du projet ; le deuxième chapitre porte sur les études techniques de la route ; le troisième chapitre traite de la sécurité routière et de l'éclairage public ; le quatrième chapitre est dédié à l'analyse des principaux impacts potentiels et risques du projet ainsi qu'aux mesures environnementales et sociales ; enfin, le cinquième chapitre concerne l'estimation budgétaire du projet.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET D'ETUDE.

I.1 Présentation de la structure AGEIM-IC

AGEIM-IC (Agence d'Etude d'Ingénierie et de Maitrise d'œuvre-Ingénieurs Conseils) connu sous le statut juridique de société à responsabilité limitée (SARL) est un bureau d'étude d'ingénieurs conseils crée en janvier 2000 au Burkina Faso dans la ville de Ouagadougou plus précisément à 1200 logements 64 Rue 14.10 villas n°205 et 206. Il intervient à tous les stades d'élaboration de projets.

I.1.1 Objectifs et missions d'AGEIM-IC

Les objectifs et missions du bureau d'études s'inscrivent dans une démarche globale visant à assurer la qualité, la durabilité et la conformité des projets, et se déclinent comme suit :

- Identification et évaluation des projets ;
- Reconnaissance et étude du site ;
- Supervision et contrôle des travaux ;
- Suivi et maintenance des ouvrages après exécution ;
- Réalisation d'études préliminaires ;
- Conduite d'études techniques ;
- Production des dossiers de consultation des entreprises ;
- Gestion intégrée des ressources naturelles ;
- Organisation de séminaires ;
- Réalisation d'études d'impact environnemental et social ;
- Préparation des dossiers de consultation des entreprises.

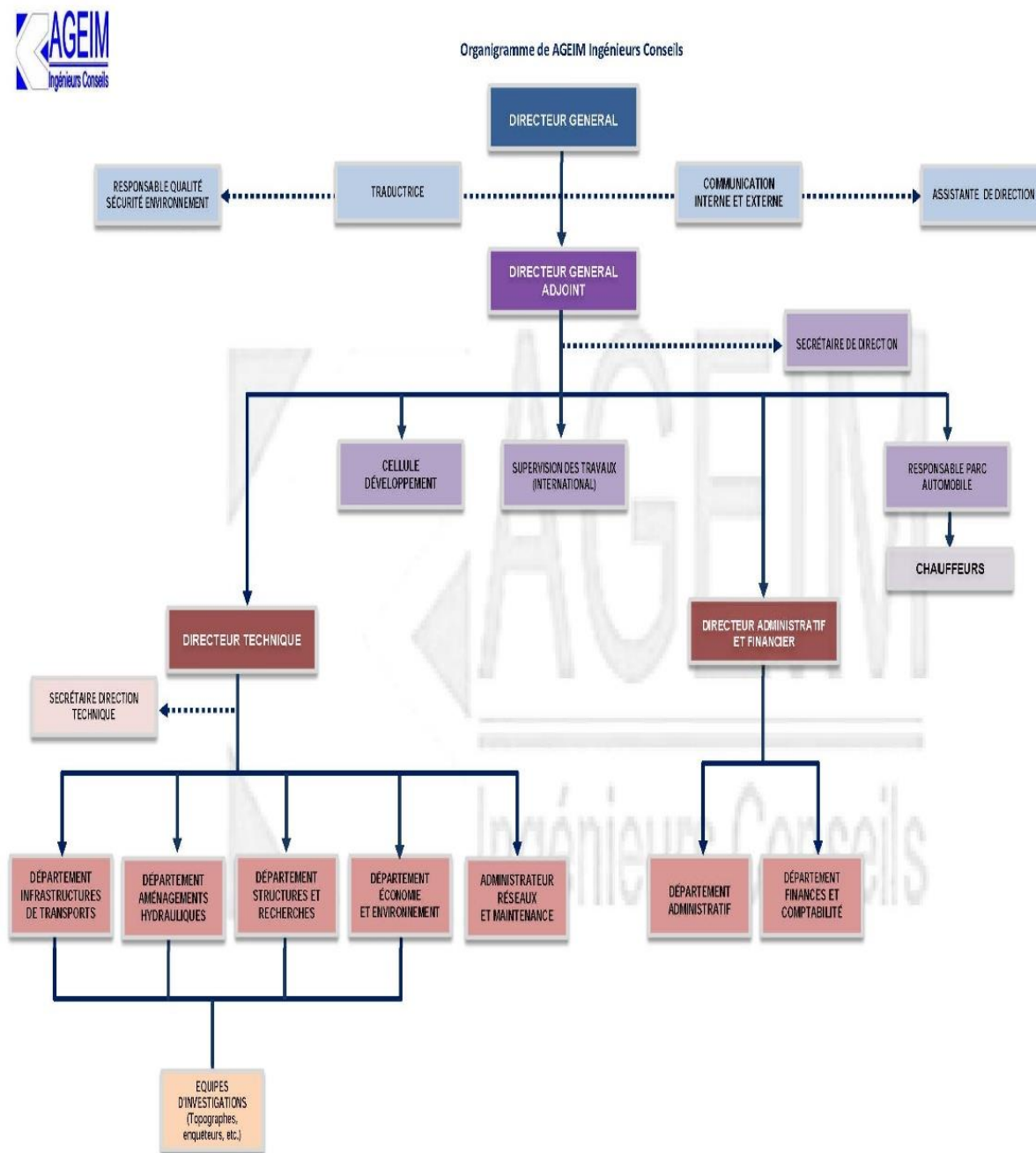
I.1.2 Domaines d'Interventions et Organigramme de AGEIM-IC

Dans le cadre de ses activités, le bureau d'études exerce ses interventions dans les domaines ci-après :

- Infrastructures de transports :
 - ❖ Routes
 - ❖ Autoroutes
 - ❖ Voirie
 - ❖ Pistes rurales
 - ❖ Réseaux divers
- Aménagements hydrauliques et environnementaux :
 - ❖ Aménagements hydroagricoles.
 - ❖ Gestion des ressources en eau.
 - ❖ Protection de l'environnement
- Bâtiments et ouvrages d'art :
 - ❖ Construction de bâtiments
 - ❖ Ouvrages d'art
 - ❖ Structures métalliques ou en bois
 - ❖ Réhabilitation de bâtiments

I.1.3 Organigramme

La figure1 présente l'organigramme de la structure d'accueil AGEIM-IC.



La Compétence au Service du Développement

Figure 1: Organigramme de AGEIM-Ingénieurs Conseils

I.2 Présentation du projet

I.2.1 Contexte du projet

Dans le cadre du renforcement de la voirie urbaine et du développement économique, le gouvernement burkinabé a entrepris, en collaboration avec la Banque Ouest-Africaine de Développement, les travaux de construction et de bitumage du boulevard des Tansoba, situé à l'intersection entre la RN03 et l'échangeur du Nord. La réalisation de ce projet devrait permettre la décongestion de la circulation, mais aussi fluidifier le déplacement des populations.

I.2.2 Description du projet

Le projet de construction et de bitumage de la rocade nord, également appelé boulevard des Tansoba, s'inscrit dans une politique de développement et d'amélioration de la voirie urbaine. La mise en place de cette infrastructure routière vise à fluidifier la mobilité urbaine, désengorger le centre-ville et permettre un ralliement rapide entre les différentes zones.

Le projet est situé au Burkina Faso, dans la province du Kadiogo précisément dans la ville de Ouagadougou. Les différentes tâches sont regroupées en un lot et consistent principalement en la construction et l'aménagement d'une route de 10,7 km de linéaire, constituée d'une chaussée 2×2 voies en revêtement bitumineux, séparée par un terre-plein central, des accotements latéraux, des pistes cyclables, des trottoirs pour piétons et un réseau de drainage destiné à évacuer les eaux de pluie.

Le projet intègre également l'éclairage public, l'aménagement paysager et la sécurisation des carrefours. Ce projet est financé par le gouvernement burkinabé et la Banque Ouest-Africaine de Développement (BOAD), avec la contribution de bureaux d'études et d'exécution qualifiés dans le domaine.

La mise en place de cette infrastructure répond aux préoccupations majeures liées à la mobilité urbaine. Cependant, elle comporte des enjeux sociaux et environnementaux liés aux expropriations, à la gestion des déchets et aux nuisances sonores engendrées par les engins.

I.2.3 Localisation du projet.

Le projet de construction et de bitumage de la rocade nord est situé dans le nord de la ville de Ouagadougou, dans le Kadiogo, au Burkina Faso. Il se trouve à l'intersection entre la route n°3 en direction de Kaya et l'échangeur du Nord. Il permet le ralliement de différents axes importants du projet. La figure 2 présente la zone d'étude.

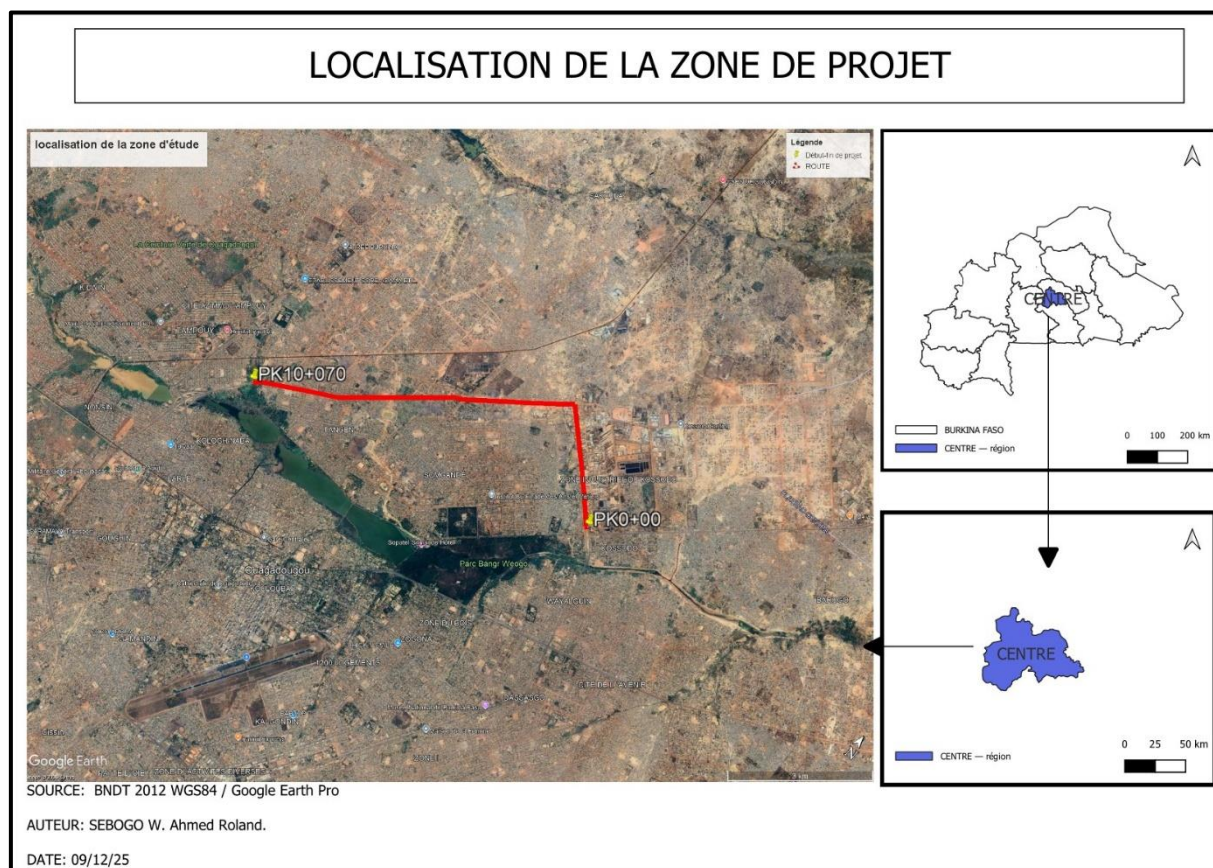


Figure 2: Localisation de la zone d'étude



Figure 3: Localisation de la zone de projet

I.2.4 Données de bases d'étude

Dans le cadre de notre étude, l'entreprise a mis à notre disposition un ensemble de données nécessaires pour le bon déroulement des travaux, avec pour objectif l'atteinte de résultats fiables et concluants. Les différentes données qui ont été mises à notre disposition sont, entre autres : les termes de référence du projet, les données topographiques et les données hydrologiques.

Les termes de référence comportaient essentiellement les caractéristiques techniques, notamment la vitesse de référence, les différents éléments constitutifs de la structure de chaussée et le type de matériaux recommandé pour les travaux.

I.2.5 Données topographiques et dimensionnement de la structure de chaussée

Les données topographiques mises à notre disposition sont essentiellement celles contenues dans le fond topographique. Elles nous permettent d'avoir une idée sur la localisation des éléments existants (infrastructures, réseaux et équipements), la forme et la configuration du terrain (les zones hautes et les zones basses), ainsi que l'emprise de notre projet.

Pour ce qui concerne la structure de la chaussée, il a été mis à notre disposition les données de comptages et les données géotechniques. Ces deux paramètres constituent des données techniques indispensables pour le dimensionnement de la chaussée.

Données hydrologiques.

Pour la réalisation d'une étude hydrologique et hydraulique, plusieurs types de données sont indispensables. De ce fait, nous avons eu à notre disposition :

- ✓ Les données pluviométriques renseignant sur la pluviométrie moyenne annuelle.
- ✓ Les données géophysiques qui renseignent sur la nature et les propriétés physiques du sol.
-  Caractéristiques physiques et mécaniques de la zone de projet.
- Caractéristiques physiques

La région du Centre a un relief pratiquement plat, avec quelques plateaux. Les sols rencontrés sont majoritairement latéritiques, parfois sableux ou argileux.

➤ Caractéristiques climatiques

Le Burkina Faso, dans son ensemble, possède un climat tropical, caractérisé principalement par deux grandes saisons : une saison sèche et une saison pluvieuse. La saison sèche dure huit (8) mois et s'étend d'octobre à mai. Elle se caractérise par des vents secs et poussiéreux, ainsi que par des températures pouvant atteindre 40 °C en mars-avril. La saison pluvieuse, quant à elle,

de juin à septembre, dure entre trois (3) et quatre (4) mois, à partir de juin. Elle se caractérise par de fortes précipitations, avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 700 et 800 mm.

Matériels utilisés

Cette partie consiste à présenter les différents outils qui nous ont permis d'analyser nos données et également de rédiger le présent document. Ces outils sont, entre autres :

Pack Office : les applications contenues dans ce pack nous ont été d'une grande utilité, dans la mesure où elles nous ont permis le traitement des données mises à notre disposition et la rédaction du mémoire.

Global Mapper : Global Mapper est un logiciel SIG polyvalent qui permet de visualiser et d'analyser les données spatiales. Dans le cadre de notre projet, il nous a permis de délimiter nos bassins versants et sous bassins versants.

ALIZE LCPC : Développé par le laboratoire des ponts et chaussées en France, elle est utilisée pour le dimensionnement structurel de la chaussée. Elle nous a permis de calculer les contraintes et déformations dans les différentes couches d'une chaussée.

AutoCAD : développé par graphisoft, c'est un logiciel de conception assistée par ordinateur. Il est largement utilisé dans le domaine de l'ingénierie et de l'architecture. Dans le cadre de notre étude, il nous a permis de réaliser nos différents dessins techniques et le tracé de l'axe du projet.

Piste 5 : le logiciel est utilisé dans le domaine du génie civil et particulièrement dans le domaine des routes. Il nous a permis la réalisation de nos différents profils (profils en long, profils en travers.).

CYPECAD : largement utilisé dans le domaine du génie civil, il permet le calcul des structures en béton armé et acier. Dans notre contexte, il nous a aidés dans le dimensionnement de nos dalots.

ZOTERO : logiciel de gestion bibliographique et documentaire, il nous a permis de collecter, organiser et de gérer nos références bibliographiques.

GoogleEarth : Ce logiciel géospatial permet une reconnaissance de la zone de projet en 3D.

HyfranPlus : Ce logiciel permet la modélisation des écoulements. C'est un logiciel spécialisé dans le dimensionnement et l'analyse des ouvrages hydrauliques. Dans le cadre de notre étude, il nous a servis a permis d'étudier le comportement hydrologique de la zone de projet.

CHAPITRE II : ÉTUDES TECHNIQUES DE LA ROUTE

L'étude technique de la route constitue une étape essentielle dans la conception et la réalisation d'un projet routier. De ce fait, il sera question dans ce chapitre de réaliser les différentes études techniques relatives à notre projet routier. Il inclut la conception géométrique de la chaussée, le dimensionnement de la chaussée, l'étude hydraulique et hydrologique, ainsi que le dimensionnement structurel des ouvrages principaux et annexes.

II.1 Conception géométrique de la route

La conception routière regroupe l'ensemble des études et des choix permettant de définir la configuration d'une route. Elle se caractérise principalement par sa géométrie, qui comprend le choix du type de route, le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers, la largeur des voies, les pentes et les rayons de courbure. Dans le cadre de notre étude, les différents éléments de la géométrie routière seront passés en revue afin d'assurer une conception cohérente et fonctionnelle de la route. Pour répondre aux normes et aux exigences de conception en zone urbaine, nous nous appuierons sur le document intitulé *Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTARVU)*, qui fournit les références techniques nécessaires à la planification et à l'aménagement des infrastructures.

II.1.1 Choix du type de route

Le choix du type de route en zone urbaine est influencé par plusieurs facteurs, principalement économiques et techniques. Dans notre contexte, nous avons eu à faire le choix entre deux guides de conception géométrique, à savoir l'ARP (Aménagement des Routes Principales) et l'ICTARVU (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines). Notre projet se situant en zone urbaine, l'ICTARVU est spécifiquement conçu pour les voies rapides en milieu urbain, contrairement à l'ARP, qui s'adresse principalement aux routes principales en milieu interurbain ou périurbain. Cependant, l'ICTARVU est donc le guide le mieux adapté pour ce choix.

On distingue principalement deux types de voies rapides urbaines :

- **Les voies de type A** : voies à caractéristiques autoroutières ;
- **Les voies de type U** : voies à caractéristiques non autoroutières.

En prenant pour référence le document ICTARVU, nous opterons pour une route de catégorie U60, avec une vitesse de référence $V_r = 60$ km/h [2].

Le tableau 1 présente les différentes catégories de voies données par l'ICTARVU.

Tableau 1: Types de voies selon l'ICTARVU[1]

Types de Voies	U		A	
Catégories de voies	U60	U80	A80	A100
Vitesses de Références (Km/h)	60	80	80	100

II.1.2 Tracé en plan

Le tracé en plan est la représentation horizontale de la route sur le terrain. Autrement dit, il représente la forme et la position de la route sans tenir compte du relief. Il se constitue essentiellement de :

- Alignements droits ;
- Points de raccordement circulaire.

Le tableau 2 présente les valeurs des rayons à observer pour un tracé en plan dans le contexte d'une voie de type U.

Tableau 2: Les valeurs limites du tracé en plan[1]

Catégorie	U60
Rayon non déversée	200
Rayon minimal	120

Les résultats obtenus à l'issue du tracé en plan sont représentés en Annexe 1. Cependant, le tableau 3 présente les résultats issus du tracé en plan.

Tableau 3: Résultats du tracé en plan

résultats du tracé en plan					
Alignement droit			Raccordement circulaire		
Nombres	Longueurs (m)	Pourcentages (%)	Nombres	Longueurs (m)	Pourcentages (%)
11	9592.813	94.94	8	504,637	5.36

II.1.3 Profil en long

Le profil en long est la représentation verticale de la route. Contrairement au tracé en plan, le profil en long tient compte du relief du terrain.: Il comprend principalement :

- Les pentes ;
- Les paraboles.

Le tableau 4 présente les valeurs limites des paramètres pour la réalisation du profil en long.

Tableau 4 : Valeurs limites des paramètres du profil en long[1]

Catégorie	U60
Déclivité Moyenne	6%
Rayon normal angle saillant	2500 m
Rayon minimal angle saillant	1500 m
Rayon normal angle entrant	1500 m
Rayon minimal angle entrant	800 m

Les résultats obtenus à l'issue du tracé en long sont représentés en Annexe 1. Cependant, le tableau 5 présente les informations issues du tracé du profil en long.

Tableau 5 : Résultats du tracé en long

résultats du tracé en long					
PENTES			Parabole		
Nombres	Longueurs(m)	Pourcentages (%)	Nombres	Longueurs (m)	Pourcentages (%)
32	9760.091	91.21	28	939.909	8.79

II.1.4 Profil en travers

Le profil en travers est une coupe transversale perpendiculaire à l'axe de la chaussée. Il permet de visualiser la géométrie du projet ainsi que les pentes et dévers qui y sont appliqués. Cependant, la conception proposée par le manuel ICTARVU (Instruction sur les Conditions Techniques des Voies Rapides Urbaines) varie en fonction du type de voie et de la catégorie de la route. Le profil en travers de notre projet comprend les éléments suivants :

- Une chaussée à 2×2 voies, avec une largeur de 3,5 m par voie, destinée à la circulation des usagers. Cette configuration permet d'assurer un flux de trafic suffisant et sécurisé dans les deux sens.
- Un terre-plein central constitué de bordures T2 de part et d'autre, avec une largeur totale de 2 m. Il sert à séparer les sens de circulation et à réduire les risques de collisions frontales.
- Une piste cyclable de part et d'autre de la chaussée, d'une largeur de 3 m, permettant de sécuriser les déplacements des cyclistes et de favoriser les modes de transport doux.
- Des caniveaux implantés de part et d'autre de la chaussée pour assurer le drainage des eaux de pluie, dont les dimensions sont variables en fonction des besoins. Ils protègent la chaussée contre l'érosion et préviennent les risques d'inondation.
- Un passage piéton de chaque côté de la chaussée, d'une largeur de 2 m, garantissant des traversées sûres et confortables pour les piétons.
- Une bordure séparatrice entre la chaussée et la piste cyclable, d'une largeur de 0,3 m, qui délimite physiquement les espaces et renforce la sécurité des usagers vulnérables.

- L'assiette, qui représente la largeur effectivement occupée par la voie et ses dépendances immédiates, permettant de définir l'espace fonctionnel nécessaire à la circulation.
- L'emprise, qui correspond à la largeur totale du terrain dédiée à la route et à l'ensemble de ses éléments constitutifs, permettant de planifier correctement l'implantation et les aménagements périphériques.

Le tableau 6 est un récapitulatif des dimensions des éléments constitutifs des voies de type U

Tableau 6: Récapitulatif des dimensions des éléments constitutifs des voies de type U[1]

Élément	Dimension normal (m)		Dimension minimal (m)	
	Valeurs	Observations	Valeurs	Observation
ACCOTEMENT				
Bande d'arrêt	2,5	Réservée à certains voies U80	2,25	-
Bande dérasée de droite	0,5	En présence de marquage latéral chaussée	0	Avec des bordures franchissables et en l'absence de marquage latéral, la BDD peut être supprimée
Trottoir ou Terre-Plein latéral	-	Dépend des fonctions à assurer	0,75	En l'absence de tout dispositif de retenue et donc d'obstacle
Piste Cyclable	3	Bidirectionnelle		-
	2	Unidirectionnelle		-
CHAUSSÉE				
Largeur de voie	3.5	Peut être ramenée à 3,00 m notamment pour les voies U60	3,00	-
TERRE PLEIN CENTRAL				
Bande médiane	-	Dépend des équipements prévus ou des fonctions à assurer	0,6	-
Bande dérasée de gauche	0.5	En présence de marquage latéral de chaussée	0	Avec des bordures non franchissables et en absence de marquage latéral, la BDG peut être supprimée

les différents éléments du profil en travers type sont représentés dans la figure 3 :

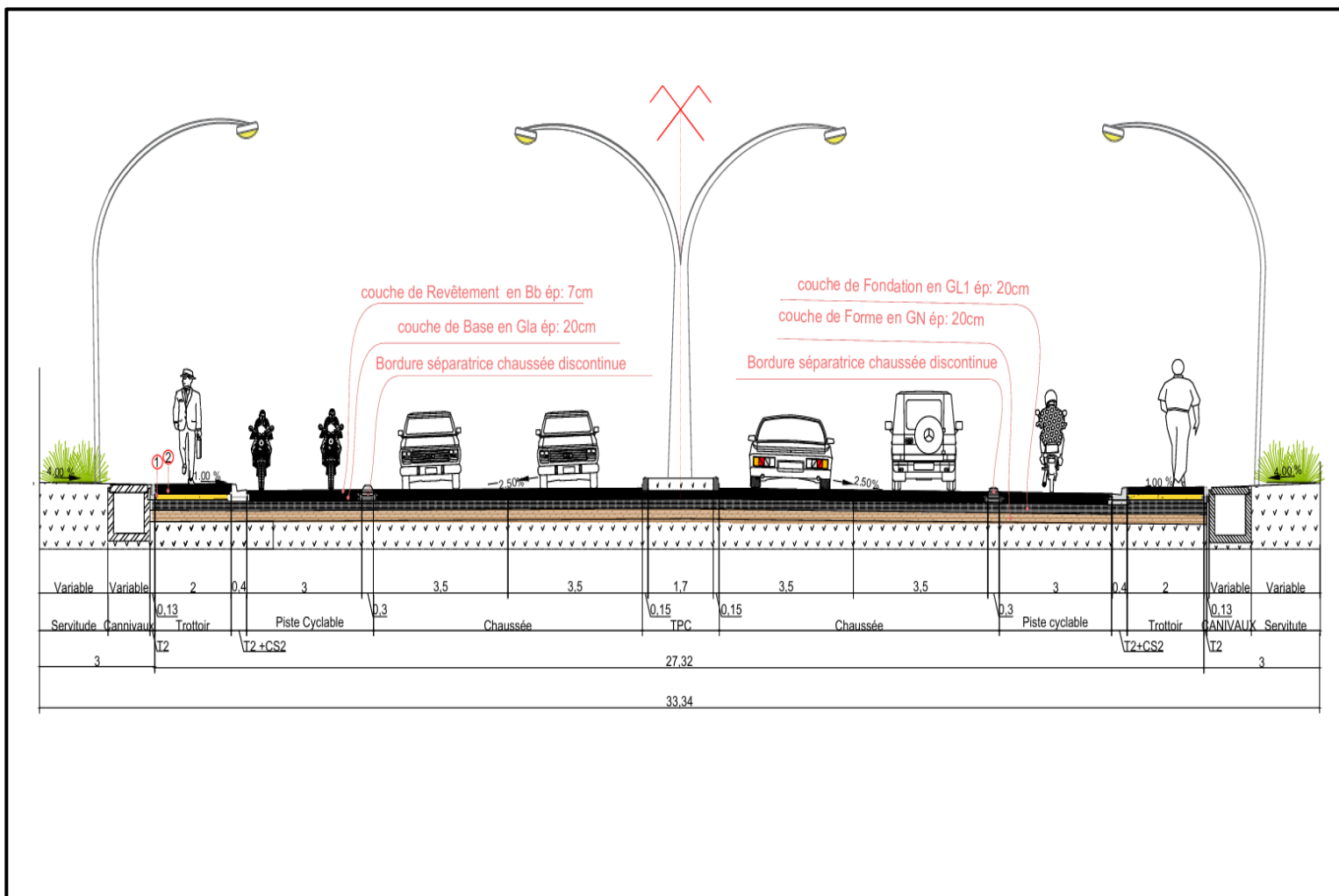


Figure 4: Profil en travers type

II.2 Aménagement des carrefours giratoires

Le choix du type de carrefour repose essentiellement sur les objectifs et les fonctionnalités attendus. Pour notre projet, le choix a été porté sur des carrefours de type giratoire, au regard du trafic, de l'espace disponible, mais aussi de la sécurité recherchée pour les usagers. La mise en place de ces giratoires requiert le respect des normes établies par le Guide des Carrefours Urbains.

[2]. Les tableaux 7 et 8 présentent respectivement l'ensemble des paramètres de conception du giratoire et des différents ilots.

Tableau 7 : Paramètres d'entrée pour la conception du giratoire[2]

Désignations		Paramétrage	Valeurs retenues
Rayon du Giratoire	Rex	$12\text{m} \leq R_g \leq 25\text{ m}$	25
Rayon Intérieur	Ri	-	18
Largeur de l'Anneau	La	$6\text{ m} < La < 9\text{ m}$	7
Surlargeur franchissable	Bf	$B_f = 1,5\text{m si } R_{ex} \leq 15\text{m}$ $0 \leq B_f \leq 2\text{ si } R_{ex} \geq 15\text{m}$	-
Largeur de la voie entrante	Le	$R_{ex} \leq La \leq B_f$	3.5
Largeur voie de sortie	Ls	$3\text{ m} \leq Le \leq 4\text{ m}$	4.5
Rayon voie entrante	Re	$8\text{m} \leq Re \leq 15\text{m et } \leq R_{ex}$	12
Rayon voie de sortie	Rs	$\& Rs \geq 15\text{m et } > Ri$	20

Tableau 8 : Paramètres d'entrée pour la conception des ilots[2]

	Notations	Paramétrage	Valeurs Retenue
Rayon du Giratoire	R_g	-	25
Hauteur du triangle de construction	H	$H = R_g$	25
Base du triangle de construction	B	$B = R_g/4$	6,25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0,5 + R_g/50) / 2$ ou 0	0,5
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = R_g/50$	0,5

II.3 Généralités sur le dimensionnement de la structure de chaussée

Le dimensionnement de la structure de chaussée est une étape importante pour la conception routière. Il constitue l'un des facteurs déterminants de la durabilité de l'ouvrage. En effet, une structure de chaussée bien dimensionnée, utilisant des matériaux adéquats, confère à la chaussée des caractéristiques physiques et mécaniques lui permettant de résister aux sollicitations du trafic et aux aléas climatiques.

Pour le dimensionnement de la chaussée, plusieurs contraintes sont à prendre en compte :

- contraintes liées au trafic ;
- contraintes climatiques et environnementales ;
- contraintes liées aux matériaux de construction ;
- contraintes économiques ;
- contraintes de durabilité.

Les méthodes couramment utilisées sont la méthode empirique du CEBTP et la méthode analytique d'Alizé-LCPC. Toutefois, il n'existe pas de méthode universelle applicable rigoureusement à tous les pays, du fait des différences climatiques. Chaque pays tente donc d'adapter certains paramètres de calcul en fonction de ses réalités climatiques.

Dans le cadre de notre étude, notre choix s'est porté sur une structure de chaussée souple, car elle est la mieux adaptée à nos conditions climatiques et présente un coût de mise en œuvre plus abordable par rapport à une structure rigide.

Pour la mise en œuvre des chaussées, il existe plusieurs types de structures répertoriées par le Guide pratique de dimensionnement LCPC [3]. Le choix parmi ces structures se fait par rapport aux attentes du projet, aux contraintes économiques et environnementales.

- **Structure de chaussée souple**

La structure de chaussée souple est l'une des plus utilisées en Afrique de l'Ouest, du fait des conditions climatiques, de la disponibilité des matériaux et du faible coût de sa mise en œuvre. En effet, le climat en Afrique de l'Ouest étant en perpétuelle variation, la structure souple est la mieux adaptée au contexte climatique, permettant une résistance aux déformations du sol.

- **Structure de chaussée rigide**

Une chaussée rigide est une chaussée dont la couche de roulement est faite en béton ou en béton armé. Elle est plus utilisée dans le dimensionnement des chaussées aéronautiques, des zones de stationnement et des aires d'accès. Contrairement à la structure de chaussée souple, sa mise en œuvre s'avère plus coûteuse.

- **Structure de chaussée traitée aux liants hydrauliques ou semi-rigide**

Une chaussée traitée aux liants hydrauliques est une chaussée dont une ou plusieurs de ses couches sont mises en œuvre avec des liants. Ces liants réagissent avec les matériaux granulaires et l'eau afin de donner une chaussée semi-rigide, améliorant ainsi sa portance.

Dans le cadre de notre étude, notre choix a été porté sur la structure de chaussée souple, car elle est la mieux adaptée à nos conditions climatiques et présente un coût de mise en œuvre abordable par rapport à la structure de chaussée rigide.

II.3.1 Méthodes de dimensionnement de chaussée

II.3.2.1 Méthode empirique du CEBTP

La méthode empirique du CEBTP est conçue essentiellement pour les pays à climat tropical sec. Elle permet d'évaluer le trafic que va recevoir l'ouvrage et de proposer un choix optimal des matériaux en fonction de leur disponibilité locale.

Afin d'assurer un comportement mécanique stable des matériaux, il est recommandé de réaliser le dimensionnement sur une durée de vie de quinze (15) ans. Pour une chaussée de largeur supérieure à 7 m, le trafic du sens le plus chargé est pris en compte, en considérant un pourcentage de surcharge n'excédant pas 10 %, conformément au guide CEBTP[4].

II.3.2.2 Méthode analytique de dimensionnement selon alizée-lcpc

Cette méthode a été développée par le LCPC afin de mettre en application la méthode française LCPC-SETRA. Elle repose sur la modélisation de la structure comme un milieu élastique multicouche et sur la détermination des contraintes et des déformations. Comme la méthode CEBTP, la méthode Alizé-LCPC tient compte de la nature des matériaux et des conditions de leur mise en œuvre.

II.3.2 Paramètre nécessaire pour le dimensionnement de la structure de chaussée

Le dimensionnement d'une chaussée neuve nécessite la prise en compte de plusieurs paramètres, notamment géotechniques, mécaniques et structuraux, qui doivent permettre à l'ouvrage d'assurer son rôle fonctionnel tout au long de sa durée de vie. Il convient également de noter que les deux méthodes permettent d'atteindre l'objectif général, qui est de concevoir une structure de chaussée fonctionnelle. Cependant, le choix entre ces deux méthodes se fait en fonction des données disponibles. Même si ces deux méthodes utilisent les mêmes données d'entrée, la méthode analytique est plus précise et mieux adaptée aux routes à fort trafic.

II.3.3.1 Paramètre et estimation du trafic lié au projet

Les paramètres liés au trafic constituent un élément fondamental pour le dimensionnement de la structure de chaussée. En effet, ils traduisent les sollicitations mécaniques appliquées à la chaussée. Ces paramètres influencent directement le choix du type de structure, des matériaux et des épaisseurs de la chaussée. Ces paramètres sont, entre autres :

- Le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) : il exprime le volume de trafic permettant d'apprécier l'intensité de la circulation sur l'axe étudié. Dans notre contexte, la valeur du TMJA prend en compte le trafic dévié et le trafic induit.
- Le taux d'accroissement géométrique : il représente le pourcentage moyen annuel d'augmentation du trafic et permet de prévoir son évolution.
- La période de vie : elle correspond à la période pendant laquelle la route doit supporter le trafic pour lequel elle a été dimensionnée. Dans notre contexte, cette période est fixée à quinze (15) ans, conformément aux recommandations du guide CEBTP.

Le trafic que va recevoir notre ouvrage sera déterminé à l'aide de formules à croissance exponentielle afin d'avoir une idée de son évolution au fil des années. La classe de trafic est déterminée par le nombre d'essieux de référence (NE). Le tableau 9 présente les calculs du trafic.

Tableau 9 : Calcul du Trafic

Paramètres d'entrés	Données	
Trafic Moyen Journalier Annuel	1029	
Année de comptage	2018	
Année de mise en service	2021	
Coefficient d'Agressivité Moyen	0.9	
Coefficient de Répartition Transversal	0.75	
Taux d'accroissement Géométrique	4%	
Durée de vie	15 ans	
DETERMINATION DE LA CLASSE DE TRAFFIC		
TMJA (2021)	$TMJA=TMJA_0 (2018) \times (1+i)^{(n-no)}$ [5]	1157.v/j
Traffic cumulé pendant la durée de vie	$TMJA=NE=365 \times t \times ((1+i)^n-1) / i$ [5]	6342045 PL
Calcul du nombre d'Essieu de référence	$NE = NPL \times CAM$ [5]	5707841 PL

NE : nombre d'Essieu de référence.

TMJA (2021) : Traffic Moyen journalier Annuel à l'année de mise en service.

TMJA₀ : Traffic Moyen journalier Annuel à l'année de comptage.

i : Taux d'accroissement annuel du trafic

n : Année de l'horizon du projet (15ans)

n₀ : Année de comptage ou de référence (2018)

En se basant sur le résultat de calcul du nombre d'Essieu de référence issue du tableau 7 et en nous référant au tableau de classification produite par le CEBTP nous pouvons dire que notre trafic est de classe T_4 car $5707841PL \in [4.10^6 - 10^7]$.

Le tableau 10 présente les classes de trafic selon le CEBTP.

Tableau 10: Classe de trafics selon le CEBTP[4]

$< 3.10^5$
$5.10^5 < T_2 < 1,5.10^6$
$1,5.10^6 < T_3 < 4.10^6$
$4.10^6 < T_4 < 10^7$
$10^7 < T_5 < 2.10^7$

II.3.3.2 Paramètres liés au sol support

La détermination de la portance du sol support est essentiel pour la mise en œuvre de notre ouvrage. Le tableau 11 présente les classes de portance selon le CEBTP

Tableau 11: Classes de portance selon le CEBTP[4]

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

Le cahier des charges (TDR) de ce projet exigeait une plateforme de chaussée de classe S4, ce qui correspond à un sol dont le CBR est compris entre 15 et 30. Pour le dimensionnement de la structure de chaussée, nous avons donc retenu un CBR de 25, valeur médiane représentative de la classe S4.

La classification selon le guide LCPC se fait par la détermination du module de Young, qui est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$E \text{ [MPa]} = 5 \times \text{CBR}$$

En substituant la valeur retenue de CBR, on obtient :

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

Ainsi, la portance de la plateforme correspond à une classe S4, conformément au tableau 12 du guide LCPC, qui fournit les références nécessaires pour la conception des chaussées. Cette approche garantit que la structure de la route sera adaptée à la portance du sol existant et conforme aux exigences techniques du TDR.

Tableau 12 : Classes de plateformes selon LCPC[3]

Module (MPa)	20	50	120	200
Classe de plateforme	PF1	PF2	PF3	PF4

La classe de plateforme PF3 indique la capacité portante du sol sur lequel sera construite la chaussée. Cette donnée est indispensable pour modéliser la structure dans ALIZE LCPC, car elle permet de calculer correctement les contraintes, les déformations et de dimensionner les couches de la route pour assurer sa durabilité.

II.4 Dimensionnement structure de chaussée

II.4.1 Dimensionnement par la méthode CEBTP

Le dimensionnement par la méthode CEBTP consiste principalement à la détermination des couches des différentes composantes de la structure de chaussée, en se basant sur les résultats obtenus à l'issue des données de comptage et sur la disponibilité des matériaux. Suite à la détermination de la classe de trafic et de la catégorie de sol de plateforme, nous sommes parvenus, à travers le guide CEBTP, à proposer un ensemble de variantes de structures basées essentiellement sur la disponibilité des matériaux locaux.

Le tableau 13 présente les variantes choisis en fonction des disponibilités des matériaux locaux.

Tableau 13 : Variantes de structures en fonction des matériaux disponible[4]

VARIANTES	Couches	Désignations	Epaisseur (cm)
V1	Revêtement	Béton Bitumineux	7
	Base	Grave Latéritique amélioré au ciment	20
	Fondation	Grave Latéritique (GL2)	20
V2	Revêtement	Béton Bitumineux	7
	Base	grave naturel amélioré au ciment	20
	Fondation	graveleux latéritique naturel	20
V3	Revêtement	Béton bitumineux	7
	Base	Gr 25 cm de concassé o/d	25
	Fondation	graveleux latéritique naturel	20

II.4.2 Dimensionnement par la méthode analytique

À l'issue des trois variantes proposées par le tableau 13, notre choix s'est porté sur la variante 1, en raison de la pédologie de la zone, composée majoritairement de sols latéritiques. Largement disponible localement, ce matériau présente de bonnes caractéristiques après mise en œuvre, ce qui en fait un matériau particulièrement adapté à la réalisation des couches de chaussée dans le contexte de notre projet. Toutefois, compte tenu de la variabilité des caractéristiques géotechniques de la latérite naturelle et afin d'assurer une plateforme homogène et suffisamment portante, l'ajout d'une couche de forme s'avère nécessaire. En effet, lors de la modélisation sur ALIZE LCPC, il est apparu que sans cette couche, la structure ne passait pas les vérifications, les contraintes étaient trop élevées et la chaussée risquait des déformations prématurées. L'intégration de la couche de forme permet de répartir plus efficacement les charges de trafic sur la plateforme PF3, de réduire les contraintes dans les couches inférieures et d'obtenir une structure stable et conforme aux exigences de durabilité.

Bien que le guide du CEBTP fournisse des indications sur la portance minimale des sols et le dimensionnement des couches de chaussée, il ne présente pas de valeurs tabulées explicites pour le coefficient de Poisson des matériaux stabilisés au ciment. Pour la grave latéritique améliorée au ciment utilisé en couche de base, nous avons donc retenu une valeur de 0,25, conforme aux bonnes pratiques de conception et aux recommandations de la littérature technique spécialisée. En effet, les matériaux cimentés présentent un comportement rigide et peu déformable latéralement, et les coefficients de Poisson typiques pour ce type de matériau varient généralement entre 0,20 et 0,30. Cette valeur permet de modéliser de manière réaliste la répartition des contraintes et des déformations dans la couche de base lors de l'utilisation d'ALIZE LCPC et garantit la fiabilité du dimensionnement.

Le dimensionnement par la méthode analytique consiste essentiellement en la vérification de la structure de chaussée proposée par la méthode CEBTP. Cette vérification analyse, couche par couche, les contraintes générées par le trafic afin de s'assurer que les épaisseurs des matériaux choisis garantissent la sécurité et la durabilité de l'ouvrage.

Le tableau 14 présente le choix de notre variable basé sur la disponibilité des matériaux locaux.

Tableau 14: Variante de structure retenue

VARIANTE	Couches	Désignations	Epaisseur (cm)	Module (MPa)	COEFFICIENTS DE POISSON
V1	Revêtement	Béton Bitumineux	7	1300	0.35
	Base	Grave Latéritique amélioré au ciment	20	800	0.25
	Fondation	Grave Latéritique (GL2)	20	400	0.35
	Forme	Grave naturelle	15	125	0.35

❖ Hypothèse de dimensionnement.

- La contrainte de déformation verticales des couches doit être inférieure à la contrainte admissible calculé : $\sigma_z < \sigma_{zadm}$ [4].
- La déformation verticale des couches doit être inférieure à la déformation verticale calculer : $\epsilon_z < \epsilon_{zadm}$.[4]
- considérés collée.
- Le trafic sera considéré fort.

II.4.3 Résultats de dimensionnement

La détermination des déformations appliquées à la chaussée est importante pour assurer sa fonctionnalité. Cependant, il est nécessaire de déterminer la déformation verticale de compression appliquée au sol support, ainsi que les différentes déformations horizontales en traction appliquées aux couches situées au-dessus de celui-ci. La couche de roulement, étant en enrobé bitumineux, résiste mieux aux forces de compression qu'à celles de traction. Il est donc important de vérifier que la déformation horizontale en traction appliquée à la surface de la couche de roulement est inférieure à la valeur admissible Pour ce qui concerne notre couche de base en grave latéritique améliorée au ciment, nous allons vérifier que la contrainte verticale appliquée à la surface de la couche est inférieure à la valeur admissible. Le catalogue de dimensionnement CEBTP nous permet donc d'énoncer ces hypothèses.

❖ **Résultat du dimensionnement de la variante retenue**

La figure 4 présente les résultats obtenus à l'issue du dimensionnement par le logiciel Alize.

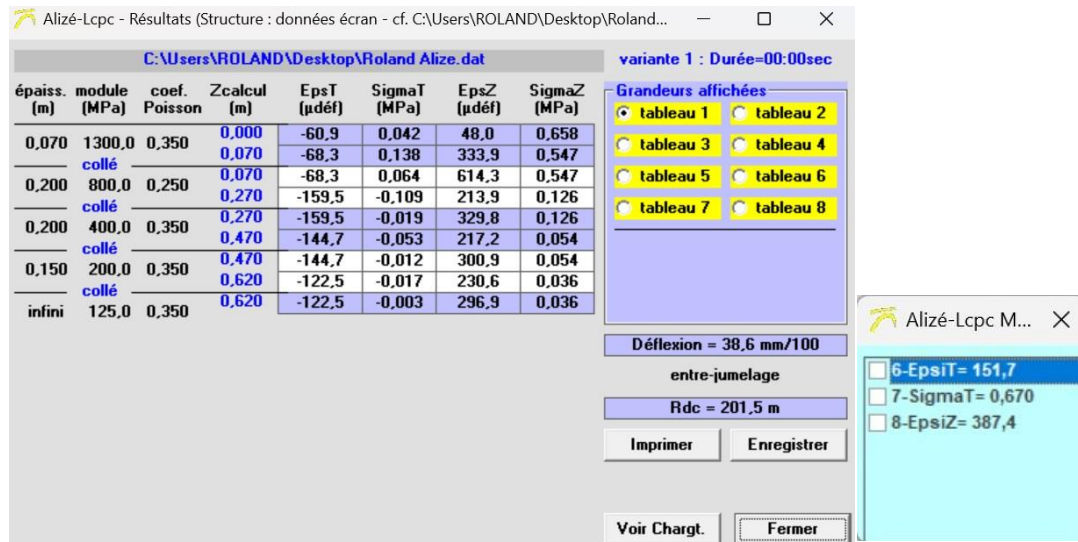


Figure 5: Résultat dimensionnement de la structure de chaussée

À l'issue des résultats obtenus par le logiciel Alizé, représentés par la figure 4, nous constatons que les contraintes calculées au niveau de chaque couche sont inférieures à la valeur admissible. Par conséquent, la structure sera en mesure de supporter le trafic. Le récapitulatif des résultats illustrés par la figure 4 sont présentés dans le tableau 16. Les différents résultats concernant le dimensionnement de la structure sont présentés en Annexe 2.

Tableau 15: Résultats de dimensionnement

Couches	Valeurs admissibles			Valeurs calculées			Observations
	ε_{Tadm} (μdef)	ε_{Zadm} (μdef)	σ_{Tadm} (Mpa)	ε_T (μdef)	ε_Z (μdef)	σ_T (Mpa)	
Béton bitumineux (7cm)	151,7	-	-	68,3	-	-	Condition vérifiée
Graveleux latéritique amélioré au ciment (20cm)	-	-	0,670	-	-	0,109	Condition vérifiée
Grave latéritique (20cm)	-	387,4	-	-	217,2	-	Condition vérifiée
Grave naturelle (15cm)		387,4			230,6		Condition vérifiée
Plateforme		387,4			296,9		Condition vérifiée

A l'issu des résultats obtenus, nous constatons que la structure de chaussée respecte les conditions de résistance dans la mesure où les valeurs calculées sont inférieures aux valeurs admissibles.

II.5 Étude hydrologique et hydraulique

Les études hydrologiques et hydrauliques jouent un rôle important dans la réalisation des projets routiers. Cependant, il s'agit de deux études distinctes. En effet, l'hydrologie s'intéresse principalement aux eaux de ruissellement en amont des ouvrages et à la détermination des débits aux exutoires, contrairement à l'hydraulique qui porte sur l'écoulement des eaux à l'intérieur des ouvrages hydrauliques (buses, dalots, caniveaux) ainsi que sur leur dimensionnement.

Chaque étude ayant des objectifs bien définis, ceux de l'étude hydrologique sont notamment : la délimitation et la caractérisation des bassins et sous-bassins versants, ainsi que l'évaluation des volumes d'eau ruisselés. Quant à l'étude hydraulique, elle se focalise sur le dimensionnement des ouvrages hydrauliques en tenant compte des données hydrologiques obtenues. Elle permet d'évaluer les débits que doivent recevoir les ouvrages et d'en déduire les sections optimales assurant un écoulement satisfaisant des eaux à l'intérieur des différents ouvrages.

II.5.1 Hydrologie

L'hydrologie dans le domaine routier constitue un volet essentiel du dimensionnement des infrastructures routières. L'étude hydrologique a pour principaux objectifs la délimitation et la caractérisation des bassins et sous-bassins versants, ainsi que la détermination des quantités d'eau à évacuer par les ouvrages hydrauliques afin d'assurer la durabilité et la fonctionnalité de la route.

À ce jour, plusieurs méthodes sont utilisées pour l'estimation des débits de ruissellement, notamment la méthode du CIEH, les méthodes empiriques et la méthode ORSTOM. Le choix de la méthode dépend principalement de la nature et de la superficie du bassin versant étudié. Ainsi, la réalisation de cette étude nécessite la connaissance des caractéristiques physiques des bassins versants (surface, pente, périmètre) ainsi que des données hydrologiques de la région (pluviométrie, nature des sols).

Dans le cadre de notre étude, quatre (4) bassins versants principaux (BV1, BV2, BV3 et BV4), subdivisés en quarante-et-un (41) sous-bassins versants, ont été identifiés. La détermination des débits de pointe générés par les bassins versants permettra le dimensionnement des ouvrages transversaux (dalots et buses), tandis que les débits issus des sous-bassins versants serviront au dimensionnement des ouvrages longitudinaux (caniveaux).

Pour l'estimation des débits générés par les sous-bassins versants, la méthode de Caquot sera utilisée, en raison de sa fiabilité et de sa pertinence pour les projets d'assainissement en milieu urbain. En ce qui concerne la détermination du débit de pointe Q_p et le dimensionnement des ouvrages, une crue de période de retour décennale ($T = 10$ ans) sera retenue. Ce choix permet d'assurer un niveau de sécurité satisfaisant des ouvrages tout en optimisant les coûts du projet. La figure 5 présente les bassins versants délimités à l'aide du logiciel Global Mapper.

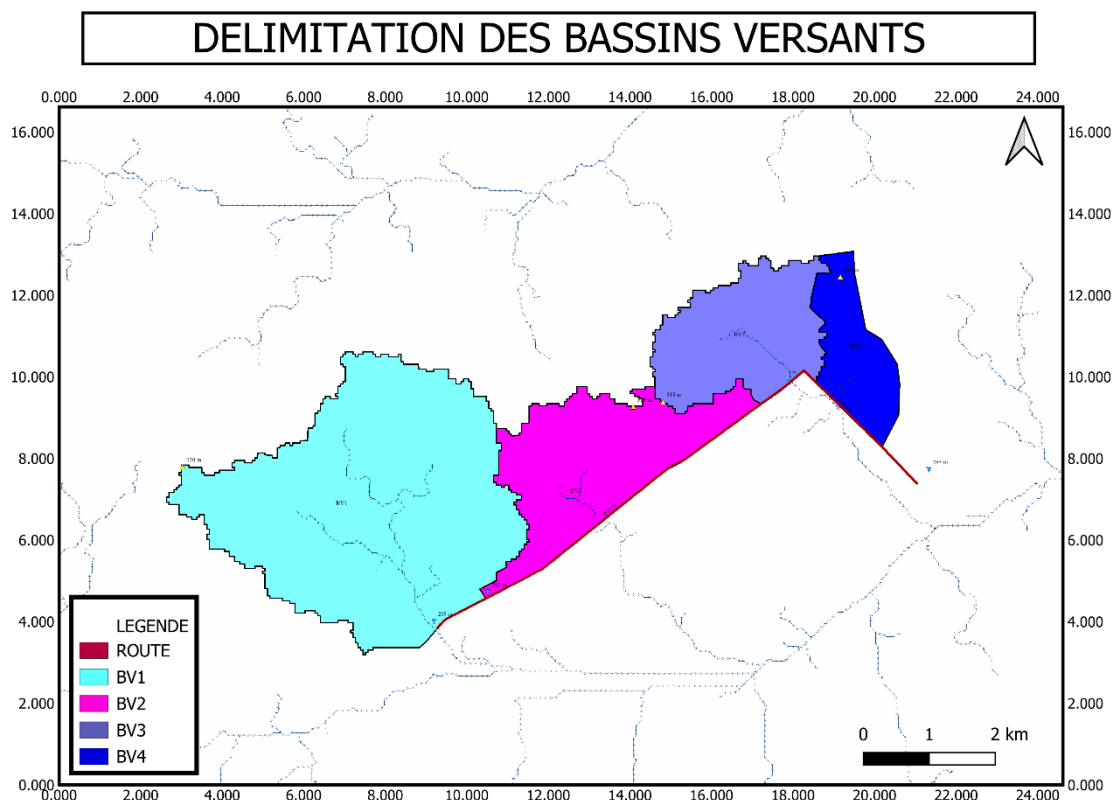


Figure 6 : Délimitation des Bassins Versants

II.5.2 Méthode d'évaluation des débits de crue

La détermination des débits de crue constitue une étape essentielle dans le dimensionnement de nos ouvrages. Cette évaluation permet de déterminer les débits maximaux susceptibles d'être observés lors d'événements hydrologiques et, par conséquent, de mettre en place des mesures de protection des ouvrages et des personnes. La détermination des débits de crue se fait à l'aide de plusieurs méthodes, en fonction de la superficie des bassins versants.

Dans la suite de notre étude hydrologique, nous allons déterminer les différents débits aux exutoires des différents bassins versants.

Le tableau 17 présente le choix des méthodes appliquées aux différents bassins versants pour la détermination des débits de crue.

Tableau 16 : Méthodes d'évaluation des débits de crue

Méthodes	RATIONNEL	ORSTOM			CIEH			CAQUOT
Conditions d'application	$S \leq 4\text{km}^2$	$S \geq 4\text{km}^2$			$S \geq 4\text{km}^2$			$S \leq 4\text{km}^2$
Bassins versants	bv4	bv1	bv2	bv3	bv1	bv2	bv3	Sous bassins versant
Surfaces (km ²)	2,26	14,795	5,694	4,388	14,795	5,694	4,388	

Commentaire : Bien que la superficie des sous-bassins versants soit souvent comparable à celle des bassins considérés par les méthodes CIEH et ORSTOM, ces dernières sont principalement adaptées aux bassins naturels, tandis que les sous-bassins étudiés correspondent à des surfaces urbanisées et drainées artificiellement. La méthode de Caquot, mieux adaptée aux écoulements rapides en milieu urbain, a donc été retenue.

II.5.2.1 Méthode rationnelle

La méthode rationnelle permet d'estimer le débit de pointe des écoulements pluviaux en fonction des caractéristiques des bassins versants. Elle est applicable aux bassins versants dont la superficie est inférieure à 4 km². Le débit est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$QP = 0.278 \times C \times I \times A \text{ avec } I = a \times Tc^{-b}$$

QP : Débit de pointe à l'exutoire en m³/s.

0.278 : coefficient de convergence.

C : Coefficient de ruissèlement

I : Intensité de l'averse

A : superficie du bassin versant en km²

Tc : Représente le temps de concentration exprimé en min

a ; b : Représente les coefficients de montana.

II.5.2.2 Méthode orstom

La méthode ORSTOM est applicable aux grands bassins versant dont la superficie est supérieure à 4 km² et peut atteindre 200km².

$$Q_{10} = \frac{A \times \alpha_0 \times P_{10} \times Kr_{10} \times S}{T_b} [6]$$

A : Coefficient d'Abattement.

α_0 : Coefficient de pointe.

T_{b10} : Temps de base de la crue décennal.

Kr_{10} : Coefficient de ruissèlement décennale.

S : Superficie du Bassin Versant (km²).

P_{10} : Précipitation journalière décennal.

II.5.2.3 Méthode cieh

La méthode CIEH est une approche statistique de prédétermination des crues décennales dans les régions sahéliennes et tropicales sèches, notamment en Afrique de l'Ouest.

$$Q_p = a \times S^s \times P_{an}^p \times I_g^i \times Kr_{10}^k \times Dd^d [6]$$

Les coefficients a, s, i, k, d sont à déterminer

S : superficie du bassin versant (km)

P_{an} : Pluie annuel Moyenne (mm)

Kr_{10} : coefficient de ruissèlement décennal (%)

Dd : Densité de drainage (km⁻¹)

I_g : Indice Global de pente (m/km)

La détermination du débit décennal Q_{10} se fait par régressions. La méthode par régression permet de modéliser la relation existante entre une variable dépendante et une ou plusieurs variables indépendantes. A l'origine, cette méthode était basée sur 162 bassins versants provenant du recueil Dubreuil (1972). Ce nombre représentait un échantillon statistiquement fiable qui devrait permettre d'élaborer une méthode de prédétermination des crues, d'analyser les caractéristiques physiques-hydrologiques des bassins versants, constituer des sous ensemble homogènes et fournir un outil pratique pour les ingénieurs. En 1993, un fichier informatique comportant toutes les données disponibles à ce jour ont conduit à un ensemble de 414 bassins utilisables. Ces bassins ont été classés en sous-ensemble en fonction de plusieurs critères tels que : le climat, la géographie, la fiabilité et la qualité des données. Cependant, les coefficients appliqués pour la détermination du débit Q_{p10} varient en fonction des régions

II.5.3 Méthode d'évaluation des débits de crue des sous bassins versants

La délimitation des sous-bassins versants est une étape importante dans l'évaluation de leurs débits de crue. Pour les sous-bassins versants, la méthode la mieux adaptée est celle de Caquot. L'application correcte de la méthode d'évaluation des débits de crue dépend étroitement de la délimitation rigoureuse de ces sous-bassins versants. La figure 6 présente la délimitation de nos différents sous-bassins versants.

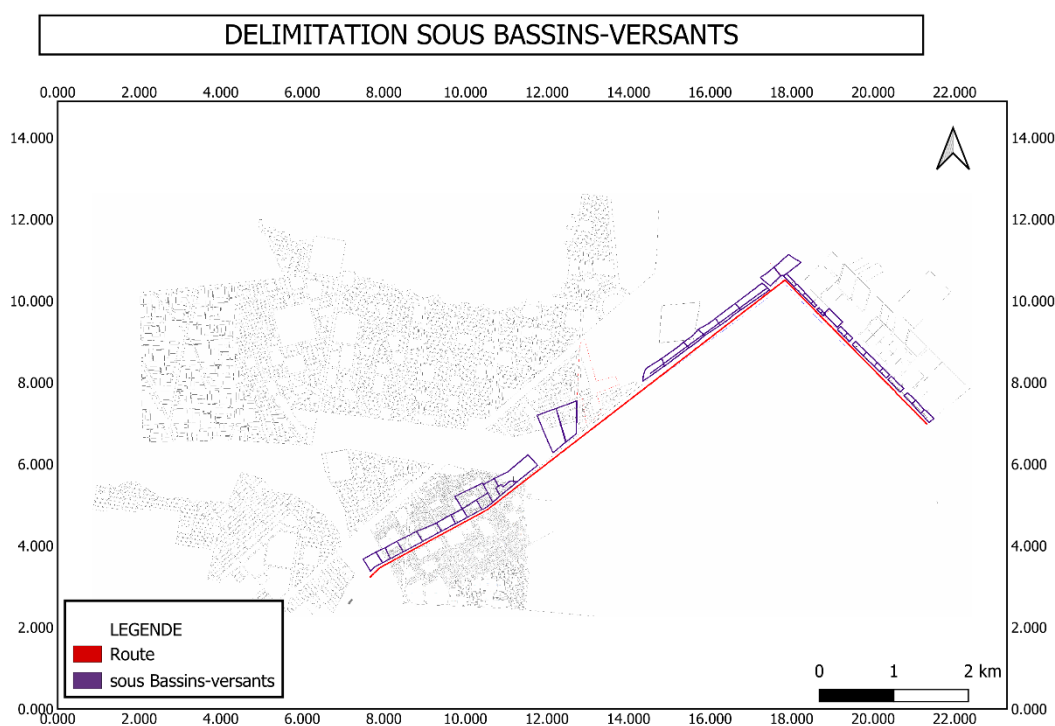


Figure 7: Délimitation des sous bassins versants

II.5.3.1 Méthode caquot

La méthode de Caquot est une méthode de détermination des débits de pointe de crue. Elle est adaptée à des bassins dont la superficie est inférieure à deux cents hectares 200ha

Elle est donnée par la formule :

$$Q_p = m \times K^{\frac{1}{u}} \times I^{\frac{v}{u}} \times C^{\frac{1}{u}} \times A^{\frac{w}{u}}$$

Q_p : Débit de pointe (m³/s).

m : facteur correctif en fonction de la morphologie du BV

K : Paramètre de pluie.

I : Pente moyenne du BV (mm/m).

C : Coefficient de ruissèlement global.

A : Superficie du bassin versant (km²).

k, u, v, w : coefficient d'ajustement

$$u = 1 + 0,287 \times b ; v = -0,41 \times b ; w = 0,95 + 0,507 \times b ; \mu = \frac{0,84b}{1} + 0,287 \times b ; k = \frac{0,5^b \times a}{6,6}$$

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}} \quad (M > 0,8) \text{ si } M \neq 2, Q_{cor} = m \times Q_{brut}.$$

- Le coefficient a, b sont des données pluviométriques et sont des fonctions de la période de retour et de la localité. Pour une période de retour $T=10$ ans et dans notre région d'étude(kadiogo) on a : $a=9,4$ et $b=0,5$.
- $\beta + \delta$: caractérise le mode de transformation de la pluie en débit crue. β traduit l'influence de l'intensité de la pluie. Plus β est grand, plus l'intensité augmente avec le débit de crue. δ l'influence de la surface du bassin versant. En effet, plus δ est grand plus le débit augmente avec la superficie du bassin versant.
- M : Allongement du bassin versant

Le tableau 17 ci-dessous représente les formules et les hypothèses de choix de débit.

Tableau 17 : Formules

Surface	Coefficient de ruissèlement	Pente	Allongement	Débit maximum
$A_{eq} = \sum A_j$	$C_{eq} = \frac{\sum C_j \times A_j}{\sum A_j}$	$I_{eq} = \frac{(\sum l_j)^2}{(\sum \frac{l_j}{I_j})}$	$M_{eq} = \frac{\sum l_j}{\sqrt{\sum A_j}}$	Si $Q_{eq} > \sum (Q_j)$ Alors $Q_{eq} = \sum (Q_j)$ Si $Q_{eq} < \text{Max} (Q_j)$ Alors $Q_{eq} = \text{Max} (Q_j)$

II.5.4 Résultats de l'évaluations des débits de crue des bassins versants

L'estimation des débits de crue se fera pour une période de retour de 10 ans. Cela permettra de trouver un juste équilibre entre le coût économique des ouvrages qui seront mis en place et la sécurité hydrologique que conférera cet ouvrage. Il faut noter que les débits utilisés pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques devant accueillir les eaux générées par les bassins BV1, BV2 et BV3 sont obtenus en faisant la moyenne des débits calculés par la méthode rationnelle, la méthode CIEH et celle d'ORSTOM. Débit par la méthode rationnel

Le tableau 19 présente les résultats de calcul de débit par la méthode rationnel.

Pour plus de détails voir annexe 2.

Tableau 18 : Résultat du calcul de débit par la méthode rationnel

Bassins Versants	Superficie (ha)	Pente (m/m)	Intensité I (mm/h)	Coefficient de Ruissellement C	Débits Q (m3/s)
BV4	225,90	0,030	0,21	0,65	8,57

Dans la méthode rationnelle, le coefficient de ruissellement C représente la fraction de la pluie qui ne s'infiltre pas dans le sol et qui contribue donc au ruissellement superficiel. Ce coefficient dépend de plusieurs facteurs, principalement la nature du sol, la couverture du sol (béton, asphalte, végétation) et le degré d'imperméabilisation.

Dans le contexte de notre étude, la zone est urbaine et le sol est relativement imperméable. Cela signifie qu'une proportion importante de l'eau de pluie ne peut pas s'infiltrer et ruisselle directement vers le réseau de drainage. Les guides techniques et la littérature spécialisée recommandent pour ce type de situation un coefficient compris entre 0,6 et 0,7, reflétant le comportement hydrologique réel des surfaces urbaines partiellement imperméables.

Le choix de $C = 0,65$ représente donc un compromis réaliste :

- il prend en compte l'imperméabilisation partielle des sols urbains,
- il permet de calculer un débit de ruissellement maximal pour dimensionner correctement les ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux pluviales,
- il est conforme aux pratiques reconnues dans les guides de conception hydraulique urbaine, tels que le *Guide de gestion des eaux pluviales en milieu urbain* (ANME, 2024)[7] et les recommandations techniques du CEBTP..

II.5.4.1 Débit par la méthode orstom

Le tableau 20 présente les résultats de calcul de débit par la méthode ORSTOM. Pour plus de détails voir annexe 2.

Tableau 19 : Résultat du calcul de débit par la méthode orstom

Bv	Superficie (m ²)	Coefficient d'abattement A	Kr10	P10 (m)	Coefficient de pointe (alpha10)	Tb10 (s)	Débit Q10 (m ³ /s)
BV1	14795000	0,850485	0,2276434	0,0868	2,6	68513,093	9,4353095
BV2	5694000	0,9034743	0,2276434	0,0868	2,6	50774,678	5,2051607
BV3	4388000	0,9179325	0,235505	0,0868	2,6	45403,044	4,7150414

II.5.4.2 Débit par la méthode cieh

Le tableau 21 présente les résultats de calcul de débit par la méthode CIEH. Pour plus de détails voir annexe 2.

Tableau 20 : Résultat du calcul de débit par la méthode CIEH

BV	Superficie (km ²)	Indice de pente global corrigé Icor	Kr10 (%)	Coefficient d'abattement A	Pm10	Debit Q(m ³ /s)
BV1	14,795	3,2025521	0,22764	0,85049	73,8221	7,80322
BV2	5,694	3,644159	0,22764	0,90347	78,4216	5,03737
BV3	4,388	3,83595	0,2355	0,91793	79,6765	4,48059

II.6 Résultats de l'évaluation des débits des sous bassins versants

II.6.1 Débit par la méthode de caquot

Le tableau 22 dessous comporte les résultats obtenus par suite de l'évaluation des débits de crue des bassins versants. Pour plus de détails voir annexe 2.

Tableau 21 : Résultats des calculs de débits par la méthode de caquot

	Assemblage	Superficie(km ²)	Pente%	Qp (m3/s)
SBV1-4	sbv-eq1=sbv1-4	0,04114	0,0416	1,78506007
SBV1-3	sbv-eq2=sbv1-4+sbv1-3	0,04753	0,0377	3,27533424
SBV1-2	sbv-eq3=sbv1-4+sbv1-3+sbv1-2	0,0514	0,0205	4,08734499
SBV1-1	sbv-eq4=sbv1-4+sbv1-3+sbv1-2+sbv1-1	0,03385	0,0306	6,12401937
SBV1-5	sbv-eq1=sbv1-5	0,02854	0,0272	1,2104421
SBV1-6	sbv-eq2=sbv1-5+sbv1-6	0,02355	0,0444	2,23036686
SBV1-8	sbv-eq1=sbv1-8	0,02662	0,0142	0,99331125
SBV1-7	sbv-eq2=sbv1-8+sbv1-7	0,03184	0,0221	2,16023827
SBV2-1	sbv-eq1=sbv2-1	0,1565	0,0313	4,68273388
SBV2-8	sbv-eq2=sbv2-8	0,04192	0,0344	1,76561318
SBV2-7	sbv-eq3=sbv2-8+sbv2-7	0,03445	0,028	2,68495295
SBV2-6	sbv-eq4=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6	0,03253	0,0255	0,08466791
SBV2-5	sbv-eq5=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6+sbv2-5	0,03908	0,024	0,10586383
SBV2-4	sbv-eq6=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6+sbv2-5+sbv2-4	0,0675	0,0407	0,16203357
SBV2-3	sbv-eq7=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6+sbv2-5+sbv2-4+sbv2-3	0,1467	0,0274	0,22628514
SBV2-2	sbv-eq7=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6+sbv2-5+sbv2-4+sbv2-3+sbv2-2	0,1184	0,0281	0,28038987
SBV3-1	sbv-eq1=sbv3-1	0,03003	0,0282	0,02800474
SBV3-2	sbv-eq2=sbv3-1+sbv3-2	0,04005	0,0268	0,05569078
SBV3-3	sbv-eq3=sbv3-1+sbv3-2+sbv3-3	0,02814	0,0246	0,07390033
SBV3-4	sbv-eq4=sbv3-1+sbv3-2+sbv3-3+sbv3-4	0,02879	0,033	0,09809586
SBV3-5	sbv-eq5=sbv3-1+sbv3-2+sbv3-3+sbv3-4+sbv2-5	0,03814	0,0241	0,11127849
SBV3-6	sbv-eq6=sbv3-1+sbv3-2+sbv3-3+sbv3-4+sbv2-5+sbv2-6	0,0566	0,039	0,15534839
SBV3-7	sbv-eq1=sbv3-7	0,03364	0,0267	1,38087178
SBV4-1	sbv-eq1=sbv4-1	0,0508	0,0222	1,82904152
SBV4-2	sbv-eq2=sbv4-1+sbv4-2	0,01042	0,016	1,86176306
SBV4-3	sbv-eq3=sbv4-1+sbv4-2+sbv4-3	0,00835	0,0247	2,33630756
SBV4-4	sbv-eq4=sbv4-1+sbv4-2+sbv4-3+sbv4-4	0,00725	0,034	2,69503267

SBV4-5	sbv-eq5=sbv4-1+sbv4-2+sbv4-3+sbv4-4+sbv4-5	0,002482	0,0478	3,18067948
SBV4-8	sbv-eq1=sbv4-8	0,02998	0,0226	1,18610054
SBV4-7	sbv-eq2=sbv4-8+sbv4-7	0,002046	0,0235	1,28839497
SBV4-6	sbv-eq2=sbv4-8+sbv4-7+sbv4-6	0,002536	0,021269	1,32313253
SBV4-9	sbv-eq1=sbv4-9	0,0078	0,0212	0,39195777
SBV4-10	sbv-eq2=sbv4-9+sbv4-10	0,00621	0,0103	0,5403518
SBV4-11	sbv-eq3=sbv4-11	0,00791	0,0329	0,39012644
SBV4-12	sbv-eq1=sbv4-12	0,01319	0,0354	0,66031183
SBV4-13	sbv-eq2=sbv4-12+sbv4-13	0,00699	0,0336	0,96164158
SBV4-14	sbv-eq3=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14	0,00791	0,0206	1,10972046
SBV4-15	sbv-eq4=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14+sbv4-15	0,01559	0,0304	1,65986696
SBV4-16	sbv-eq5=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14+sbv4-15+sbv4-16	0,01022	0,0232	1,91622621
SBV4-17	sbv-eq6=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14+sbv4-15+sbv4-16+sbv4-17	0,01186	0,0176	2,10178031
SBV4-18	sbv-eq7=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14+sbv4-15+sbv4-16+sbv4-17+sbv4-18	0,04114	0,0265	2,74594656

II.7 Hydraulique

L'étude hydraulique tout comme l'étude hydrologique est essentielle dans le cadre d'un projet routier. Elle permet de comprendre l'écoulement des eaux et vise à modéliser et dimensionner les ouvrages nécessaires pour l'écoulement des eaux. La mise en place de ces ouvrages a pour objectifs :

- Réduire les risques d'inondation
- Protéger la structure de la chaussée contre l'érosion
- Permettre le drainage efficace des eaux de pluie
- Assurer la sécurité de l'environnement et des populations

Pour le dimensionnement des caniveaux, nous utiliserons la méthode par débitance de Manning Strickler.

Pour le dimensionnement des ouvrages transversaux, nous utiliserons la méthode BCEOM inscrit dans le guide.

II.7.1 Choix et hypothèse de calcul des ouvrages transversaux

Un ouvrage transversal est un ouvrage réalisé perpendiculairement à l'axe de la route dont l'objectif principal est de permettre aux eaux de traverser la chaussée sans l'endommager. On en distingue principalement deux, les buses et les dalots. Cependant, plusieurs facteurs peuvent influencer sur le choix de l'un de ces deux ouvrages. Les deux principaux facteurs sont entre autres.

Débit à évacuer : pour les grands débits ($\geq 10 \text{ m}^3/\text{s}$) [8] il est recommandé d'utiliser des dalots car ils sont mieux adaptés non seulement parce qu'ils résistent mieux aux chocs hydrauliques et à la corrosion.

Hauteur de remblais : la mise en place de la buse nécessite une hauteur minimale de remblais ($\geq 0.8 \text{ m}$) pour que la charge du trafic se répartisse uniformément sur le sol sans quoi ses charges s'appliqueront directement sur l'ouvrage pouvant entraîner son écrasement.

Notre choix sera porté sur les dalots car ils nécessitent peu de remblais et sont autoportant. Ils sont capables de supporter les charges du trafic sans ou avec peu de remblais ce qui contribue donc à accroître le caractère sécuritaire de l'ouvrage.

Vitesse d'écoulement : La vitesse d'écoulement à l'intérieure des dalots doit être $\leq 3 \text{ m}^3/\text{s}$ afin de permettre à l'ouvrage d'être hydrauliquement fonctionnel[8]

Pour les ouvrages transversaux nous avons optés pour des dalots du fait de leurs capacité d'adaptation aux crues exceptionnelles et de leurs meilleures intégrations sous voirie urbaine.

Le choix de notre ouvrage transversal étant fait nous allons donc formuler les hypothèses qui régissent ce choix :

- Vitesse d'écoulement : la vitesse d'écoulement sera de $3 \text{ m}^3/\text{s}$ [8]
- Fonctionnement de l'ouvrage : l'ouvrage fonctionnera en sortie libre car le projet ne se situe pas dans une zone inondable.
- L'écoulement se fera en surface libre car $H_1/D \leq 1,25$ [8]
- Les dalots seront de type cadre en béton armé.
- Les murs en ailes feront un angle de 4° avec l'axe de l'ouvrage La détermination des différents paramètres hydrauliques est basée sur la méthodologie BCEOM

Détermination de la Hauteur en amont

$$H_1 : H_1 = H^* \times D$$

H^* est la hauteur réduite d'eau déterminer graphiquement et est fonction du débit réduit Q^*

Q^* = Hauteur d'eau réduite

Q_p = Débit de projet

n = Nombre de cellule

A : Section d'une cellule

D = Hauteur du dalot

Détermination de la pente critique

La pente critique réduite se calcule par l'intermédiaire de :

$$Q^* = \frac{q}{\sqrt{(g \times B^5)}}$$

I_c^* = Pente critique réduite (valeur adimensionnelle : fig82 page 258 BCEOM)

$$I_c = \frac{I_c \times g}{K S \times B^{\frac{2}{3}} \times I_c^{0.5}}$$

Détermination de la Vitesse de sortie

$$\text{Débit réduit } Q^* = \frac{q}{K S \times B^{\frac{2}{3}} \times I_c^{0.5}}$$

Vitesse réduite (valeur adimensionnelle : fig84 page 263 BCEOM)

$$\text{Vitesse de sortie } V = \frac{V^*}{K S \times B^{\frac{2}{3}} \times I_c^{0.5}}$$

Tableau 22 : Sections de dalots retenues

PK	Bassins versants	Type d'ouvrage	Q (m3/s)	Section (cm2)
PK0+050	BV1	Dalot 1	8,61	3x300x300
PK3+020	BV2	Dalot 2	5,12	3x200x300
PK6+062	BV3	Dalot 3	4,60	3x100x200
PK7+045	BV4	Dalot 4	7,71	3x150x200
PK7+012		Dalot 5	0,85	1x100x100
PK8+050		Dalot 6	0,85	1x100x100

Commentaire : Le choix des dalots pour l'évacuation des eaux pluviales s'explique par plusieurs raisons. D'une part, ils présentent une capacité hydraulique suffisante pour écouler les débits de crue calculés tout en limitant les risques de débordement. D'autre part, leur forme rectangulaire permet une meilleure adaptation aux contraintes d'emprise en milieu urbain et facilite leur intégration dans le profil en travers de la route.

Par ailleurs, les dalots offrent une meilleure résistance mécanique aux charges de circulation par rapport aux buses, ce qui garantit une durabilité accrue de l'ouvrage. Ils permettent également un entretien plus aisé grâce à leur section accessible, favorisant le curage et l'inspection régulière. Ainsi, au regard des conditions hydrauliques, des contraintes géométriques et des exigences de durabilité, le choix des dalots s'est avéré le plus approprié pour le projet.

II.7.2 Choix et hypothèse de calcul des ouvrages longitudinaux.

Les ouvrages longitudinaux sont d'une grande importance pour tout projet routier. En effet, ils permettent de drainer l'eau provenant de la chaussée mais aussi des concessions. Il s'agira donc de déterminer la section de ses ouvrages capable de drainer ces eaux. Pour ce faire, nous nous baserons sur la méthode de débitance de Manning STRICKLER.

$$Q_p = K_s \times S \times R H^{2/3} \times I^{1/2} [9]$$

Notre choix a été porté sur des caniveaux de section rectangulaire en béton armé. Les principaux paramètres de dimensionnement sont entre autres :

- Y : la distance entre la surface libre et le fond du canal et est exprimé en m
- Périmètre mouillée : elle représente, la longueur de la section en contact avec l'eau. Elle est obtenue par la formule $P=Y+2B$ et est exprimée en m
- Le rayon hydraulique : Le rayon hydraulique est obtenu par le rapport entre la surface mouillée et le périmètre mouillée.
- La surface mouillée : c'est la surface occupée par le plan d'eau à l'intérieur de l'ouvrage. Elle est obtenue par le produit de la largeur B et de la hauteur Y et la section de l'ouvrage exprimé en m².
- $RH=S/P$. [9]
- La pente de fond I est prise égal à 1% soit 0,01
- Le nombre de Froude permet de déterminer le type d'écoulement :
- $F_r = \frac{u}{\sqrt{g \times y_m}}$ [10]
- La débitance D est donnée par l'équation :
- $K_s \times S \times R H^{2/3} \times I^{1/2} = Q / I^{1/2} = [10]$
- La vitesse admissible est calculée par le rapport entre le débit et la section du caniveau. Elle doit être inférieure ou égal à 3 m/s afin d'éviter une détérioration précoce de notre ouvrage.
- La revanche du caniveau est fixée à 0,5 m afin d'éviter les débordements et d'assurer une marge de sécurité en cas de fortes pluies.

Les dimensions de caniveaux retenue pour sont principalement de dimensions : **80cm x 80cm ; 100cm x 80 cm et 110cm x 80 cm**. Il convient de noter que le tronçon a été divisé en trois axes, chaque axe ayant sa propre section de caniveau. Bien que plusieurs dimensions aient été initialement envisagées, nous avons décidé d'uniformiser les sections de caniveaux au sein de chaque axe, afin d'assurer cohérence, facilité d'entretien et optimisation de l'écoulement des eaux, pour plus de détail voir Annexe 2.

II.8 Dimensionnement structurel des ouvrages

Le dimensionnement structurel des ouvrages va considérer uniquement les sections d'ouvrages de grande dimension, aussi bien pour les ouvrages transversaux que pour les ouvrages longitudinaux. Ceux-ci sont considérés comme les cas les plus critiques du fait des efforts internes maximaux et des charges plus élevées, ce qui garantit que les ouvrages de section inférieure seront également sûrs s'ils sont réalisés selon les mêmes principes. Cependant, le dimensionnement du dalot a été réalisé à l'aide du logiciel CYPECAD, qui est un logiciel de dimensionnement des structures en béton armé prenant en compte les normes du BAEL et de l'Eurocode 2. Les détails du dimensionnement de ces structures sont énoncés en annexe 2

II.8.1 Hypothèses de dimensionnement

Le dimensionnement des ouvrages en béton armé repose sur des hypothèses fondamentales permettant au concepteur d'assurer la durabilité de l'ouvrage dans le temps.

Ces hypothèses concerneront essentiellement le béton et l'acier. Les charges à considérer pour nos ouvrages sont celles énoncées par le fascicule 61 titre II [11] et les règles de calculs du BAEL 91 modifié 99 [12]. La section des ouvrages longitudinaux, notamment les caniveaux, a été dimensionnée sur la base de la section mouillée nécessaire à l'écoulement des débits calculés. Les sections retenues ont été fixées et vérifiées à l'aide de la méthode de débitance, afin de garantir leur capacité hydraulique et leur conformité aux débits de projet. Toutefois, en raison des contraintes liées à la géométrie du site et aux particularités du terrain, la hauteur libre pourra être ajustée lors de la mise en œuvre afin de s'adapter aux conditions réelles d'exécution. Il convient de préciser que les sections proposées dans le cadre de cette étude sont de nature théorique et constituent des valeurs de référence, lesquelles pourront être modifiées, le cas échéant, en fonction des réalités observées sur le terrain au moment des travaux.

✓ **HYPOTHESES SUR BETON**

Poids volumique : $\rho_b = 25 \text{ KN/m}^3$.

La résistance du béton à 28 jours.

En compression : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$.

En traction : $f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 0.6 + 0.06 \times 25 = 2.1 \text{ MPa}$.

Résistance du béton à la compression : $f_{bu} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\gamma_b \times \vartheta} = 14.17 \text{ MPa}$

avec $\gamma_b = 1.5$ et $\vartheta = 1$

Contrainte limite du béton à l'ELS :

$\sigma_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$.

✓ **HYPOTHESES SUR L'ACIER**

Fissuration préjudiciable

Nuance : acier à Haute adhérence FeE500 ;

Coefficient de sécurité : $\gamma_b = 1.15$.

Contrainte de l'acier à l'ELU : $\sigma_s = \frac{F_{Fe}}{\gamma_b} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$

Coefficient d'adhérence de l'acier : $\eta = 1.6$

Contrainte de calcul des aciers à l'ELS :

$\sigma_{st} = \left(\frac{2}{3} F_{Fe} ; \max\left(\frac{F_{Fe}}{2}, 110\sqrt{1.6 \times 2.1}\right) \right)$

$\sigma_{st} = \left(\frac{2}{3} \times 500 ; \max\left(\frac{500}{2}, 110\sqrt{1.6 \times 2.1}\right) \right)$

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

Nous allons considérer l'épaisseur minimal de 3cm comme épaisseur d'enrobage conformément au BAEL 91 modifié 99.

✓ **HYPOTHESES SUR LE SOL**

Coefficient de poussée $K_a = 0.33$.

Poids volumique du sol $\rho_s = 20 \text{ kN/m}^3$.

II.8.2 Résultats du dimensionnement des ouvrages

Les plans de ferrailage ci-après représentent par les figures 7 et 8 respectivement les sections d'aciers retenues à l'issue du dimensionnement du dalot 3x300x300cm² et du caniveau 110x80cm².

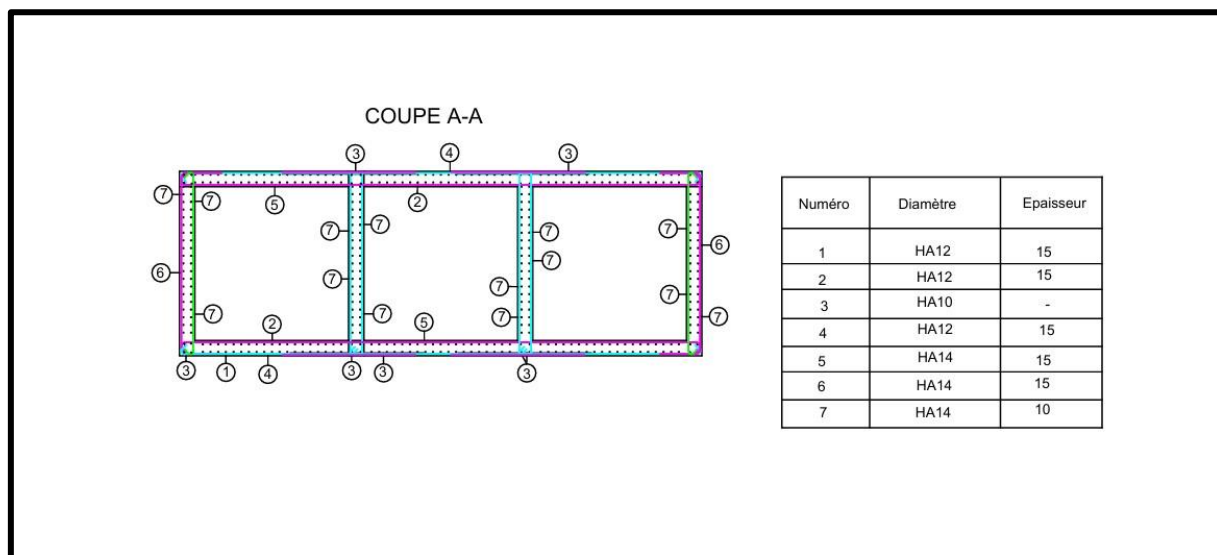


Figure 8: Ferrailage du dalot

Plan de ferrailage du caniveau 110x80

Numéro	Diamètre	Epaisseur
1	5HA10	20
2	5HA14	20
3	5HA8	20
4	5HA10	20
5	5HA8	20
6	5HA10	20

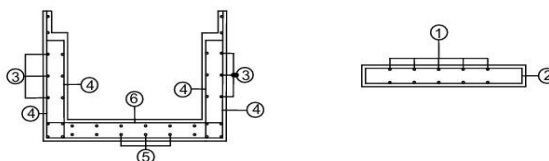


Figure 9: Ferrailage du caniveau

CHAPITRE III : SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET ÉCLAIRAGE PUBLICS

La réalisation d'une infrastructure routière a pour objectif de répondre aux besoins de la population locale et de contribuer à son bien-être. Cependant, il est important d'assurer un minimum de sécurité aux usagers. C'est dans cette optique que la prise en compte de dispositifs de sécurité s'avère importante. Parmi ces dispositifs, nous avons notamment :

- La signalisation routière ;
- L'éclairage public.

Ce chapitre est consacré essentiellement aux différentes mesures de sécurité visant à assurer la protection des usagers, avec un accent particulier sur l'éclairage public et sur les autres aménagements contribuant à la sécurité routière.

III.1 Signalisation routière

La signalisation routière joue un rôle important dans la prise en compte de la sécurité des usagers. En effet, elle permet de guider, d'orienter et d'informer les usagers de la route afin d'assurer une meilleure lisibilité et de contribuer à la réduction des risques. Cependant, on distingue deux grands types de signalisation, à savoir :

Les signalisations verticales ;

Les signalisations horizontales.

III.1.1 Signalisations verticales

La signalisation verticale désigne l'ensemble des panneaux implantés verticalement le long de la route, destinés à informer, guider, avertir et réglementer la circulation. Ils permettent aux

usagers d'adapter leur conduite en fonction de la situation. Toutefois, on distingue plusieurs types de panneaux selon leur nature. On distingue principalement :

- Les signalisations de type danger ;
- Les signalisations de type interdiction ;
- Les signalisations de type obligation ;
- Les signalisations de type indication ;
- Les signalisations de type direction ;
- Les signalisations de type localisation.

La figure 9 présente les différents types de panneaux utilisés dans le cadre de notre aménagement.

Type de Panneau	Illustration	Description	Nombre
AB4		Arrêt obligatoire à l'intersection de la voie prioritaire	23
B		Panneau céder le passage	12
C20a		Panneau pour passage piéton	20
C1a		Panneau d'indication d'un lieu aménagé pour le stationnement	6

Figure 10: Signalisations routière

III.1.2 Signalisations horizontales

La signalisation horizontale correspond à l'ensemble des marquages au sol destiné à guider, orienter, avertir et régler la circulation. On distingue plusieurs types de marquages :

Les lignes continue : interdisent le dépassement ou le franchissement.

Les lignes discontinues : permettent le dépassement si les conditions de visibilité sont favorables.

Les lignes de rive : délimitent les bords de la chaussée et l'accotement.

Passages piétons : zone réservée pour la traversée des piétons habituellement représentée par des bandes blanches.

Bande stop et céder le passage : matérialise les zones d'arrêts et de céder le passage.

III.2 Éclairage public

L'éclairage désigne l'ensemble des installations lumineuses mise en place tout au long de la route pour assurer la visibilité des usagers. Elle joue un rôle important pour la sécurité des biens et matériels aussi bien des usagers dans la mesure où elle permet :

La réduction des accidents de nuit ;

Meilleure visibilité des obstacles ;

Amélioration de la sécurité du conducteur ;

Renforcement de la sécurité des piétons et cyclistes.

III.2.1 Paramètres d'implantation

L'implantation de l'éclairage dans le contexte routier prend en compte plusieurs paramètres qui permettront de faire le choix du type d'implantation le mieux adapté pour notre route. Ces paramètres sont :

L : largeur de la chaussée à éclairer ;

a : avancement du feu par rapport au bord de la chaussée ;

h : hauteur de feux ;

e : espacement entre deux foyers lumineux.

Le tableau 24 nous renseigne sur le type d'implantation à considérer en fonction des paramètres.

Tableau 23 : Paramètres d'implantation candélabres[13]

Types d'implantation recommandé	Rapport entre l et h	Type de chaussée	Observations
Implantation unilatéral	$L \leq h$	Chaussée simple à double sens de circulation	La luminance de la partie de la chaussée située loin des luminaires est plus faible que celles situé du même côté.
Implantation bilatérale en quinconce	$H < l \leq 1,5h$		Un soin particulier doit être apporté à l'uniformité de luminance de la chaussée.
Implantation bilatérale vis-à-vis	$1,5 < h$		
Implantation axiale (Rétro-Bilatérale)	$L \leq h$	Chaussée double à deux sens de circulation	

❖ Calcul des inter-distances et hauteur de feux

Nous avons une chaussée double à deux sens de circulation avec une largeur total $L=20m$ soit $l=10m$ pour la largeur d'une chaussée. Pour satisfaire aux conditions d'implantation $l \leq h$, nous prendrons $h=12$.

Espacement entre candélabre

L'espacement entre candélabres est obtenu par la relation suivante : $e = 3 \times h = 36m$

Nombres de candélabres

Le nombres de candélabres n à implanter se détermine à partir de la longueur de la chaussée.

$$n = \frac{9592,81}{36} = 266 \text{ candélabres}$$

Nous avons au total 266 candélabre espacé de 36 m.

CHAPITRE IV : PRINCIPAUX IMPACTS POTENTIELS ET RISQUES DU PROJET ET MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES.

L'environnement occupe une place importante dans le domaine du génie civil, car il influence la durabilité des ouvrages tout en imposant la prise en compte des impacts écologiques et la protection des ressources naturelles. Cependant, il est confronté à de nombreuses formes de pollution menaçant la survie des écosystèmes et impactant la santé ainsi que le bien-être humain. La contribution des acteurs du domaine n'étant pas négligeable, on note une réelle implication de ces derniers dans le processus d'atténuation et de réduction des émissions de dioxyde de carbone (CO₂).

Dans le but de minimiser les impacts des différents projets de construction, il a été jugé nécessaire d'intégrer un plan de gestion environnementale et sociale dont l'objectif principal est de prévenir, réduire et suivre les impacts environnementaux liés au projet. Les différentes actions à mener et les dispositions à considérer sont mentionnées dans l'arrêté interministériel N°2022-0061/MEEA/MARAH/MATDS/MEFP.[14]

Définitions des mots clés :

- Environnement : Selon la Loi n°006-2013/An portant code de l'environnement du 02 avril 2013, « l'environnement » est défini comme « l'ensemble des éléments physiques, chimiques et biologiques naturels ou artificiels et des facteurs économiques, sociaux, politiques et culturels qui ont un effet sur le processus de maintien de la vie, la transformation et le développement du milieu, les ressources naturelles ou non et les activités humaines.
- Impact positif : Est un impact favorable engendré par un projet ou une activité. Il peut être économique ou social.
- Impact négatif : Est un impact défavorable engendré par un projet ou une activité. Elle peut être économique ou sociale.
- Mesures environnemental et social : C'est une action prévue dans le cadre d'un projet afin de prévenir, réduire voire atténuer les impacts négatifs que pourrait avoir un projet sur l'environnement.
- Composante environnementale et social : Il s'agit d'un élément spécifique du milieu naturel ou humain qui pourrait être affecté par le projet.

- Plan de gestion environnementale et sociale : Il s'agit d'un document opérationnel dans lequel est décrit comment un projet va prévenir, réduire et restreindre les effets négatifs liés au projet.

Les impacts environnementaux et sociaux liés aux projets routiers sont multiples et variés. Ils peuvent être aussi bien positifs que négatifs. Cependant, il existe des mesures permettant de prévenir, réduire et limiter les effets négatifs du projet.

Le tableau 25 présente les principaux impacts potentiels du projet Rcade Nord ainsi que les mesures environnementales et sociales.

Tableau 24 : Récapitulatif del' impact environnemental

Composante Affectée	Impacts négatifs potentiels/Risques	Impacts positif	Mesures environnementales et sociales
Air	Dégradation de la qualité de l'air due aux émissions de gaz et de poussière lors de la circulation des engins et véhicule du chantier, le décapage, le terrassement etc., pouvant occasionner des maladies respiratoires pendant les travaux.	Réduction des émissions de poussière du au bitumage du tronçon pendant l'exploitation de la route.	- Arrosage régulier et permanent de l'emprise des travaux, des déviations et aussi des pistes d'accès aux zones d'emprunts lors des travaux ; - Dotation du personnel de chantier de masques anti-poussière. - Limitation de vitesse des véhicules et engins de chantier à 30 km/h sur le chantier. - Entretien régulier des véhicules et engins de chantier.
Eaux de surface et eau souterraine.	- Pollution des eaux de surface par les rejets des déchets solides (Déchets plastiques, béton,) et liquides issus du chantier. (Hydrocarbures, eaux souillées, huiles de vidange) pendant les travaux - Pollution des eaux souterraines par les déchets liquides(citer) du chantier pendant les travaux.		- Mise en place d'installations sanitaire approprié au sein de la base lors des travaux. - Mise en place d'un système de gestion des eaux usées et des déchets solides lors des travaux. (Collecte des déchets solides et liquides dans des bacs et futs, enlèvement de ses déchets par des structures agréés).

Composante Affectée	Impacts négatifs potentiels/Risques	Impacts positif	Mesures environnementales et sociales
			Entretien et ravitaillement des engins et véhicules sur des surfaces bétonnés.
Sols	- Pollution des sols par les rejets des déchets solides (Déchets plastiques, béton) et liquides issus du chantier. - Pollution des sols par les déchets liquides(citer) du chantier pendant les travaux.		- Mise en place d'un système de gestion des eaux usées et des déchets solides lors des travaux. (Collecte des déchets solides et liquides dans des bacs et futs, enlèvement de ses déchets par des structures agréés). - Entretien et ravitaillement des engins et véhicules sur des surfaces bétonnés
Faune et flore.	- Fragmentation voire destruction des habitats naturels de la microfaune et d'écosystèmes dans l'emprise de la route dû à l'abattage d'arbres et au tassement des sols pendant les travaux. - Abatage d'environ 340 arbres dans l'emprise du tronçon de la route.	Créations de nouveaux habitats et écosystèmes dues aux plantations d'arbres lors de l'exploitation.	- Limitation de vitesse des véhicules et engins de chantier à 30 km/h sur le chantier. - Sensibilisation des ouvriers sur la protection de la faune et la flore. - Respect de l'emprise utile définie pour les travaux afin d'éviter la destruction des habitats fauniques et d'éventuelles arbres. - Plantation de 1700 arbres en compensation des arbres abattus et l'amélioration du contexte végétale de la zone.

Composante Affectée	Impacts négatifs potentiels/Risques	Impacts positif	Mesures environnementales et sociales
Paysage	Discordance visuel dû à l'abatage d'arbres, aux mouvements des véhicules et engins du chantier et aux dépôts anarchiques des matériaux excédentaires sur chantier.	Amélioration de l'aspect esthétique du paysage de la zone du projet dû à l'aménagement du tronçon lors de l'exploitation.	- Récupération des matériaux excédentaires (déblais de chantier, déchets de démolition, etc.) et leurs acheminements vers des lieux de stockage approprié. - Restauration et nettoyage des emprises des travaux.
Activités socio-économiques et Biens des populations.	- Démolition d'infrastructures commerciales se trouvant sur l'emprise de la route lors des travaux. - Perturbation des activités - Économiques présentes aux abords de l'emprise de la route lors des travaux. - Expropriation de 523 habitations - Dans l'emprise des travaux.	Désenclavement de la zone et développement d'activités économiques et génératrices de revenu lors de l'exploitation du tronçon.	- Indemnisation des personnes affectées par le projet. - Mise en place de passerelle pour faciliter les accès aux activités commerciales, aux services et habitations riveraines. - Respect de l'emprise utile définie pour les travaux afin d'éviter la destruction d'éventuelles biens des populations. - Indemnisation des biens détruits accidentellement lors des travaux.
Emplois/revenues.	Perturbation temporaire des revenus du a la démolition d'infrastructures commerciales dans l'emprise lors des travaux.	Création d'emplois du au recrutement de la main d'œuvres, du au développement de petites activités dans la zone du projet lors des travaux.	Priorisation du recrutement de la main d'œuvre local tout en respectant le code du travail du Burkina.

Composante Affectée	Impacts négatifs potentiels/Risques	Impacts positif	Mesures environnementales et sociales
		Création d'emplois du au développement d'activités économiques le long du tronçon de la route lors de l'exploitation.	
Santé et sécurité.	- Développement de maladies respiratoire (toux, crise d'asthme, étouffement etc.) chez les riverains, les usagers de la route, les populations riveraines du au soulèvement de poussière lors des travaux. - Accidents dû à la circulation des engins et véhicule du chantier et au non-respect des mesures sécuritaires lors des travaux. - Risque de contamination et de propagation des infections sexuellement transmissible (I.S.T), du VIH/SIDA dû aux comportements sexuels à risque des ouvriers du chantier et de la population locale.	- Amélioration de la santé du cadre de vie des vies des riverains du au drainages des eaux pluviales par l'aménagement d'ouvrages d'assainissements lors de l'exploitation. - Réduction des accidents de circulation dû à l'existence du tronçon de route aménagé. - Réduction de propagation des IST, VIH/SIDA dû aux campagnes de sensibilisations.	- Arrosage régulier et permanent de l'emprise des travaux, des déviations et aussi des pistes d'accès aux zones d'emprunts lors des travaux ; - Dotation du personnel de chantier de masques anti-poussière. - Limitation de vitesse des véhicules et engins de chantier à 30 km/h sur le chantier. ; - Dotation en E.P.I pour tout le personnel du chantier. ; - Mise en place d'une signalisation adéquate du chantier. ; - Régulation de la circulation par des porteurs de drapeaux à proximité des écoles, des marchés et des lieux sensibles. ; - Réalisation des séances de sensibilisation du personnel et

Composante Affectée	Impacts négatifs potentiels/Risques	Impacts positif	Mesures environnementales et sociales
	Grossesses non désirées dû aux comportements sexuels à risque des ouvriers du chantier et de la population locale.	Amélioration de la sécurité routière dû à l'éclairage du tronçon.	- de la population riveraine sur les IST, VIH/SIDA, les grossesses non désirées. - Sensibilisation du personnel de chantier et des usagers de la route au respect du code de la route.
Us et Coutumes.	- Conflits entre ouvriers et populations riveraines du au non-respect des Us et coutume dans la zone du projet. - Expropriation de 130 tombes dans l'emprise des	-	- Salutation des autorités coutumière avant le début effectif des travaux. - Sensibilisation du personnel au respect des Us et coutumes. - Implication des autorités coutumières et des
Circulation et transport.	- Accidents de circulation dû à la circulation des engins et véhicule du chantier et au non-respect des mesures sécuritaires lors des travaux. - Perturbation temporaire de la circulation sur le tronçon de route du projet, au niveau des accès aux services et domiciles riverains. - Accidents de circulations du au non-respect du code de la route et des excès de	Facilitation de la circulation et du confort, réduction des pertes de temps pour les usagers lors de l'exploitation.	- Limitation de vitesse des véhicules et engins de chantier à 30 km/h sur le chantier. ; - Mise en place d'une signalisation adéquate du chantier. ; - Régulation de la circulation par des porteurs de drapeaux à proximité des écoles, des marchés et des lieux sensibles. ; - Sensibilisation du personnel de chantier et des usagers de la route au respect du code de la route.

Composante Affectée	Impacts négatifs potentiels/Risques	Impacts positif	Mesures environnementales et sociales
	vitesse lors de l'exploitation de la route.		Entretien des voies de déviation.
Qualité de vie et bien être des populations.	Bruits et la pollution de l'air engendrés par la circulation des engins et véhicules du chantier lors des travaux.	- Meilleure accessibilité aux services de santé. - Facilitation du drainage des eaux pluviales dans la zone entraînant une amélioration de l'assainissement et de l'environnement de la zone lors de l'exploitation. - Amélioration de l'accès des services publics lors de l'exploitation. - Réduction du temps de déplacement lors de l'exploitation. - Facilitation de la circulation et réduction des pertes de temps lors de l'exploitation.	- Arrosage régulier et permanent de l'emprise des travaux, des déviations et aussi des pistes d'accès aux zones d'emprunts lors des travaux ; - Limitation de vitesse des véhicules et engins de chantier à 30 km/h sur le chantier. - Collectes et évacuation des déchets de chantier. - Règlementation des heures de travaux. - Dimensionnement et réalisation adéquat des caniveaux afin de réduire les risques d'inondation des populations riveraines.

CHAPITRE V : ESTIMATION BUDGETAIRE DU PROJET

L'estimation budgétaire d'un projet consiste principalement à évaluer de manière prévisionnelle le coût global des travaux qui seront réalisés. Elle est établie en fonction des coûts unitaires et de la quantité des travaux qui seront réalisés. Dans le cadre de notre projet, les travaux à réaliser sont les suivants :

- Les travaux d'installation et de repli de chantier : il regroupe l'ensemble des opérations nécessaire allant de l'installation du chantier à sa fermeture.
- Les travaux préparatoires : il regroupe l'ensemble des travaux et dispositifs réalisés avant le début des travaux proprement dits.
- Les travaux de chaussée et de revêtement : il prend en comptes l'ensemble des travaux de mise en place des différentes couches de chaussée.
- Les travaux de terrassement : il se compose principalement des travaux de déblais et de remblais qui seront réalisés le long du projet.
- Les travaux d'assainissement : il comporte l'ensemble des ouvrages d'assainissement et l'ensemble des travaux préliminaires pour l'implantation de ses ouvrages.
- Les travaux de signalisation routière : il regroupe l'ensemble des dispositifs sécuritaires mises en place pour assurer la sécurité des usagers
- Les travaux de protection environnemental : il regroupe l'ensemble des contraintes sociales et culturelles rencontrées lors de la réalisation du projet.

Le tableau 26 présente le bilan estimatif du coût de notre projet, l'ensemble des coûts unitaire relatifs aux différentes parties ont été tirés du mercuriale[15]:

Tableau 25: Coût estimatif global des travaux

N° de prix	Désignations	Montant en FCFA HT
100	Installation et repli du chantier	46 000 000
200	Travaux préparatoires	234 994 317
300	Terrassement	1 487 287 230
400	Chaussée et revêtement	6 851 187 044,60
500	Ouvrage d'assainissement	4 285 437 914
600	Signalisation-Sécurité-Eclairage	1 782 608 308
700.	Mesures environnementales et sociales	8 009 750 000,00
I	total HT	22 697 264 814,02
II	TVA (18%)	4 085 507 666,52
III	Total général TTC	26 782 772 480,54
IV	Coût moyen par kilomètre (HT)	2 121 239 702,24
V	Coût moyen par kilomètre (TTC)	2 503 062 848,65

 Commentaire :

Le coût global du projet est estimé à 26 782 772 480,54 FCFA TTC avec un coût kilométrique de 2 503 062 848,65 FCFA TTC. Cependant les mesures environnementales et sociales occupent une place importante dans la réalisation du projet d'où le montant alloué pour les travaux concernant ce volet. Le figure présenté 10 présenté la proportion du coût global des travaux allouée à chaque volet du projet, pour plus de détails voir annexe 3.

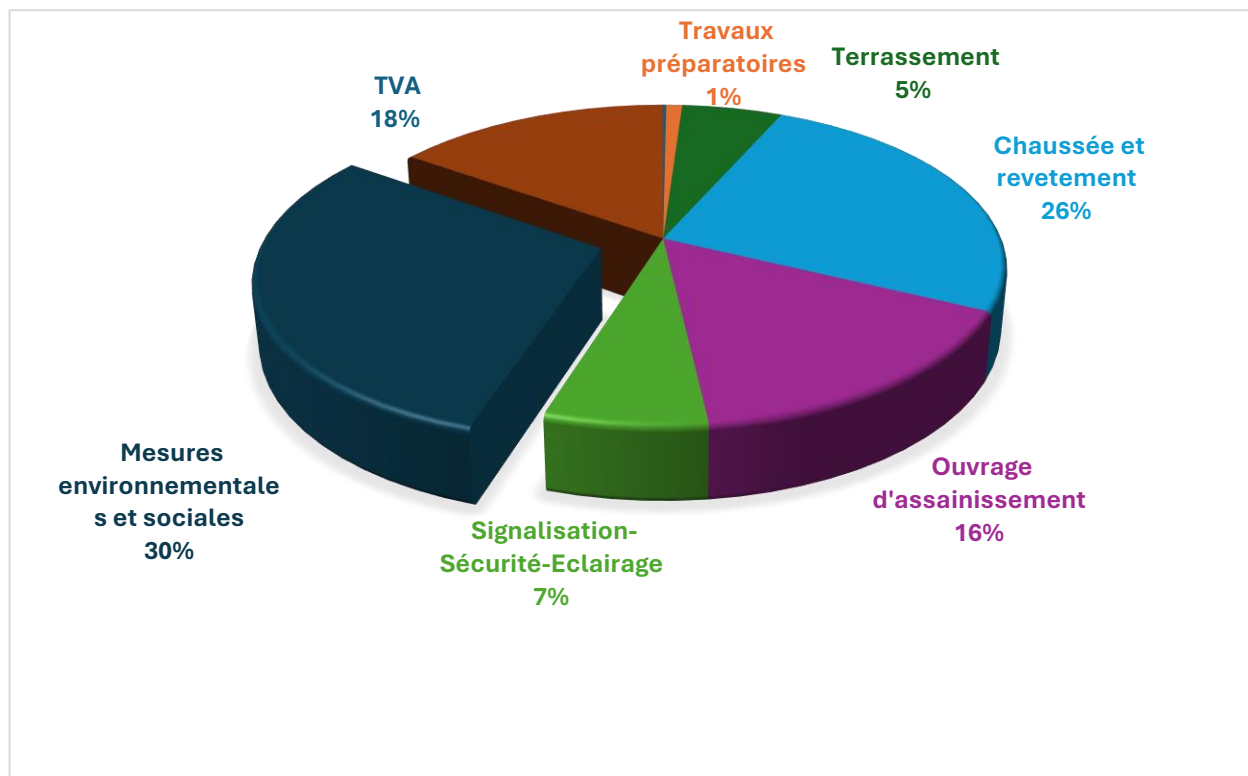


Figure 11 : Diagramme circulaire -coût global

Commentaire :

Les mesures environnementales et sociales représentent une part importante du budget du projet de la Rocade Nord pour plusieurs raisons liées à la nature même des travaux et au contexte de leur réalisation.

Tout d'abord, ces mesures sont indispensables pour garantir la durabilité du projet et limiter ses impacts négatifs sur l'environnement et les populations riveraines. Elles comprennent notamment la protection des sols et des ressources en eau, la gestion et le traitement des déchets issus du chantier, la réduction des nuisances (poussières, bruit, pollution), ainsi que les actions de reboisement et d'aménagement paysager après les travaux. L'ensemble de ces activités nécessite du matériel spécifique, de la main-d'œuvre qualifiée et un suivi permanent, ce qui entraîne des coûts supplémentaires non négligeables.

Ensuite, le tracé du projet traverse des zones habitées ainsi que des terrains comportant des sépultures. La prise en compte de ces contraintes sociales a exigé des opérations délicates telles que l'identification des sites concernés, la concertation avec les populations et les autorités locales, l'exhumation et le déplacement des tombes dans le respect des coutumes et des règles légales, ainsi que l'indemnisation des familles affectées. Ces procédures sont longues, sensibles

et financièrement coûteuses, mais elles sont essentielles pour éviter les conflits sociaux et assurer l'acceptabilité du projet par les communautés locales.

Par ailleurs, le respect des exigences réglementaires nationales et des recommandations des bailleurs de fonds impose la mise en œuvre de plans spécifiques, tels que le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) et le Plan d'Action de Réinstallation (PAR). La réalisation de ces plans implique des études préalables, des campagnes de sensibilisation, des contrôles réguliers et des audits environnementaux, ce qui contribue également à l'augmentation du budget alloué à ces mesures.

Ainsi, la part élevée du budget consacrée aux mesures environnementales et sociales s'explique par la nécessité de concilier la réalisation d'une infrastructure routière majeure avec la protection de l'environnement et le respect des populations affectées. Elle traduit la volonté des autorités et des partenaires du projet de promouvoir un développement durable, socialement acceptable et techniquement responsable.

CONCLUSION GENERALE

Le présent projet a permis de mettre en œuvre une démarche technique rigoureuse, allant des études préliminaires jusqu'à l'élaboration du devis estimatif, en prenant en compte l'ensemble des volets d'études. Les études techniques menées ont permis d'aboutir à une conception de la route conforme aux normes en vigueur, avec une classification de la voie en catégorie U60.

Le dimensionnement de la chaussée et le choix des matériaux ont été réalisés en tenant compte des contraintes de la zone, notamment la disponibilité des matériaux et les conditions environnementales. La structure de chaussée retenue est composée de 7 cm de bitume, 20 cm de graveleux latéritique amélioré au ciment, 20 cm de grave latéritique et 15 cm de grave naturel, adaptée à un trafic de type T4 pour une durée de vie de 15 ans. Le choix approprié des matériaux est indispensable pour assurer la sécurité et la durabilité des ouvrages.

Le projet a également intégré le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Il comprend 6 dalots de dimensions $3 \times 300 \times 300$ cm², $3 \times 200 \times 300$ cm², $3 \times 150 \times 200$ cm², $3 \times 100 \times 200$ cm² et $2 \times 100 \times 100$ cm², ainsi que 3 caniveaux de dimensions 80×80 cm², 100×80 cm² et 110×80 cm². La mise en place de ces ouvrages assure un drainage efficace des eaux de pluie, prévenant ainsi la dégradation de la chaussée et garantissant la continuité du service en toutes saisons.

Par ailleurs, le projet a mis en évidence l'importance de la prise en compte des impacts environnementaux et sociaux liés à la réalisation des travaux routiers. Les différentes phases, depuis l'installation du chantier jusqu'aux travaux de terrassement, peuvent avoir des conséquences sur l'environnement et le bien-être des populations riveraines. La mise en œuvre de mesures d'atténuation, bien que coûteuse, est nécessaire pour garantir l'acceptabilité sociale, réduire les risques et prévenir les conflits.

Enfin, l'ensemble des choix techniques, structurels, hydrauliques et environnementaux s'est traduit par l'élaboration d'un devis estimatif global du projet, évalué à 26 782 772 481 FCFA, soit 2 503 062 848 FCFA (TTC) par kilomètre de route. Bien que certains volets puissent paraître budgétivores, ils constituent un investissement indispensable pour assurer la réussite et la durabilité du projet.

Dans l'optique de garantir la bonne mise en œuvre et la pérennité des ouvrages, il appartient donc de formuler un ensemble de recommandation principalement axés sur les aspects techniques du projet, ce sont entre autres :

- Veiller au respect des normes de conception des ouvrages.

- Assurer un suivi permanent de l'ensemble des travaux.
- Mettre en place un plan de maintenance périodique des ouvrages et de la chaussée.

Ainsi, ce projet constitue une base solide pour la mise en place d'une infrastructure routière durable tout en tenant en intégrant les paramètres indispensables à son acceptabilité et à sa pérennité.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CTAVRU. (2015 estimé). *Publication technique sur voirie urbaine*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- [2] Cerema (ex-Certu). (2010). *Guide des carrefours urbains*. Paris, France : Cerema. ISBN 978-2-11-098922-2.
- [3] SETRA / LCPC. (1994). *Conception et dimensionnement des structures de chaussée*. Paris, France.
- [4] CEBTP. (1984). *Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux*. Paris, France : CEBTP / LCPC.
- [5] AGEROUTE. (2015). *Catalogue de structures de chaussées neuves et de dimensionnement des chaussées au Sénégal*. Dakar, Sénégal.
- [6] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1996). *Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche*. Rome, Italie : FAO.
- [7] ANME. (2024 estimé). *Guide gestion des eaux pluviales en milieu urbain*. Tunis, Tunisie.
- [8] BCEOM. (1981). *Hydraulique routière*. Paris, France : BCEOM, ministère de la Coopération.
- [9] Mounirou. *Essentiel d'hydraulique à surface libre*. Publication pédagogique, Ouagadougou, Burkina Faso.
- [10] Yonaba, R. O.. *Hydraulique à surface libre*. Publication technique, Ouagadougou, Burkina Faso.
- [11] Ministère chargé des Travaux publics – CPC. (1971). *Fascicule 61, titre II : charges et épreuves des ponts-routes*. Paris, France.
- [12] BAEL Committee. (1999). *Béton Armé : BAEL 91 modifié 99*. Paris, France : Éditions Eyrolles.
- [13] Ministère / Collectif. (2010). *Guide technique : Éclairage public*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- [14] Administration locale. (2010). *Arrêté 1*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- [15] Administration locale. (2025). *Mercuriale 2025 – Ouagadougou*. Ouagadougou, Burkina Faso.

ANNEXES

Annexe1 : Conception et études techniques de la route et des carrefours.

Annexe 2 : Hydrologie et Hydraulique.

Annexe 3 : Devis Quantitatif et Estimatif du Projet.

Annexe4 : Tracés combinés

Annexe1 : Conception et études techniques de la route et des carrefours

AXE1 : Profil en long

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	293.743
D1	PENTE= -0.697 %	43.800		
			43.800	293.438
PAR1	S= 54.2515 Z= 293.4014 R = 1500.00	11.370		
			55.170	293.402
D2	PENTE= 0.061 %	110.260		
			165.430	293.469
PAR2	S= 166.3492 Z= 293.4695 R = - 1500.00	10.712		
			176.142	293.438
D3	PENTE= -0.653 %	59.877		
			236.019	293.047
PAR3	S= 245.8121 Z= 293.0146 R = 1500.00	18.538		
			254.557	293.040
D5	PENTE= 0.583 %	46.452		
			301.010	293.311
PAR4	S= 330.1608 Z= 293.3959 R = - 5000.00	36.990		
			338.000	293.390
D6	PENTE= -0.157 %	100.974		
			438.974	293.231
PAR5	S= 442.1094 Z= 293.2290 R = 2000.00	12.622		
			451.596	293.252
D7	PENTE= 0.474 %	164.054		
			615.650	294.030
PAR6	S= 622.7645 Z= 294.0465 R = - 1500.00	9.500		

			625.150	294.045
D8	PENTE= -0.159 %	34.999		
			660.149	293.989
PAR7	S= 663.3297 Z= 293.9865 R = 2000.00	20.864		
			681.014	294.065
D9	PENTE= 0.884 %	486.169		
			1167.183	298.363
PAR8	S= 1122.9732 Z= 298.1679 R = 5000.00	5.451		
			1172.634	298.414
D10	PENTE= 0.993 %	682.404		
			1855.038	305.192
PAR9	S= 1904.6985 Z= 305.4388 R = -5000.00	80.705		
			1935.743	305.342
D11	PENTE= -0.621 %	705.020		
			2640.763	300.965
PAR10	S= 2650.0766 Z= 300.9361 R = 1500.00	4.591		
			2645.354	300.944
D12	PENTE= -0.315 %	291.189		
			2936.543	300.027

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
PAR11	S= 2952.2851 Z= 300.0020 R = 5000.00	86.894		
			3023.437	300.508
D13	PENTE= 1.423 %	14.525		
			3037.962	300.715
PAR12	S= 3059.3079 Z= 300.8668 R = -1500.00	39.258		
			3077.221	300.760
D14	PENTE= -1.194 %	16.395		
			3093.616	300.564
PAR13	S= 3129.4418 Z= 300.3502 R = 3000.00	59.404		
			3153.020	300.443
D15	PENTE= 0.786 %	41.444		

			3194.464	300.769
PAR14	S= 3233.7615 Z= 300.9230 R = -5000.00	10.416		
			3204.880	300.840
D16	PENTE= 0.578 %	334.627		
			3539.506	302.773
PAR15	S= 3510.6247 Z= 302.6891 R = 5000.00	14.021		
			3553.527	302.873
D17	PENTE= 0.858 %	1502.433		
			5055.96	311.270
LONGUEUR DE L'AXE 5055.96				

AXE 2 : Profil en long

Eléments	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	311.410
D1	PENTE= 0.540 %	99.639		
			99.639	311.948
PAR1	S= 107.7415 Z= 311.9703 R = -1500.00	19.105		
			118.744	311.930
D2	PENTE= -0.733 %	361.908		
			480.652	309.275
PAR2	S= 491.6542 Z= 309.2350 R = 1500.00	5.685		
			486.337	309.244
D3	PENTE= -0.355 %	296.622		
			782.959	308.193
PAR3	S= 788.2767 Z= 308.1834 R = 1500.00	1.056		
			784.015	308.189
D4	PENTE= -0.284 %	364.536		
			1148.551	307.154
PAR4	S= 1152.8125 Z= 307.1478 R = 1500.00	18.363		
			1166.914	307.214
D5	PENTE= 0.940 %	16.429		

			1183.343	307.369
PAR5	S= 1230.3465 Z= 307.5895 R = -5000.00	87.428		
			1270.770	307.426
D6	PENTE= -0.808 %	5.117		
			1275.888	307.385
PAR6	S= 1316.3115 Z= 307.2213 R = 5000.00	112.461		
			1388.349	307.740
D7	PENTE= 1.441 %	37.064		
			1425.413	308.274
PAR7	S= 1454.2275 Z= 308.4818 R = -2000.00	73.513		
			1498.925	307.982
D8	PENTE= -2.235 %	429.292		
			1928.217	298.388
PAR9	S= 1894.6940 Z= 298.7628 R = -1500.00	13.081		
			1941.298	298.039
D9	PENTE= -3.107 %	37.622		
			1978.920	296.870
PAR8	S= 2025.5243 Z= 296.1459 R = 1500.00	62.801		
			2041.721	296.233
D10	PENTE= 1.080 %	90.279		
			2132.000	297.208
PAR10	S= 2115.8033 Z= 297.1207 R = 1500.00	8.745		
			2140.745	297.328
D11	PENTE= 1.663 %	452.925		
			2593.67	300.385
	LONGUEUR DE L'AXE 2593.67			

AXE 3 : Profil en long

Eléments	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	300.385
D1	PENTE= -1.014 %	631.568		
			631.568	293.980
PAR1	S= 682.2730 Z= 293.7230 R = 5000.00	67.736		
			699.304	293.752
D2	PENTE= 0.341 %	384.958		
			1084.262	295.063
PAR2	S= 1101.2926 Z= 295.0923 R = -5000.00	38.298		
			1122.559	295.047
D3	PENTE= -0.425 %	1479.362		
			2601.922	288.755
PAR3	S= 2608.3016 Z= 288.7412 R = 1500.00	10.301		
			2612.222	288.746
D4	PENTE= 0.261 %	438.148		
			3050.37	289.070
LONGUEUR DE L'AXE 3050.37				

AXE1 : Tracer en plan

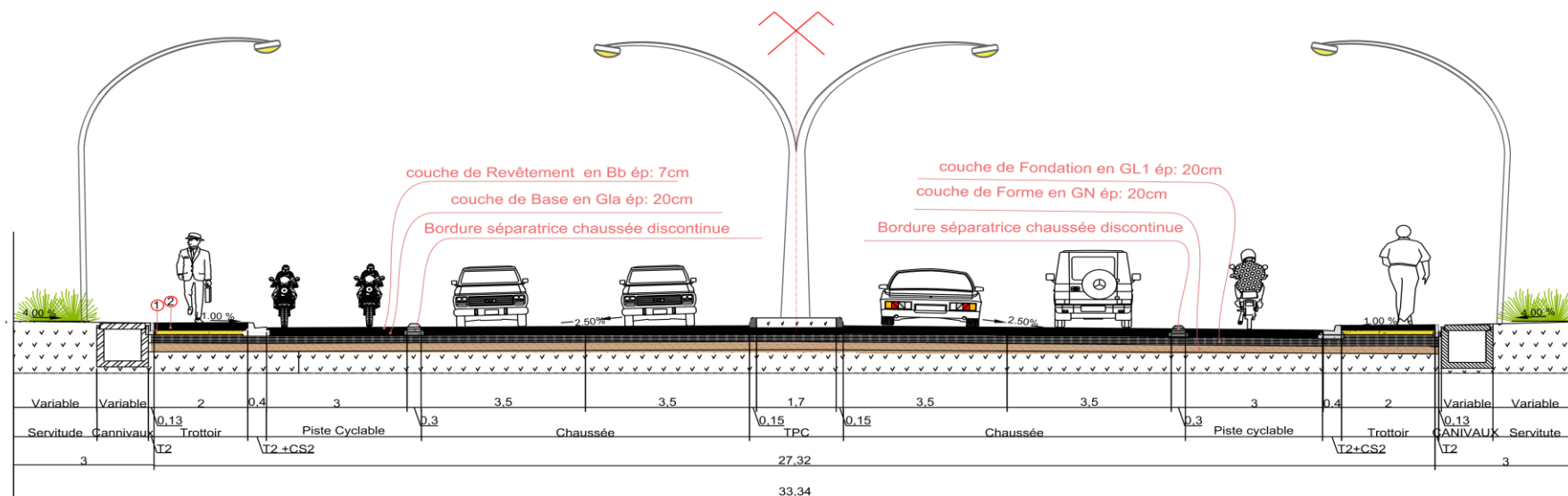
Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	657986.697	1370732.483
D1	ANG = 51.441g	82.329			
			82.329	658043.580	1370792.001
C1	XC= 658405.045 YC= 1370446.542 R = -500.000	155.160			
			237.489	658166.335	1370885.879
D2	ANG = 31.686g	861.931			
			1099.420	658923.692	1371297.383
C2	XC= 661310.795 YC= 1366904.008 R = -5000.000	47.378			
			1146.797	658965.428	1371319.804
D3	ANG = 31.082g	637.923			
			1784.720	659528.816	1371619.037
C3	XC= 659341.186 YC= 1371972.301 R = 400.000	78.229			
			1862.950	659593.888	1371662.233
D4	ANG = 43.533g	571.578			
			2434.528	660036.957	1372023.330
C4	XC= 659784.256 YC= 1372333.398 R = 400.000	4.330			
			2438.858	660040.299	1372026.084
D5	ANG = 44.222g	1050.611			
			3489.469	660847.467	1372698.589
C5	XC= 661103.511 YC= 1372391.276 R = -400.000	14.219			
			3503.688	660858.551	1372707.495
D6	ANG = 41.959g	1028.460			
			4532.148	661671.598	1373337.323
LONGUEUR DE L'AXE 4532.1		48			

AXE2 : Tracer en plan

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	661671.598	1373337.323
D1	ANG = 39.085g	1387.384			
			1387.384	662805.615	1374136.598
C1	XC= 662575.174 YC= 1374463.549 R = 400.000	28.296			
			1415.680	662828.148	1374153.704
D2	ANG = 43.589g	908.899			
			2324.579	663532.193	1374728.524
LONGUEUR DE L'AXE 2324.5		79			

AXE3 : Tracer en plan

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	663532.193	1374728.524
D1	ANG = 349.647g	970.196			
			970.196	664214.409	1374038.696
C1	XC= 667769.503 YC= 1377554.561 R = 5000.000	46.356			
			1016.552	664247.157	1374005.888
D2	ANG = 350.237g	959.256			
			1975.808	664927.974	1373330.122
C2	XC= 661405.629 YC= 1369781.449 R = -5000.000	130.667			
			2106.475	665019.500	1373236.869
D3	ANG = 348.573g	629.610			
			2736.086	665454.614	1372781.803
LONGUEUR DE L'AXE 2736.0		6			

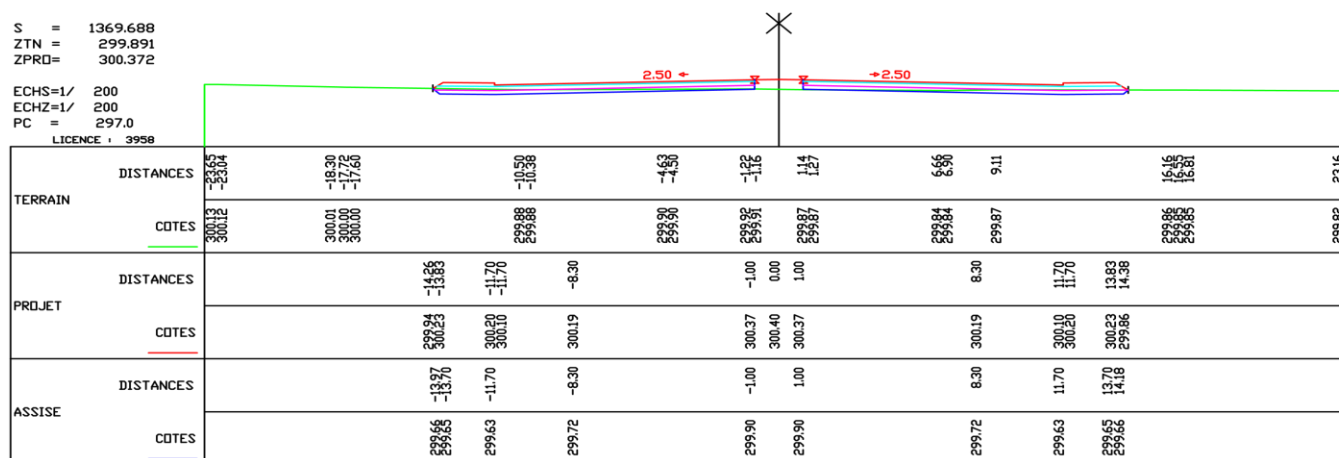


PROFIL 63

RNPIS

S = 1369.688
ZTN = 299.891
ZPRD = 300.372

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 297.0
LICENCE : 3958

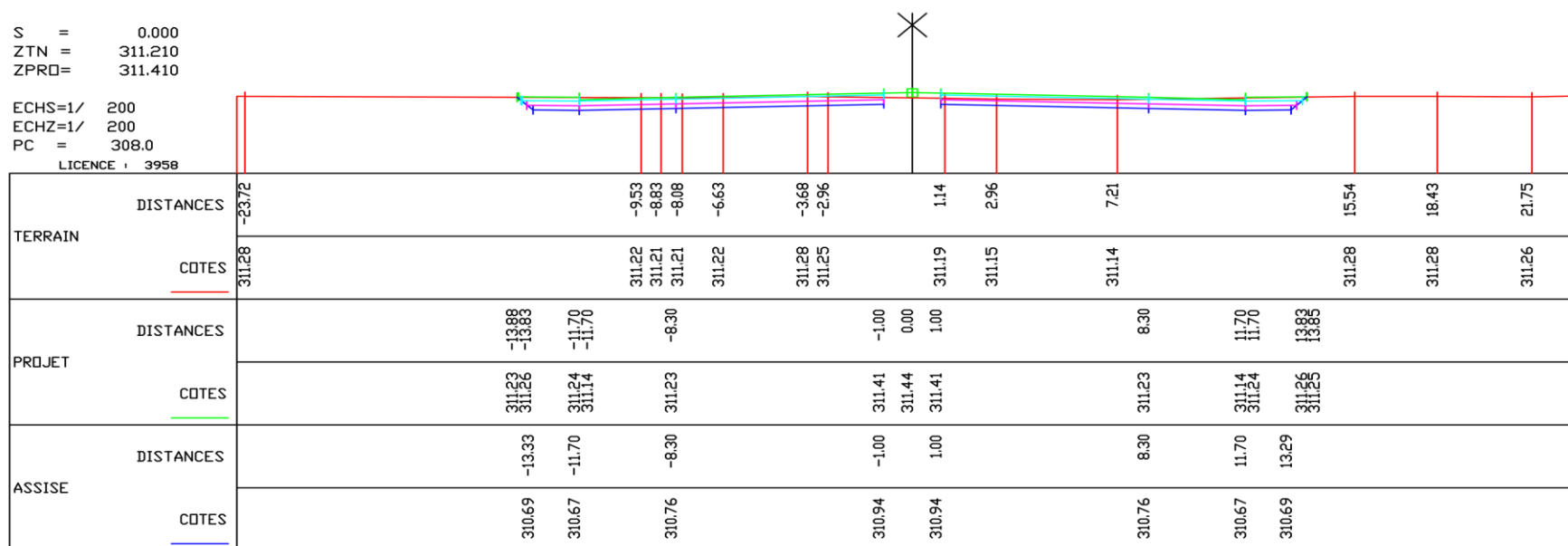


PROFIL 1

RD.PIS

S = 0.000
ZTN = 311.210
ZPRD = 311.410

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 308.0
LICENCE : 3958



	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)		AGEIM-IC 06 BP9223 Ouagadougou Tel:0025365600/ 0063003096	Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 Km)	AXE_2	Dessiné par	SEBOGO W. Ahmed Roland	N°
					Profil en travers courant	Format	A4	01
						Date	26/10/2025	
						Echelle	1/200	

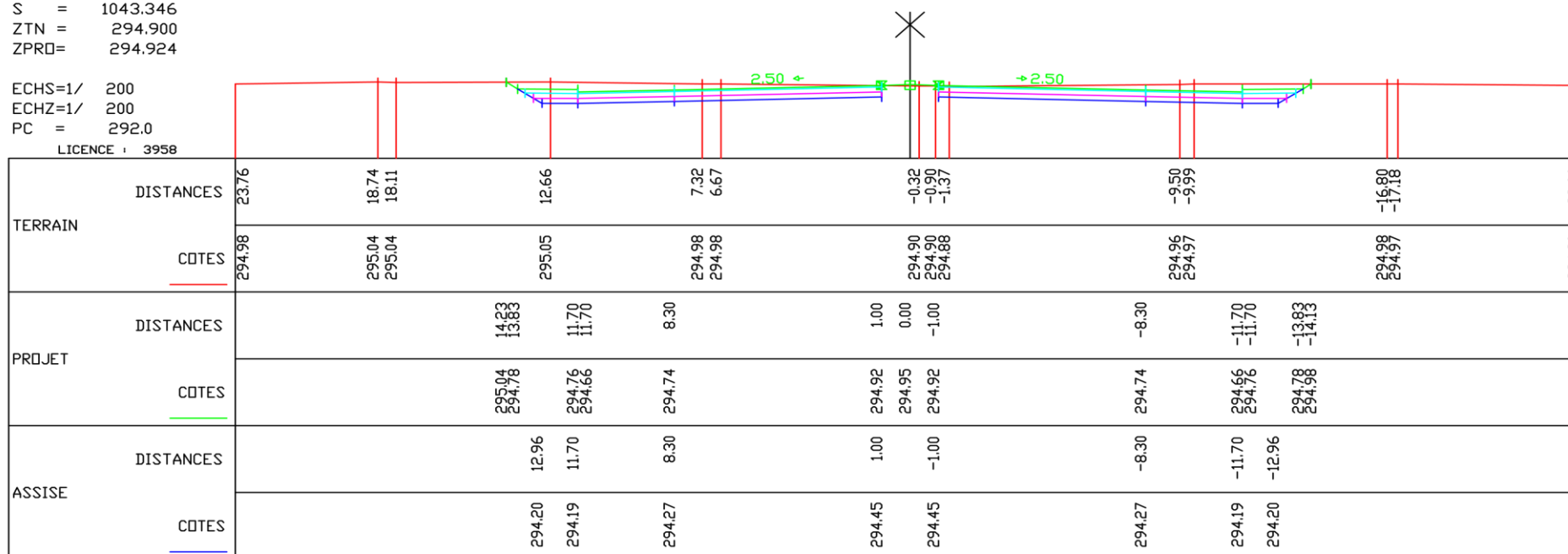
PROFIL 43

RN.PIS

S = 1043.346
ZTN = 294.900
ZPRD= 294.924

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 292.0

LICENCE : 3958



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)		AGEIM-IC 06 BP9223 Ouagadougou Tel:0025365600/ 0063003096	Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 Km)	AXE_3	Dessiné par	SEBOGO W. Ahmed Roland	N°
				Profil en traver s courant	Format	A4	01
					Date	26/10/2025	
					Echelle	1/100 et 1/1000	

➤ Dimensionnement Structurel de la chaussée

Le choix des matériaux effectuer était basé sur la disponibilité des matériaux locaux et des différents caractéristiques mécaniques dont ils font preuves. Chaque matériau est régi par ses caractéristiques mécaniques qui lui sont intrinsèque. Dans le cadre de notre étude, nous avons fait l'usage du coefficient de poisson par défaut proposé par le logiciel alize. Pour ce qui est du module des différentes couches, elles ont été déterminées par la fiche méthode des chaussées souple. Cependant pour ce qui concerne le module du sol support elle a été déterminer à partir d'une formule proposée par le guide CEBTP.

Les matériaux sélectionnés et leurs différentes caractéristiques sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1.1 : caractéristiques des matériaux choisis

MATERIAUX	COUCHES	EPAISSEURS (cm)	MODULES DE YOUNG
BB	Roulement	7	1300
Grave Latéritique amélioré au ciment	Base	20	800
Grave latéritique naturel (Gl2)	Fondation	20	400

A l'issue du choix des matériaux grâce aux données de Traffic et aux différents caractéristiques propre à chaque matériau, le dimensionnement a été fait en considérant un Traffic fort car NE > 250 000PL.

Les figures ci-dessous représentent les résultats obtenus à l'issue du dimensionnement avec le logiciel alize.

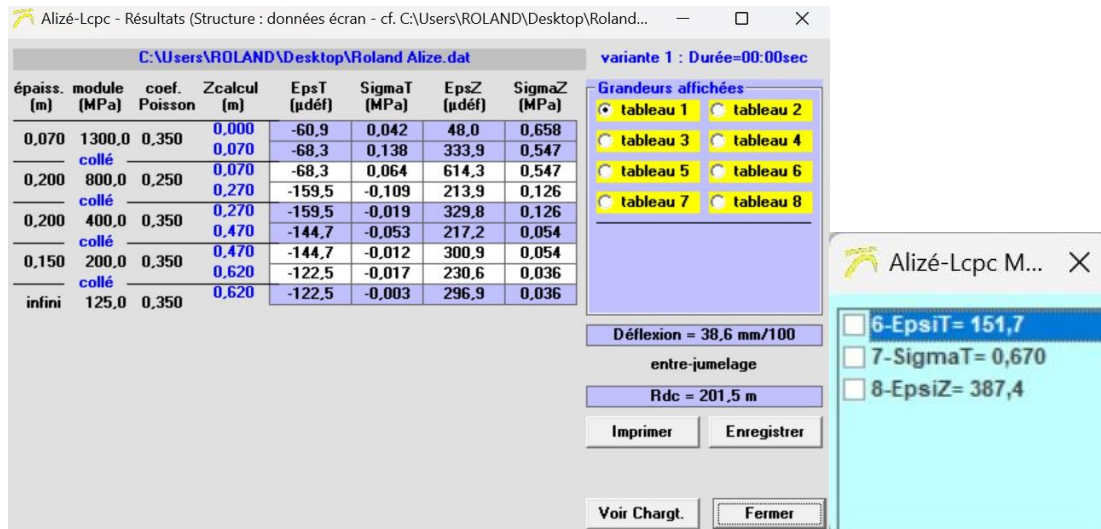


Figure 1.1 : résultat du dimensionnement

A la suite de notre dimensionnement, nous avons constaté que les contraintes admissibles calculer par le logiciel sont inférieure aux contraintes générées par les charges sur les différentes couches de la structure de ce fait, la structure pourra résister au Traffic imposé. Par ailleurs, au regard de l'importance du Traffic et de la catégorie de des véhicules qui devront quotidiennement emprunter cette route, nous avons trouvé nécessaire de renforcer la sécurité de la chaussée par l'ajout d'une couche de forme afin de répartir uniformément les charges aux sols support mais aussi d'assurer la pérennité de l'ouvrage dans le temps.

Tableau 1.2 : Les modifications apportées à la structure de chaussée

MATERIAUX	COUCHES	EPAISSEURS (cm)	MODULES DE YOUNG
BB	Roulement	5	1300
Grave Latéritique amélioré au ciment	Base	20	800
Grave latéritique naturel (G12)	Fondation	20	400
Grave naturel	forme	20	200

Les résultats obtenus à la suite de ce choix sont les suivantes :

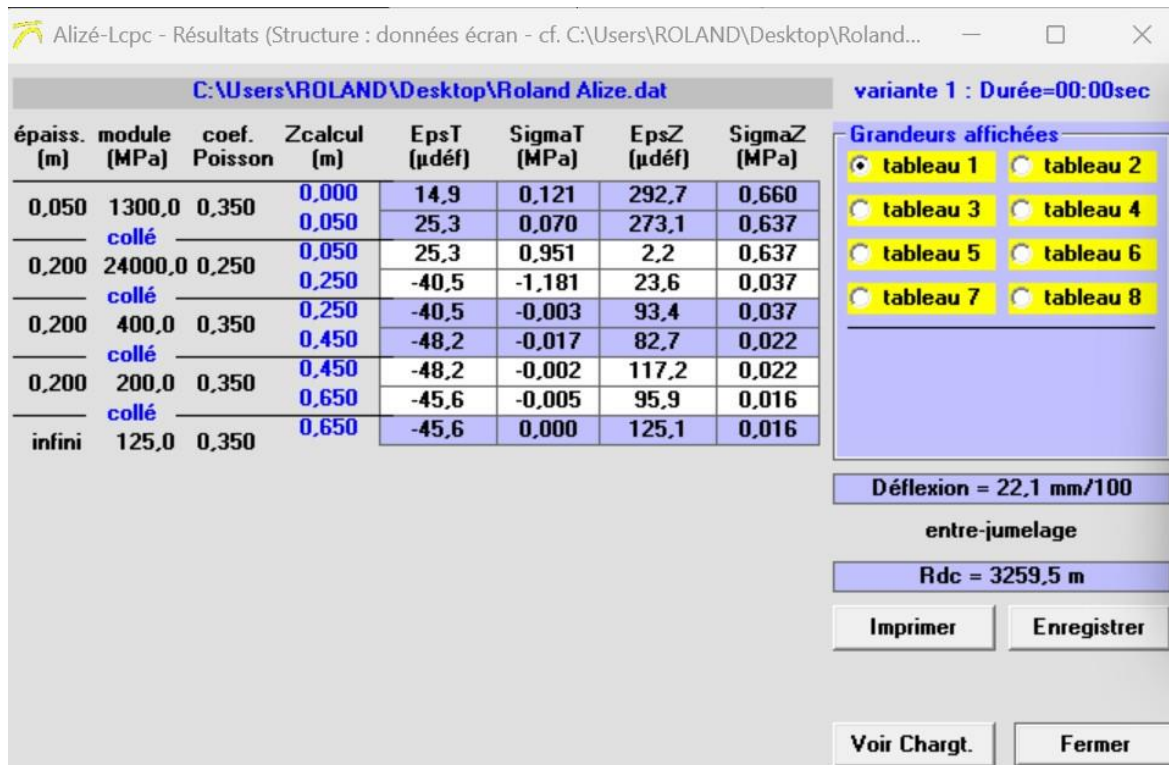


Figure 1.2 : Résultat de dimensionnement.

Par rapport à la première proposition, nous constatons une diminution de la contrainte de déformation vertical a la surface du sol support, ce qui traduit donc le rôle de la couche de forme à répartir uniformément les charges.

Annexe 2 : Hydrologie et Hydraulique

Hydrologie

Les principaux paramètres physiques considérés pour nos bassins et sous-bassins versants sont entre autres :

- **La superficie S (km²)**
- **Le périmètre P (Km)**
- **L'indice de compacité I_{COMP}** : c'est un paramètre géométrique qui renseigne sur la forme du bassin versant et sur l'influence de cette forme sur l'écoulement des eaux.

$$I_{com} = 0.282 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

- Bassin ramassé $I_{com} < 1$
- Bassin allongé $I_{com} > 1$
- **La longueur du rectangle équivalent L (km)** : Elle permet la simplification de la forme du bassin versant en un rectangle tout en conservant la même superficie et des caractéristiques géométriques proches.

$$L = \frac{I_{com}\sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{I_{com}} \right)^2} \right]$$

- **L'indice de pente global I_g** : Elle permet d'évaluer la déclivité générale d'un bassin versant.

$$I_g = \frac{D}{L}$$

- D représente la dénivelée exprimée en m entre les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elle. Elles sont obtenues grâce à la courbe hypsométrique.
- L représente la longueur du rectangle équivalent exprimé en km

- **L'indice de pente corrigé I_{cor}** : c'est une version ajustée de la pente globale d'un bassin versant. Elle tient compte de la forme du bassin, du relief et parfois de la rugosité du terrain

$$I_{g\ cor} = \frac{(n - 1)I_g + I_t}{n}$$

- I_t représente la pente moyenne du bassin versant et est exprimé en m /km.
- n est un coefficient dépendant de L .
 - $n = 2$ pour $L < 5$ km
 - $n = 3$ pour $5\text{ km} < L < 25$ km
 - **$n = 4$ pour $25\text{ km} < L < 50$ km**
 - $n = 5$ pour $L > 50$ km
 -



Méthode Rationnel

$QP = 0.278 \times C \times I \times A$ avec $I = a \times T_c^{-b}$

QP : Débit de pointe à l'exutoire en m^3/s .

0.278 : coefficient de convergence.

C : Coefficient de ruissèlement

I : Intensité de l'averse

A : superficie du bassin versant en km^2

T_c : Représente le temps de concentration exprimé en min, il correspond au temps que mettra la goutte la plus éloignée du bassin versant à rejoindre l'exutoire.

a ; b : Représente les coefficients de montana.

Tableau 2.1 : Caractéristiques bassin versant 4

BV	Superficie (ha)	Périmètre (km)	Pente (%)	L'écoulement (km)	Indice de compacité	Longueur du rectangle	Temps de concentration (mn)	a	b	Intensité I (mm/h)	Coefficient de ruissellement C	Débits Q (m ³ /s)
BV4	225,9	8,23	0,03	2,805	1,54	3,46	33,38	9,40	0,50	0,21	0,65	8,57

Méthode ORSTOM

La méthode ORSTOM est applicable aux grands bassins versant dont la superficie est supérieure à 4 km² et peut atteindre 200km².

$$Q_{10} = \frac{A \times \alpha_0 \times P_{10} \times Kr_{10} \times S}{T_b}$$

A : Coefficient d'Abattement.

α_0 : Coefficient de pointe.

T_{b10} : Temps de base de la crue décennal.

Kr_{10} : Coefficient de ruissèlement décennale.

S : Superficie du Bassin Versant (km²).

P_{10} : Précipitation journalière décennal.

Le coefficient d'abattement **A** est un coefficient de réduction du débit de pointe théorique en tenant compte des pertes de, ruissellement sachant que l'eau de ruissellement ne contribue pas totalement au débit de pointe. Il se calcule par la formule suivante :

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

P_{an} : Hauteur moyenne des précipitations annuelles

Tableau 2.2: Calcul du coefficient d'abattement des bassins versants

Calcul du coefficient d'abattement			
BV	Superficie (km ²)	Pluie annuelle pan (mm)	Coefficient d'abattement A
BV1	14,795	791	0,850485
BV2	5,694	791	0,9034743
BV3	4,388	791	0,9179325

La hauteur de pluie journalière P_{10} est obtenue grâce à une analyse des données pluviométriques de la région concernée par notre étude (KADIOGO). Le tableau suivant représente les données pluviométriques relatif à notre zone d'étude :

Tableau 2.3 : Données Pluviométrique de la zone de Ouagadougou.

Années	Pjmax
1961	72,1
1962	93,6
1963	58,4
1964	57,3
1965	62,4
1966	42,7
1967	56,1
1968	40,2
1969	102,7
1970	89,6
1971	89,8
1972	59,9
1973	59,0
1974	60,5
1975	65,6
1976	76,7
1977	89,3
1978	67,5
1979	46,5
1980	45,7
1981	61,5
1982	37,1
1983	63,3
1984	42,8
1985	50,4
1986	47,2

1987	75,6
1988	64,2
1989	74,9
1990	55,0
1991	105,2
1992	53,9
1993	54
1994	58,2
1995	73,1
1996	70,3
1997	45,2
1998	72,4
1999	66,0
2000	58,6
2001	49,8
2002	58,1
2003	62,1
2004	55,1
2005	75,7
2006	51,5
2007	116,7
2008	58,4
2010	70,4
2011	43,8
2012	67,8
2013	67,3
2014	57,2
2015	115

Tableau 2.4 : Les résultats issus de l'analyse fréquentiel.

T	q	XT	Ecart- type	Intervalle de confiance 95%
10000.0	0.9995	180	15.3	129 - 188
2000.0	0.9990	159	13.9	122 - 177
1000.0	0.9950	149	10.8	106 - 149
200.0	0.9900	128	9.45	99.8 - 137
100.0	0.9800	118	8.11	93.0 - 125
50.0	0.9500	109	6.35	84.0 - 109
20.0	0.9000	96.4	5.03	76.9 - 96.7
10.0	0.8000	86.8	3.72	69.4 - 84.0
5.0	0.6667	76.7	2.81	63.2 - 74.2
3.0	0.5000	68.7	2.21	57.2 - 65.9
2.0	0.3000	61.5	2.03	50.1 - 58.1
1.4286	0.2000	54.1	2.16	46.0 - 54.5
1.2500	0.1000	50.2	2.50	40.5 - 50.3
1.1111	0.0500	45.4	2.84	36.3 - 47.5
1.0526	0.0200	41.9	3.23	32.0 - 44.6
1.0204	0.0100	38.3	3.48	29.3 - 43.0
1.0101	0.0050	36.1	3.71	27.0 - 41.5
1.0050	0.0010	34.3	4.16	22.5 - 38.9
1.0010	0.0005	30.7	4.32	20.9 - 37.9
1.0005	0.0001	29.4	4.66	17.7 - 36.0
1.0001	0.9995	26.8	15.3	129 - 188

Commentaire :

La détermination du débit généré par les bassins versants à partir de la méthode ORSTOM passe d'abord par une analyse fréquentielle afin de déterminer la hauteur des pluies pour une période décennal. Les ouvrages hydrauliques et en particulier les dalots étant dimensionner en tenant compte du période de retour de 10 ans, il est donc nécessaire de déterminée la crue décennal correspondant afin de garantir la sécurité de l'ouvrage. La période de retour décennal traduit probabilité de dépassement annuel de débit de crue de 1/10 soit une augmentation de 10 % par ans. Elle traduit une fréquence statistique utilisé pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Pour ce qui nous concerne, nous avons une hauteur de pluie décennal estimé à 86.8 mm Nous constatons que lorsque la période de retour diminue la probabilité de dépassement diminue entrainant parallèlement le la réduction de la plage dans laquelle la valeur réelle de l'évènement à 95% de chance de se situer. Cela, traduit le fait que les évènements hydrologiques de période de retour faible son moins extrêmes et plus fréquent.

- Détermination de kr_{10}

Le coefficient de ruissèlement décennal kr_{10} est obtenu par interpolation entre les coefficients de ruissèlement kr_{70} et kr_{100} qui correspondent à des précipitations décennales respectif de $P_{10.1}=70\text{mm}$ et $P_{10.2}=100\text{mm}$ et son déterminé en fonction de la superficie S du bassin versant, de l'infiltrabilité et de l'indice global de pente. Leurs formules analytiques général sont données par :

$$kr_{70} \text{ ou } kr_{100} = \frac{a}{(s+b)} + c$$

Tableau 2.5 : Paramètres de l'équation de détermination de kr_{70} 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	9,5

Tableau 2.6 : 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	80
	3	1440	100	28
RI	15	325	30	26
	7	240	30	22
	3	200	30	17
P	7	55	17	9,5

Pour les régions ayant un climat tropical sec, la détermination des coefficients de ruissellement kr_{70} et kr_{100} peut se faire analytiquement pour des superficies comprises entre 1 et 1500 à 2000km². Le tableau 2.7 présente les résultats de calculs de kr_{10} obtenues :

Tableau 2.7: Détermination du coefficient Kr10

Détermination du coefficient Kr10						
Bv	Superficie (km2)	Indice de pente global corrigé	Kr70 (%)	K100 (%)	P10	Kr10 (%)
BV1	14,795	3,2025521	19,560964	21,763192	86,8	22,76433 7
BV2	5,694	3,644159	21,714958	23,588848	86,8	22,76433 7
BV3	4,388	3,83595	22,532396	24,350433	86,8	23,55049 6

Le temps de base T_b est la durée totale de l'écoulement direct à l'exutoire du bassin versant. C'est le temps compris entre le début de la crue et la fin du ruissèlement dans le bassin versant. Dans la région tropicale sèche comme le nôtre, cette valeur est déterminée par des équations incluant les paramètres a et b qui varient en fonction de l'indice de pente global I_g . L'équation générale s'écrit sous la forme :

$$T_{b10} = a \cdot s^{0,36} + b$$

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

$$I_g = 1 \quad T_{b10} = 560 \cdot S^{0,36} + 400$$

$$I_g = 3 \quad T_{b10} = 325 \cdot S^{0,36} + 315$$

$$I_g = 7 \quad T_{b10} = 163 \cdot S^{0,36} + 142$$

$$I_g = 10 \quad T_{b10} = 95 \cdot S^{0,36} + 80$$

$$I_g = 15 \quad T_{b10} = 75 \cdot S^{0,36} + 55$$

$$I_g = 25 \quad T_{b10} = 44 \cdot S^{0,36} + 28$$

$$I_g = 30 \quad T_{b10} = 35 \cdot S^{0,36} + 20$$

Le tableau 2.8 présente les résultats de calcul du temps de base :

Tableau 2.8 : Résultats de calcul du temps de base

Détermination du temps de base Tb10					
Bv	Superficie (km ²)	Indice de pente global corrigé	a	b	Tb10 (min)
BV1	14,795	3,2025521	316,79664	306,23962	1141,8849
BV2	5,694	3,644159	298,91156	287,14012	846,24464
BV3	4,388	3,83595	284,66688	271,92821	756,7174

METHODE CIEH

La méthode CIEH est une approche statistique de prédétermination des crues décennal dans les régions sahélienne et tropical sèche notamment en Afrique de l'Ouest.

$$Q_p = a \times S^s \times P_{an}^p \times I_g^i \times k_{r10}^k \times Dd^d$$

Les coefficients a, s, i, k, d sont à déterminer

S : superficie du bassin versant (km²)

P_{an} : Pluie annuel Moyenne (mm)

K_{r10} : coefficient de ruissèlement décennal (%)

Dd : Densité de drainage (km⁻¹)

I_g : Indice Global de pente (m/km)

La détermination du débit décennal Q₁₀ se fait par régressions. La méthode par régression permet de modéliser la relation existante entre une variable dépendante et une ou plusieurs variables indépendantes. A l'origine, cette méthode était basée sur 162 bassins versants provenant du recueil Dubreuil (1972). Ce nombre représentait un échantillon statistiquement fiable qui devrait permettre d'élaborer une méthode de prédétermination des crues, d'analyser les caractéristiques physiques-hydrologique des bassins versant, constituer des sous ensemble homogènes et fournir un outil pratique pour les ingénieurs. En 1993, un fichier informatique comportant toutes les données disponibles à ce jour ont conduit à un ensemble de 414 bassins utilisable. Ces bassins ont été classés en sous ensemble en fonctions de plusieurs critères tels que : le climat, la géographie, la fiabilité et la qualité des données. Cependant, les coefficients appliqués pour la détermination du débit Q_{p10} varient en fonction des régions.

Tableau 2.9 : Coefficients CIEH en fonction des équations

Equations	a	s	i	k	p
39	0,41	0,425		0,923	-
40	0,254	0,462	0,101	0,976	-
42	0,0912	0,643	0,399	1,019	-
43	35600	0,342	-	-	-1,808
44	203	0,459	-	0,813	-1,301
45	22400	0,363	0,059	-	-1,748

Pour les Etude hydraulique des ouvrages transversaux, le débit à retenir pour le dimensionnement sera obtenue en faisant la moyenne des débits de chaque bassin versant obtenues par la méthode CIEH et ceux obtenues par la méthode d'ORSTOM. Les tableaux suivants représentent respectivement les débits obtenus par la méthode CIEH et les débits de projet retenu.

Tableau 2.10 : débits obtenus par la méthode CIEH

	BV1	BV2	BV3
Superficie (km ²)	14,795	5,694	4,388
Indice de pente global corrigé lcor	3,20255211	3,644159	3,83595004
Kr10 (%)	0,22764337	0,22764337	0,23550496
Coefficient d'abattement A	0,85048505	0,90347427	0,91793246
P10 (mm)	86,8	86,8	86,8
Pm10	73,8221023	78,4215664	79,6765372
EQ39	0,32872224	0,21906987	0,20235001
EQ40	0,23397143	0,1524891	0,14047664
EQ42	0,18159948	0,1034781	0,09247102
EQ43	37,4928359	24,2472987	21,5526029
EQ44	0,7789626	0,46453706	0,41505108
EQ45	34,612597	22,1883763	19,6930814
Debit Q(m3/s)	7,80321832	5,03737457	4,48059032

Tableau 2.11 : Débits retenues

BV	Surface (km ²)	Périmètre (km)	Pente (%)	Z MAX	Z MIN	Méthode de calcul		Débits retenus (m ³ /s)
						OSTROM	CIEH	
BV1	14,795	22,606	2,84	320	288	9,4353095	7,803218318	8,6192639
BV2	5,694	17,112	2,8	319	292	5,2051607	5,037374571	5,1212676
BV3	4,388	12,811	2,64	318	293	4,7150414	4,480590322	4,5978159

 CAQUOT

Le tableau ci-contre présente les différents résultats obtenus par la méthode de CAQUOT. Elle concerne essentiellement les sous bassins versant .

Tableau 2.12 : Les différents résultats obtenus par la méthode de CAQUOT

Assemblage	Superficie (km ²)	Superficie (ha)	Superficie cumulée Aeq = ΣA _j (ha)	Pente %	Coeficient de ruissellement	Périmètre (hm)	Chemin Hydraulique L _j (hm)	Leq = ΣL _j (hm)	M _j = L _j /√A _j	Meq = ΣL _j /√ΣA _j	u=1+0,287b	μ = 0,84b/1+0,287b	v = -0,41b	w = 0,95+0,507b	M _j # 2 m _j = (M _j /2)^(0,7*b)	Meq # 2 m = (Meq/2)^(0,7*b)	K = 0,5^b*a/6,6	C = Ceq = (ΣC _j *A _j)/ΣA _j	leq = (ΣL _j) ² /(Σ(L _j /√l _j)) ²	Q _j (m ³ /s)	ΣQ _j (m ³ /s)	Q _p (m ³ /s)
sbv-eq1=sbv1-4	0,04114	4,114	4,114	0,0416	0,65	8,6352	5,785584	5,785584	2,85243042	2,85243042	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,88315153	0,88315153	2,014182952	0,65	0,0416	1,78506007	1,78506007	1,78506007
sbv-eq2=sbv1-4+sbv1-3	0,04753	4,753	8,867	0,0377	0,65	9,1227	6,112209	11,897793	2,80358862	3,99556366	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,88850627	0,78488889	2,014182952	0,65	0,0377	1,97258473	3,7576448	3,27533424
sbv-eq3=sbv1-4+sbv1-3+sbv1-2	0,0514	5,14	14,007	0,0205	0,65	9,61	6,4387	18,336493	2,83998882	4,89940919	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,88450375	0,73081962	2,014182952	0,65	0,0205	1,80880435	5,56644915	4,08734499
sbv-eq4=sbv1-4+sbv1-3+sbv1-2+sbv1-1	0,03385	3,385	20,246	0,0306	0,65	7,6036	5,094412	23,430905	2,76894754	5,20738211	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,89238106	0,71539136	2,014182952	0,65	0,0306	1,43009163	6,99654078	6,12401937
sbv-eq1=sbv1-5	0,02854	2,854	2,854	0,0272	0,65	6,9779	4,675193	4,675193	2,76740397	2,76740397	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,89255524	0,89255524	2,014182952	0,65	0,0272	1,2104421	1,2104421	1,2104421
sbv-eq2=sbv1-5+sbv1-6	0,02355	2,355	5,209	0,0444	0,65	6,2554	4,191118	8,866311	2,73108007	3,88477421	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,89669231	0,79265184	2,014182952	0,65	0,0444	1,16954518	2,37998728	2,23036686
sbv-eq1=sbv1-8	0,02662	2,662	2,662	0,0142	0,65	6,4655	4,331885	4,331885	2,65505116	2,65505116	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,90559702	0,90559702	2,014182952	0,65	0,0142	0,99331125	0,99331125	0,99331125
sbv-eq2=sbv1-8+sbv1-7	0,03184	3,184	5,846	0,0221	0,65	6,4655	4,331885	8,66377	2,42767412	3,58325329	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,93442374	0,81538623	2,014182952	0,65	0,0221	1,31798828	2,31129953	2,16023827
sbv-eq1=sbv2-1	0,1565	15,65	15,65	0,0313	0,65	19,65	13,1655	13,1655	3,32797601	3,32797601	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,8367533	0,8367533	2,014182952	0,65	0,0313	4,68273388	4,68273388	4,68273388
sbv-eq2=sbv2-8	0,04192	4,192	4,192	0,0344	0,65	8,25	5,5275	5,5275	2,69971621	2,69971621	0,8565	-0,490367776	0,205	0,6965	0,90032469	0,90032469	2,014182952	0,65	0,0344	1,76561318	1,76561318	1,76561318

sbv- eq3=sbv 2- 8+sbv2- 7	0,03445	3,445	7,637	0,028	0,65	7,9038	5,295546	10,823 046		2,85309 434	3,91640 962	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,883079 6	0,7904049 7	2,01418 2952	0,65	0,028	1,40536 291	3,17097 609	2,68495 295
sbv- eq4=sbv 2- 8+sbv2- 7+sbv2- 6	0,03253	3,253	0,108 9	0,025 5	0,65	7,2116	4,831772	15,654 818		2,67894 872	47,4388 424	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,902761 35	0,3301517 2	2,01418 2952	0,65	0,0255	1,34087 148	4,51184 757	0,08466 791
sbv- eq5=sbv 2- 8+sbv2- 7+sbv2- 6+sbv2- 5	0,03908	3,908	0,147 98	0,024	0,65	8,1669	5,471823	21,126 641		2,76792 783	54,9197 992	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,892496 11	0,3136572 8	2,01418 2952	0,65	0,024	1,51672 31	6,02857 068	0,10586 383
sbv- eq6=sbv 2- 8+sbv2- 7+sbv2- 6+sbv2- 5+sbv2- 4	0,0675	6,75	0,215 48	0,040 7	0,65	10,93	7,3231	28,449 741		2,81866 25	61,2879 131	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,886840 3	0,3018417 5	2,01418 2952	0,65	0,0407	2,66721 578	8,69578 646	0,16203 357
sbv- eq7=sbv 2- 8+sbv2- 7+sbv2- 6+sbv2- 5+sbv2- 4+sbv2- 3	0,1467	14,67	0,362 18	0,027 4	0,65	15,82	10,5994	39,049 141		2,76736 36	64,8857 386	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,892559 79	0,2958749 9	2,01418 2952	0,65	0,0274	4,59059 248	13,2863 789	0,22628 514
sbv- eq7=sbv 2- 8+sbv2- 7+sbv2- 6+sbv2- 5+sbv2- 4+sbv2- 3+sbv2- 2	0,1184	11,84	0,480 58	0,028 1	0,65	15,12	10,1304	49,179 541		2,94408 77	70,9417 054	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,873429 26	0,2867774	2,01418 2952	0,65	0,0281	3,79656 329	17,0829 422	0,28038 987

sbv- eq1=sbv 3-1	0,03003	3,003	0,030 03	0,028 2	0,65	8,78	5,8826	8,78		3,39462 381	50,6660 27	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,830966 32	0,3226336 1	2,01418 2952	0,65	0,0282	1,18472 625	1,18472 625	0,02800 474
sbv- eq2=sbv 3- 1+sbv3- 2	0,04005	4,005	0,070 08	0,026 8	0,65	9,84	6,5928	18,62		3,29434 168	70,3368 039	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,839733 49	0,2876382 1	2,01418 2952	0,65	0,0268	1,49475 707	2,67948 333	0,05569 078
sbv- eq3=sbv 3- 1+sbv3- 2+sbv3- 3	0,02814	2,814	0,098 22	0,024 6	0,65	7,5946	5,088382	17,563 782		3,03331 604	56,0425 739	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,864349 36	0,3114434 3	2,01418 2952	0,65	0,0246	1,13127 94	3,81076 272	0,07390 033
sbv- eq4=sbv 3- 1+sbv3- 2+sbv3- 3+sbv3- 4	0,02879	2,879	0,127 01	0,033	0,65	7,5971	5,090057	22,653 839		2,99986 571	63,5657 026	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,867710 52	0,2980111 4	2,01418 2952	0,65	0,033	1,24124 02	5,05200 292	0,09809 586
sbv- eq5=sbv 3- 1+sbv3- 2+sbv3- 3+sbv3- 4+sbv2- 5	0,03814	3,814	0,165 15	0,024 1	0,65	9,0548	6,066716	28,720 555		3,10644 251	70,6730 019	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,857172 71	0,2871585 6	2,01418 2952	0,65	0,0241	1,42955 847	6,48156 139	0,11127 849
sbv- eq6=sbv 3- 1+sbv3- 2+sbv3- 3+sbv3- 4+sbv2- 5+sbv2- 6	0,0566	5,66	0,221 75	0,039	0,65	11,72	7,8524	36,572 955		3,30060 991	77,6655 17	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,839174 98	0,2778309 4	2,01418 2952	0,65	0,039	2,16486 707	8,64642 846	0,15534 839
sbv- eq1=sbv 3-7	0,03364	3,364	3,364	0,026 7	0,65	7,5224	5,040008	5,0400 08		2,74791 46	2,74791 46	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,894765 78	0,8947657 8	2,01418 2952	0,65	0,0267	1,38087 178	1,38087 178	1,38087 178
sbv- eq1=sbv 4-1	0,0508	5,08	5,08	0,022 2	0,65	9,51	6,3717	6,3717		2,82698 474	2,82698 474	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,885925 67	0,8859256 7	2,01418 2952	0,65	0,0222	1,82904 152	1,82904 152	1,82904 152
sbv- eq2=sbv 4- 1+sbv4- 2	0,01042	1,042	6,122	0,016	0,65	5,0487	3,382629	9,7543 29		3,31375 586	3,94230 969	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,838008 3	0,7885836	2,01418 2952	0,65	0,016	0,44112 126	2,27016 279	1,86176 306

sbv- eq3=sbv 4- 1+sbv4- 2+sbv4- 3	0,00835	0,835	6,957	0,024 7	0,65	4,2789	2,866863	12,621 192		3,13735 528	4,78508 186	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,854207 15	0,7368841 6	2,01418 2952	0,65	0,0247	0,41667 181	2,68683 46	2,33630 756
sbv- eq4=sbv 4- 1+sbv4- 2+sbv4- 3+sbv4- 4	0,00725	0,725	7,682	0,034	0,65	4,1529	2,782443	15,403 635		3,26781 358	5,55758 441	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,842113 16	0,6992788 2	2,01418 2952	0,65	0,034	0,39530 303	3,08213 762	2,69503 267
sbv- eq5=sbv 4- 1+sbv4- 2+sbv4- 3+sbv4- 4+sbv4- 5	0,002482	0,2482	7,930 2	0,047 8	0,65	2,0571	1,378257	16,781 892		2,76649 136	5,95934 944	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,892658 28	0,6824029 6	2,01418 2952	0,65	0,0478	0,19014 506	3,27228 268	3,18067 948
sbv- eq1=sbv 4-8	0,02998	2,998	2,998	0,022 6	0,65	7,4863	5,015821	5,0158 21		2,89685 138	2,89685 138	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,878387 86	0,8783878 6	2,01418 2952	0,65	0,0226	1,18610 054	1,18610 054	1,18610 054
sbv- eq2=sbv 4- 8+sbv4- 7	0,002046	0,2046	3,202 6	0,023 5	0,65	1,8487	1,238629	6,2544 5		2,73834 668	3,49492 432	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,895858 77	0,8225404 7	2,01418 2952	0,65	0,0235	0,13759 757	1,32369 811	1,28839 497
sbv- eq2=sbv 4- 8+sbv4- 7+sbv4- 6	0,002536	0,2536	3,456 2	0,021 269	0,65	2,1269	1,425023	7,6794 73		2,82974 466	4,13077 923	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,885623 15	0,7757991 6	2,01418 2952	0,65	0,021269	0,15815 27	1,48185 081	1,32313 253
sbv- eq1=sbv 4-9	0,0078	0,78	0,78	0,021 2	0,65	3,7868	2,537156	2,5371 56		2,87276 347	2,87276 347	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,880958 69	0,8809586 9	2,01418 2952	0,65	0,0212	0,39195 777	0,39195 777	0,39195 777
sbv- eq2=sbv 4- 9+sbv4- 10	0,00621	0,621	1,401	0,010 3	0,65	3,2132	2,152844	4,69		2,73191 235	3,96235 858	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,896596 69	0,7871847 6	2,01418 2952	0,65	0,0103	0,27882 878	0,67078 654	0,54035 18
sbv- eq3=sbv 4-11	0,00791	0,791	0,791	0,032 9	0,65	5,3923	3,612841	3,6128 41		4,06219 35	4,06219 35	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,780358 72	0,7803587 2	2,01418 2952	0,65	0,0329	0,39012 644	0,39012 644	0,39012 644
sbv- eq1=sbv 4-12	0,01319	1,319	1,319	0,035 4	0,65	5,3399	3,577733	3,5777 33		3,11519 709	3,11519 709	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,856328 83	0,8563288 3	2,01418 2952	0,65	0,0354	0,66031 183	0,66031 183	0,66031 183

sbv- eq2=sbv 4- 12+sbv4 -13	0,00699	0,699	2,018	0,033 6	0,65	3,4416	2,305872	5,8836 05		2,75801 49	4,14174 091	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,893617 54	0,7750799	2,01418 2952	0,65	0,0336	0,40605 354	1,06636 537	0,96164 158
sbv- eq3=sbv 4- 12+sbv4 - 13+sbv4 -14	0,00791	0,791	2,809	0,020 6	0,65	3,7524	2,514108	8,3977 13		2,82680 394	5,01054 721	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,885945 5	0,7251046 5	2,01418 2952	0,65	0,0206	0,39596 077	1,46232 614	1,10972 046
sbv- eq4=sbv 4- 12+sbv4 - 13+sbv4 - 14+sbv4 -15	0,01559	1,559	4,368	0,030 4	0,65	6,0686	4,065962	12,463 675		3,25641 883	5,96354 912	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,843143 33	0,6822347 2	2,01418 2952	0,65	0,0304	0,71815 954	2,18048 568	1,65986 696
sbv- eq5=sbv 4- 12+sbv4 - 13+sbv4 - 14+sbv4 - 15+sbv4 -16	0,01022	1,022	5,39	0,023 2	0,65	4,4162	2,958854	15,422 529		2,92683 398	6,64295 351	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,875227 93	0,6569526 6	2,01418 2952	0,65	0,0232	0,49568 885	2,67617 453	1,91622 621
sbv- eq6=sbv 4- 12+sbv4 - 13+sbv4 - 14+sbv4 - 15+sbv4 - 16+sbv4 -17	0,01186	1,186	6,576	0,017 6	0,65	4,8008	3,216536	18,639 065		2,95356 186	7,26847 365	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,872447 64	0,6365834 9	2,01418 2952	0,65	0,0176	0,52200 118	3,19817 572	2,10178 031
sbv- eq7=sbv 4- 12+sbv4 - 13+sbv4	0,01366	1,366	7,942	0,026 5	0,65	4,9233	3,298611	21,937 676		2,82231 675	7,78440 955	0,8565	- 0,4903677 76	0,2 05	0,6965	0,886438 24	0,6214862 3	2,01418 2952	0,65	0,0265	0,65617 969	3,85435 541	2,74594 656

-																					
14+sbv4																					
-																					
15+sbv4																					
-																					
16+sbv4																					
-																					
17+sbv4																					
-18																					

Hydrauliques

Le tableau suivant représente les résultats obtenus à l'issue de dimensionnement des ouvrages.

 **Dalots ET Caniveaux.**

Tableau 2.13 : Résultat Dimensionnement dalots.

Données							
		BV1	BV2	BV3	BV4		
		Dalot1	Dalot2	Dalot3	Dalot4	Dalot 5	Dalot 6
Débit du projet	Qp (m3/s)	8,62	5,12	4,60	7,71	0,85	0,85
Pésanteur	g (m2/s)	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Vitesse admissible	Vadm (m/s)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Nombre de cellules	n	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00
Débit d'une cellule q = Qp / n	q (m3/s)	2,87	1,71	1,53	2,57	0,85	0,85
Hauteur du dalot	D (m)	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00
Largeur d'une cellule	B (m)	3,00	2,00	1,00	1,50	1,00	1,00
Vitesse fictive	Vf	2,87	2,56	3,07	3,43	0,85	0,85
		1- Calcul de la hauteur d'eau en amont H1					
Débit réduit $Q^* = q / (A \times (2 \times g \times D)^{0,5})$	Q*	0,04	0,04	0,12	0,14	0,19	0,19
Hauteur réduit H* (valeur adimensionnelle : fig77 page 248 BCEOM)	H*	0,56	0,64	0,56	0,52	0,70	0,70
Profondeur d'eau en amont H1 = D x H*	H1 (m)	1,68	1,92	1,12	1,04	0,70	0,70
Vérification	H1/B ≤ 1,25	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée
Revanche	R = D-H1	1,32	1,08	0,88	0,96	0,30	0,30
		2- Calcul de la pente critique					
Débit réduit $Q^* = q / (g \times B^5)^{0,5}$	Q*	0,06	0,10	0,49	0,30	0,27	0,27
Pente critique réduit (valeur adimensionnelle : fig82 page 258 BCEOM)	Ic*	2,70	2,85	2,70	2,75	2,85	2,85
Coefficient de rugosité	Ks	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00
Pente critique $Ic = Ic^* \times g / (Ks^2 \times B^{(1/3)})$	Ic	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
		3- Calcul de la vitesse de sortie					
Débit réduit $Q^* = q / (Ks \times Ic^{0,5} \times B^{(8/3)})$	Q*	0,00	0,002	0,014	0,01	0,01	0,01
Vitesse réduit (valeur adimensionnelle : fig84 page 263 BCEOM)	V*	0,19	0,19	0,19	0,19	0,42	0,42
Vitesse de sortie $V = V^* \times Ks \times Ic^{0,5} \times B^{(2/3)}$	V (m/s)	1,69	1,42	0,98	1,21	2,22	2,22
Vérification		Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée
Section retenue	N x B x H	3 x 3 x 3	3 x 2 x 3	3 x 1 x 2	3 x 1,5 x 2	1 x 1 x 1	1 x 1 x 1

Assemblage		KS	B	Y	S(m2)	P(m)	RH(m)	I	Q(m3/s)	$D = K_s \cdot S \cdot R^{(2/3)}$	$Q/I^{(1/2)}$	$K = D - Q/I^{(1/2)}$	B	H	Revanche	$V = k_s \cdot RH^{2/3} \cdot I^{1/2}$	Hypothèse	B	y	R
SBV1-4	sbv-eq1=sbv1-4	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,78506007	18,5605355	17,85060072	0,709934784	0,8	1,181959836	0,381959836	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV1-3	sbv-eq2=sbv1-4+sbv1-3	70	1,2	0,8	0,96	2,8	0,342857143	0,01	3,27533424	32,91885651	32,75334237	0,165514134	1,2	1,222763039	0,422763039	3,429047553	vérifiée	1,2	0,8	0,5
SBV1-2	sbv-eq3=sbv1-4+sbv1-3+sbv1-2	70	1,2	0,8	0,96	2,8	0,342857143	0,01	4,08734499	32,91885651	40,87344994	- 7,954593433	1,2	1,239830838	0,439830838	3,429047553	vérifiée	1,2	0,8	0,5
SBV1-1	sbv-eq4=sbv1-4+sbv1-3+sbv1-2+sbv1-1	70	1,2	0,8	0,96	2,8	0,342857143	0,01	6,12401937	32,91885651	61,24019366	- 28,32133715	1,2	1,274433281	0,474433281	3,429047553	vérifiée	1,2	0,8	0,5
SBV1-5	sbv-eq1=sbv1-5	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,2104421	18,5605355	12,10442097	6,456114532	0,8	1,1598598	0,3598598	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV1-6	sbv-eq2=sbv1-5+sbv1-6	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	2,23036686	25,52304305	22,30366859	3,219374463	1	1,195982229	0,395982229	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV1-8	sbv-eq1=sbv1-8	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	0,99331125	18,5605355	9,933112507	8,627422995	0,8	1,149664814	0,349664814	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV1-7	sbv-eq2=sbv1-8+sbv1-7	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	2,16023827	25,52304305	21,60238273	3,920660322	1	1,193906252	0,393906252	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV2-1	sbv-eq1=sbv2-1	70	1,2	0,8	0,96	2,8	0,342857143	0,01	4,68273388	32,91885651	46,82733879	- 13,90848228	1	1,250952245	0,450952245	3,429047553	vérifiée	1,2	0,8	0,5
SBV2-8	sbv-eq2=sbv2-8	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,76561318	18,5605355	17,65613184	0,90440366	0,8	1,18129665	0,38129665	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV2-7	sbv-eq3=sbv2-8+sbv2-7	70	1,1	0,8	0,88	2,7	0,325925926	0,01	2,68495295	29,17382124	26,8495295	2,324291739	1,1	1,208482762	0,408482762	3,315206959	vérifiée	1,1	0,8	0,5
SBV2-6	sbv-eq4=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,08466791	25,52304305	0,846679055	24,676364	1	1,065866441	0,265866441	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV2-5	sbv-eq5=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6+sbv2-5	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,10586383	25,52304305	1,058638255	24,4644048	1	1,07095894	0,27095894	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV2-4	sbv-eq6=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6+sbv2-5+sbv2-4	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,16203357	25,52304305	1,620335695	23,90270736	1	1,081776074	0,281776074	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV2-3	sbv-eq7=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6+sbv2-5+sbv2-4+sbv2-3	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,22628514	25,52304305	2,262851386	23,26019166	1	1,0914064	0,2914064	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV2-2	sbv-eq7=sbv2-8+sbv2-7+sbv2-6+sbv2-5+sbv2-4+sbv2-3+sbv2-2	70	1	0,6	0,6	2,2	0,272727273	0,01	0,28038987	17,66315731	2,803898737	14,85925857	1	0,898177515	0,298177515	2,943859551	vérifiée	1	0,6	0,5
SBV3-1	sbv-eq1=sbv3-1	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,02800474	25,52304305	0,280047407	25,24299564	1	1,045551405	0,245551405	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV3-2	sbv-eq2=sbv3-1+sbv3-2	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,05569078	25,52304305	0,55690775	24,9661353	1	1,057282111	0,257282111	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV3-3	sbv-eq3=sbv3-1+sbv3-2+sbv3-3	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,07390033	25,52304305	0,739003296	24,78403975	1	1,06294676	0,26294676	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV3-4	sbv-eq4=sbv3-1+sbv3-2+sbv3-3+sbv3-4	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,09809586	25,52304305	0,980958608	24,54208444	1	1,069179086	0,269179086	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5

SBV3-5	sbv-eq5=sbv3-1+sbv3-2+sbv3-3+sbv3-4+sbv2-5	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,11127849	25,52304305	1,112784938	24,41025811	1	1,072148671	0,272148671	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV3-6	sbv-eq6=sbv3-1+sbv3-2+sbv3-3+sbv3-4+sbv2-5+sbv2-6	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	0,15534839	25,52304305	1,55348385	23,9695592	1	1,080635603	0,280635603	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV3-7	sbv-eq1=sbv3-7	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	1,38087178	25,52304305	13,80871784	11,71432521	1	1,167035601	0,367035601	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV4-1	sbv-eq1=sbv4-1	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,82904152	18,5605355	18,29041524	0,270120263	0,8	1,183442143	0,383442143	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-2	sbv-eq2=sbv4-1+sbv4-2	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	1,86176306	25,52304305	18,61763061	6,905412439	1	1,184529609	0,384529609	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV4-3	sbv-eq3=sbv4-1+sbv4-2+sbv4-3	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	2,33630756	25,52304305	23,36307555	2,159967498	1	1,199037357	0,399037357	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV4-4	sbv-eq4=sbv4-1+sbv4-2+sbv4-3+sbv4-4	70	1,1	0,8	0,88	2,7	0,325925926	0,01	2,69503267	29,17382124	26,95032671	2,223494532	1,1	1,208743328	0,408743328	3,315206959	vérifiée	1,1	0,8	0,5
SBV4-5	sbv-eq5=sbv4-1+sbv4-2+sbv4-3+sbv4-4+sbv4-5	70	1,2	0,8	0,96	2,8	0,342857143	0,01	3,18067948	32,91885651	31,80679482	1,112061685	1,2	1,220596133	0,420596133	3,429047553	vérifiée	1,2	0,8	0,5
SBV4-8	sbv-eq1=sbv4-8	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,18610054	18,5605355	11,86100539	6,69953011	0,8	1,158780961	0,358780961	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-7	sbv-eq2=sbv4-8+sbv4-7	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,28839497	18,5605355	12,88394974	5,676585758	0,8	1,163220336	0,363220336	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-6	sbv-eq2=sbv4-8+sbv4-7+sbv4-6	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,32313253	18,5605355	13,23132533	5,329210173	0,8	1,164674255	0,364674255	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-9	sbv-eq1=sbv4-9	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	0,39195777	18,5605355	3,919577664	14,64095784	0,8	1,109775229	0,309775229	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-10	sbv-eq2=sbv4-9+sbv4-10	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	0,5403518	18,5605355	5,403517978	13,15701752	0,8	1,122175313	0,322175313	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-11	sbv-eq3=sbv4-11	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	0,39012644	18,5605355	3,901264362	14,65927114	0,8	1,109603995	0,309603995	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-12	sbv-eq1=sbv4-12	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	0,66031183	18,5605355	6,603118273	11,95741723	0,8	1,13061938	0,33061938	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-13	sbv-eq2=sbv4-12+sbv4-13	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	0,96164158	18,5605355	9,616415752	8,94411975	0,8	1,14805702	0,34805702	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-14	sbv-eq3=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,10972046	18,5605355	11,09720455	7,463330948	0,8	1,155296782	0,355296782	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-15	sbv-eq4=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14+sbv4-15	70	0,8	0,8	0,64	2,4	0,266666667	0,01	1,65986696	18,5605355	16,59866961	1,961865887	0,8	1,177602477	0,377602477	2,900083672	vérifiée	0,8	0,8	0,5
SBV4-16	sbv-eq5=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14+sbv4-15+sbv4-16	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	1,91622621	25,52304305	19,16226214	6,360780915	1	1,186311724	0,386311724	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5

SBV4-17	sbv-eq6=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14+sbv4-15+sbv4-16+sbv4-17	70	1	0,8	0,8	2,6	0,307692308	0,01	2,10178031	25,52304305	21,01780314	4,505239913	1	1,192141141	0,392141141	3,190380381	vérifiée	1	0,8	0,5
SBV4-18	sbv-eq7=sbv4-12+sbv4-13+sbv4-14+sbv4-15+sbv4-16+sbv4-17+sbv4-18	70	1,1	0,8	0,88	2,7	0,325925926	0,01	2,74594656	29,17382124	27,45946559	1,714355644	1,1	1,210049645	0,410049645	3,315206959	vérifiée	1,1	0,8	0,5

✚ DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES.

Le dimensionnement des ouvrages en béton armé repose sur des hypothèses fondamentales permettant au concepteur d'assurer la durabilité de l'ouvrage dans le temps.

Ces hypothèses concerneront essentiellement le béton et l'acier. Les charges à considérer pour nos ouvrages sont celles énoncées par le fascicule 61 titre II [11] et les règles de calculs du BAEL 91 modifié 99 [12].

✓ HYPOTHESES SUR BETON

Poids volumique : $\rho_b = 25 \text{ KN/m}^3$.

La résistance du béton à 28 jours.

En compression : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$.

En traction : $f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 0.6 + 0.06 \times 25 = 2.1 \text{ MPa}$.

Résistance du béton à la compression : $f_{bu} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\gamma_b \times \theta} = 14.17 \text{ MPa}$

avec $\gamma_b = 1.5$ et $\theta = 1$

Contrainte limite du béton à l'ELS :

$\sigma_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$.

✓ HYPOTHESES SUR L'ACIER

Fissuration préjudiciable

Nuance : acier à Haute adhérence FeE500 ;

Coefficient de sécurité : $\gamma_b = 1.15$.

Contrainte de l'acier à l'ELU : $\sigma_s = \frac{F_e}{\gamma_b} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$

Coefficient d'adhérence de l'acier : $\eta = 1.6$

Contrainte de calcul des aciers à l'ELS :

$\sigma_{st} = \left(\frac{2}{3} F_e ; \max\left(\frac{F_e}{2}, 110\sqrt{1.6 \times 2.1}\right) \right)$

$\sigma_{st} = \left(\frac{2}{3} \times 500 ; \max\left(\frac{500}{2}, 110\sqrt{1.6 \times 2.1}\right) \right)$

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

Nous allons considérer l'épaisseur minimal de 3cm comme épaisseur d'enrobage conformément au BAEL 91 modifié 99.

✓ HYPOTHESES SUR LE SOL

Coefficient de poussée $K_a = 0.33$.

Poids volumique du sol $\rho_s = 20 \text{ kN/m}^3$.

❖ SURCHARGES ROUTIERE

La détermination des surcharges routières traduit l'effort appliqué par les véhicules sur la structure. Elles influencent directement les caractéristiques de construction structural et géotechnique de l'ouvrage. On distingue principalement 3 types de surcharges :

Les surcharges de type A

Les surcharges de type B (Bc, Bt, Br)

Les surcharges militaire (Mc, Me)

La détermination du type de surcharge à prendre en compte dans nos calculs dépend essentiellement de la largeur roulable

❖ CALCUL DU COEFFICIENT DE MAJORATION DYNAMIQUE (δ)

Le coefficient de majoration dynamique est une valeur multiplicative des charges routière. Elle permet la prise en compte des effets dynamiques du trafic. Elle est calculée par la formule suivante :

$$\delta_i = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2L} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{G}{S_i}}$$

G : Poids total de l'élément (KN)

S_i : Poids maximal des Essieux qui peuvent être disposées sur la travée (KN)

L : Longueur de l'élément (m)

Le tableau 2.14 présente les charges d'exploitation qui seront utilisés dans la suite de nos calculs

Tableau 2.14 : charges d'exploitation pour calculs

Classe du Pont	Nombres de voies	Largeur roulable	Surcharges prise en compte	Surcharges militaire	Surcharges exceptionnel
1	3	≥ 7	A(l)Bc, Br, Bt	MC120	D, E
2	2	$5 \leq L_r \leq 7$	A(l), Bc, Br, Bt	MC120	D, E
3	1	≤ 5	A(l), Bc, Br	-	-

Dans notre projet, les surcharges A(l)Bc, Br, Bt et MC120 seront prisent en compte

Largeur roulable et largeur chargeable

La largeur roulable se définit comme étant la largeur comprise entre les dispositifs de retenue et bordure [fascicule61]. La chaussée proprement dite est prise en compte ainsi que toutes les éventuelles surlargeurs. Cependant, la largeur chargeable se déduit de la largeur roulable de 0.5 en présence de dispositif de retenue. En présence de bordure, la largeur roulable est égal à la largeur chargeable. Dans notre contexte, la largeur roulable se réduit à la largeur chargeable ($L_r = L_c$).

Détermination du nombre de voies

Le nombre de voies n se détermine par l'entier obtenu par le rapport de la largeur chargeable sur 3 :

$$n = \text{int}\left(\frac{L_c}{3}\right)$$

$$n = \text{int}\left(\frac{20}{3}\right)$$

$$n = 6 \text{ voies}$$

Détermination de la largeur d'une voie

La largeur d'une voie est obtenue par le quotient de la largeur chargeable par rapport aux nombres de voies

$$V = \left(\frac{L_c}{n}\right)$$

$$V = \left(\frac{20}{6}\right) = 3,33\text{m}$$

Système de charge A

D'après le fascicule 61(Page26), le système de charge A est appliqué pour les ponts unitaires atteignant au plus 200m. la charge A est une charge uniformément répartie et fonction de la largeur L .

$$A(l) = 2,30 + \frac{360}{L+12}$$

$$A(l) = 2,30 + \frac{360}{10,6+12} = 18,23 \text{ kN}$$

L'application des coefficients a_1 et a_2 permettent une répartition uniforme des charges sur l'ouvrage. La détermination du coefficient a_1 se fait en fonction de la classe du pont et de la largeur chargeable.

Tableau 2.15 : Détermination du coefficient a_1

Nombres de voies		1	2	3	4	≥ 5
Classes de ponts	I	1	1	0,9	0,75	0,7
	II	1	0,9	-	-	-
	III	0,9	0,8	-	-	-

Notre pont est de classe I et le nombre de voies calculer >5 par conséquent, $a_1 = 0,7$

$$a_1 A(l) = 0,7 \times 18,23$$

$$a_1 A(l) = 12,76 \text{ KN}$$

$$(4 - 0,002L) = 4 - 0,002 \times 10,6 = 3,97$$

La charge effective $q(L)$ est sous la forme $q(L) = \max \{a_1 A(l); (4 - 0,002L)\}$

La charge effective $q(L)$ retenue est $q(L) = a_1 A(l) = 12,76 \text{ KN}$.

Le coefficient a_2 est déterminé d'après le fascicule 61 par la formule :

$$a_2 = \frac{v_0}{v}$$

v est considéré comme largeur d'une voie et v_0 dépendant de la classe de pont

3,5 m pour les ponts de première classe ;

3,0 m pour les ponts de deuxième classe ;

2,75 m pour les ponts de troisième classe.

Pour notre projet v_0 est pris égal à 3,5m.

$$a_2 = \frac{3,5}{3} = 1,16$$

SYSTEME DE CHARGE B

Le système de charge B se compose de 3 sous-systèmes (Bc, Bt, Br) .

➤ Système Bc

Le système Bc est constitué de 3 essieux de masse totale de 300KN. Le nombre de voies correspond aux nombres de files. Il se compose de 2 camions disposés transversalement à la voie. Les caractéristiques de ce sous-système sont :

Masse totale du camion Bc égal à 300KN

Masse unitaire des essieux arrière égal à 120KN

Masse de l'essieu avant égal à 60KN

La surface d'impact des roues arrière est de 0,25m x 0,25m

La surface d'impact des roues avant est de 0,20m x 0,20m

La valeur de la charge du système Bc est multiplier par le coefficient Bc. Ce coefficient est choisi en fonction du nombre de fil chargé et de la classe du pont. Nous prendrons le coefficient Bc égal à 0,7 .

Fonction de la classe du pont et du nombre de voies considérer les charges du système Bc sont multiplier par des coefficients de majorations [Fascicule61].

Tableau 2.16 : Détermination du coefficient de majoration

Nombres de voies ou fil chargés		1	2	3	4	≥ 5
Classe	I	1.2	1.1	0.95	0.8	0.7
	II	1	1			
	III	1	0.8			

➤ Calcul du poids maximal des essieu

$$S_i = n \times M \times Bc$$

Avec

n = nombre de file ou camions chargés

M = Masse de camion Bc

Bc = Coefiscient Bc

$$S_i = (120 \times 3 + 60) \times 6 \times 0.7$$

$$S_i = 1764 \text{ KN}$$

$$\delta_i = 1.16$$

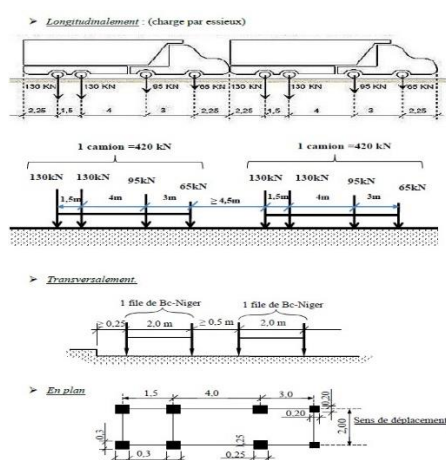


Figure 2.1 : système Bc

➤ Système Bt

La charge Bt est applicable uniquement aux de classe I et II classe. Ce système se compose de :

Deux essieux ayant chacune une masse de 160KN.

La surface d'impact des pneumatiques est de 0.6m x 0,25m

Bt sera multiplier par un coefficient fonction de la classe du pont et sera prise égal à 1.

$$S_i = n \times M \times Bt$$

$$S_i = 2 \times 320 \times 1$$

$$S_i = 640KN$$

$$\delta_i = 1.10$$

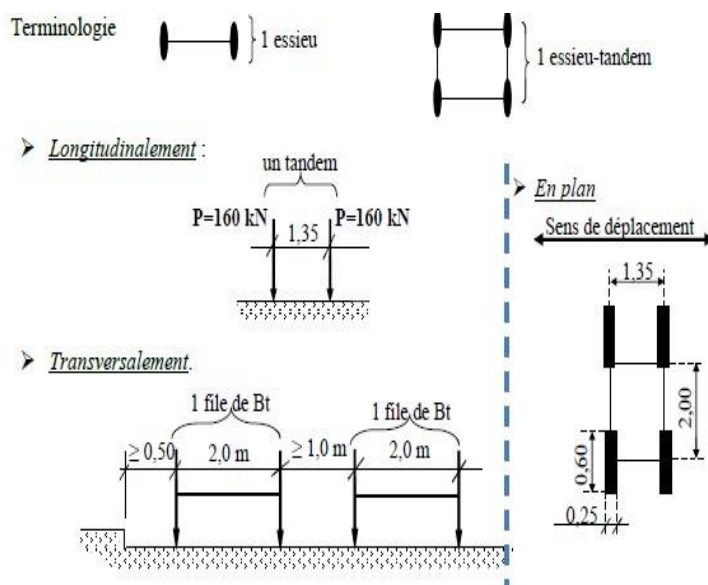


Figure 2.2 : système Bt

➤ Système Br

Le système Br se caractérise par une charge de 10t soit 100kN s'appliquant sur une surface de $0,6 \times 0,3$.

$$S_i = 100kN$$

$$\delta_i = 1.07$$

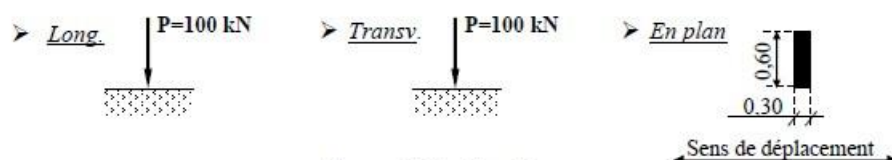


Figure 2.3 : système Br

➤ Système Mc120

Les véhicules type du système sont caractérisés par une masse totale de 110t soit 1100 KN. La surface d'impact de chaque chenille est considérée uniformément répartie.

$$S_i = 1100kN$$

$$\delta_i = 1.12$$

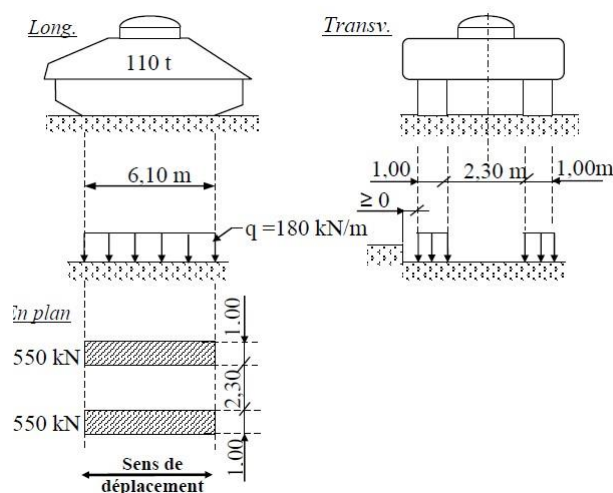


Figure 2.4 : Système Mc120

Résumé surcharge routière.

Le tableau 2.17 est un récapitulatif des résultats obtenus.

Tableau 2.17 : Récapitulatifs des résultats obtenus

Système	G	S_i	δ_i
Bc	2178.3	1764	1.16
Bt		640	1.10
Br		100	1.07
Mc ₁₂₀		1100	1.12

Les charges obtenues ainsi que les différents coefficients de majoration obtenus, nous sommes passé au dimensionnement des ouvrages. Le dimensionnement a été réaliser à l'aide du logiciel CYPCAD.

NORME ET MATÉRIAUX

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

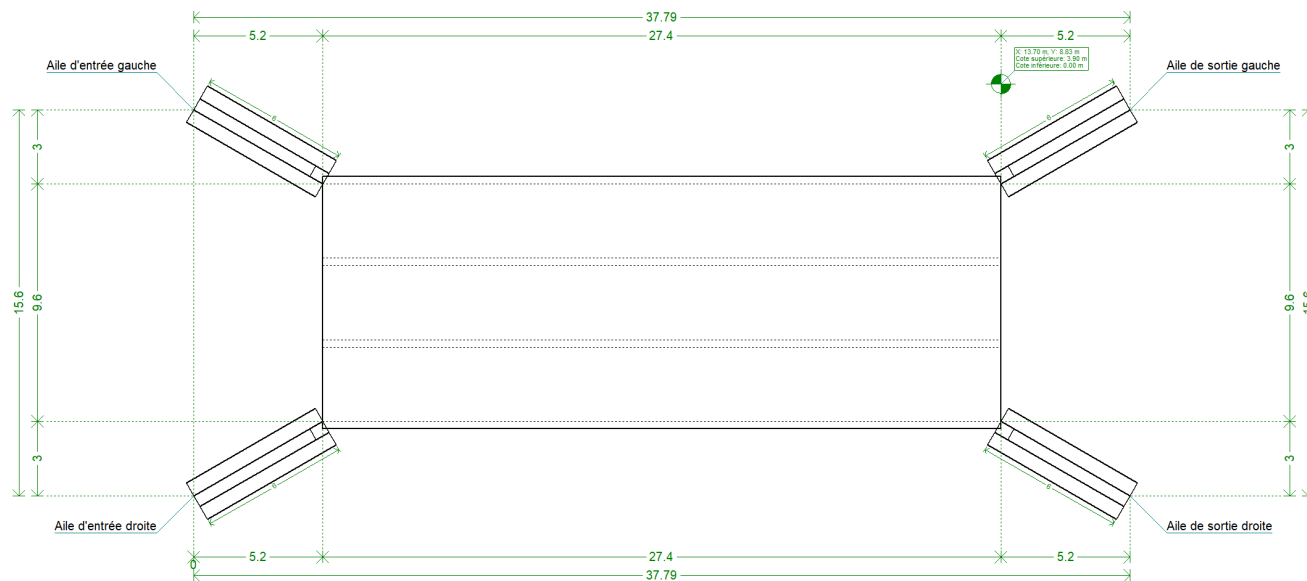
Béton: B25

Acier des barres: Fe E500

Enrobage extérieur: 3.0 cm

Enrobage intérieur: 3.0 cm

GÉOMÉTRIE



Plan supérieur module: Par gabarit (3.00 m)

MODULE

Épaisseurs	Piédroits: 30 cm Tablier/radier: 30 cm
Cellule 1	Mesure de la portée: Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée: 300 cm Portée en sortie: 300 cm
Mur intermédiaire 1	Épaisseur: 30 cm
Cellule 2	Mesure de la portée: Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée: 300 cm Portée en sortie: 300 cm
Mur intermédiaire 2	Épaisseur: 30 cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Longueur totale: 6.00 m
Longueur supérieure: 0.60 m
Épaisseur en extrémité: 0.50 m
Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m ²
Épaisseur du mur: 0.50 m
Épaisseur de la semelle: 1.00 m
Débords semelle:
- Arrière: 0.60 m
- Avant: 0.60 m

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Longueur totale: 6.00 m
Longueur supérieure: 0.60 m
Épaisseur en extrémité: 0.50 m
Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur: 0.50 m
Épaisseur de la semelle: 1.00 m
Débords semelle:
- Arrière: 0.60 m
- Avant: 0.60 m

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Longueur totale: 6.00 m
Longueur supérieure: 0.60 m
Épaisseur en extrémité: 0.50 m
Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur: 0.50 m
Épaisseur de la semelle: 1.00 m
Débords semelle:
- Arrière: 0.60 m
- Avant: 0.60 m

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Longueur totale: 6.00 m
Longueur supérieure: 0.60 m
Épaisseur en extrémité: 0.50 m
Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur: 0.50 m
Épaisseur de la semelle: 1.00 m
Débords semelle:
- Arrière: 0.60 m
- Avant: 0.60 m

TERRAINS

Module de réaction: 90000.0 kN/m³

Contrainte admissible sol d'assise: 200.00 kN/m²

Poids volumique: 20.0 kN/m³

Angle de frottement interne: 37 degrés

Cohésion: 0.00 kN/m²

Pourcentage de frottement terrain-mur: 0 %

Angle de transmission des charges: 45 degrés

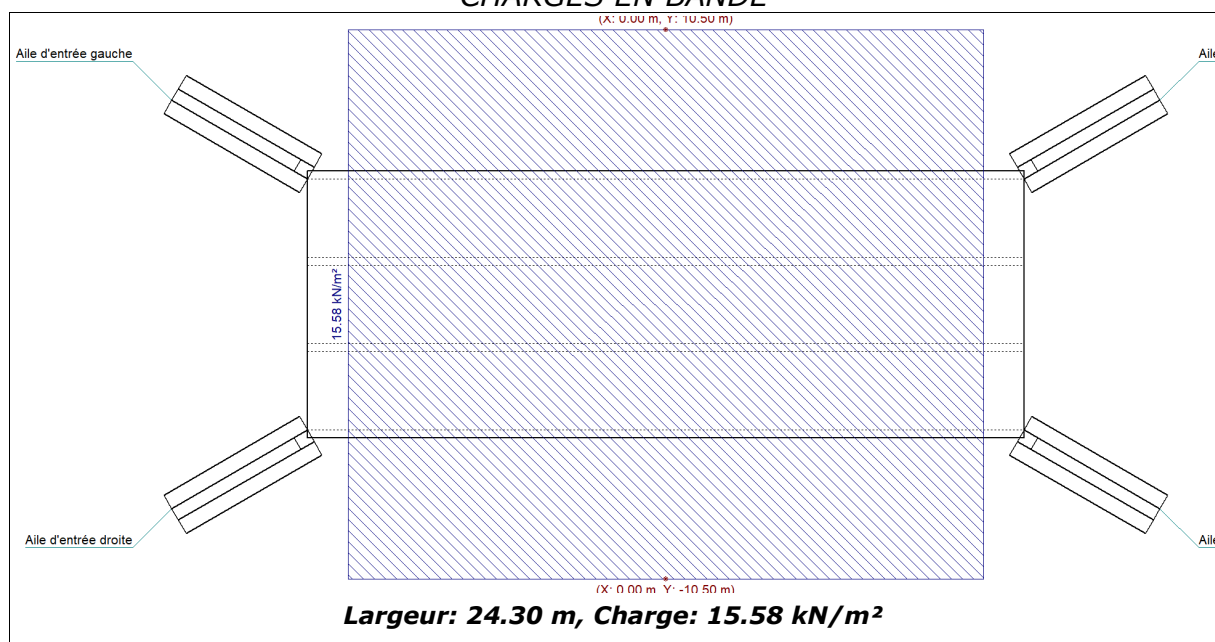
ACTIONS

Sans surcharge supérieure

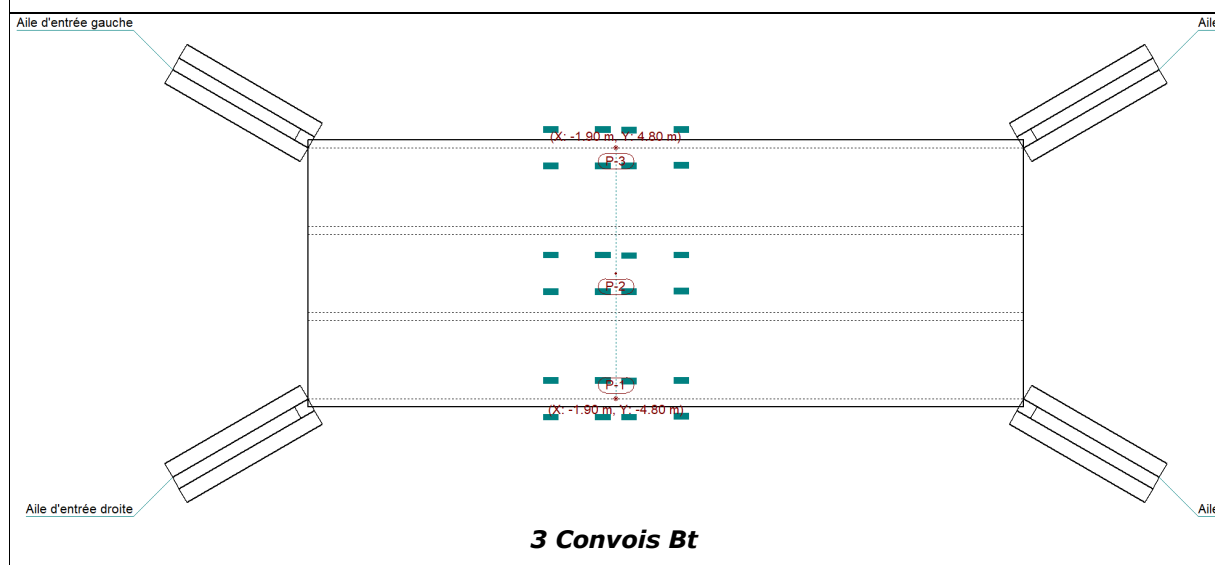
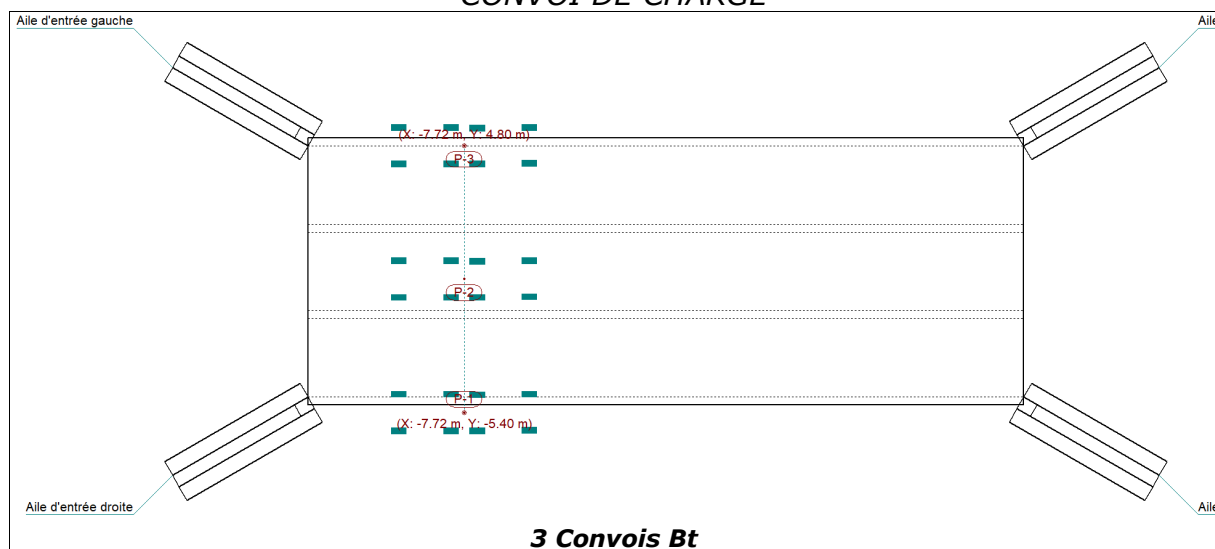
Sans surcharge inférieure

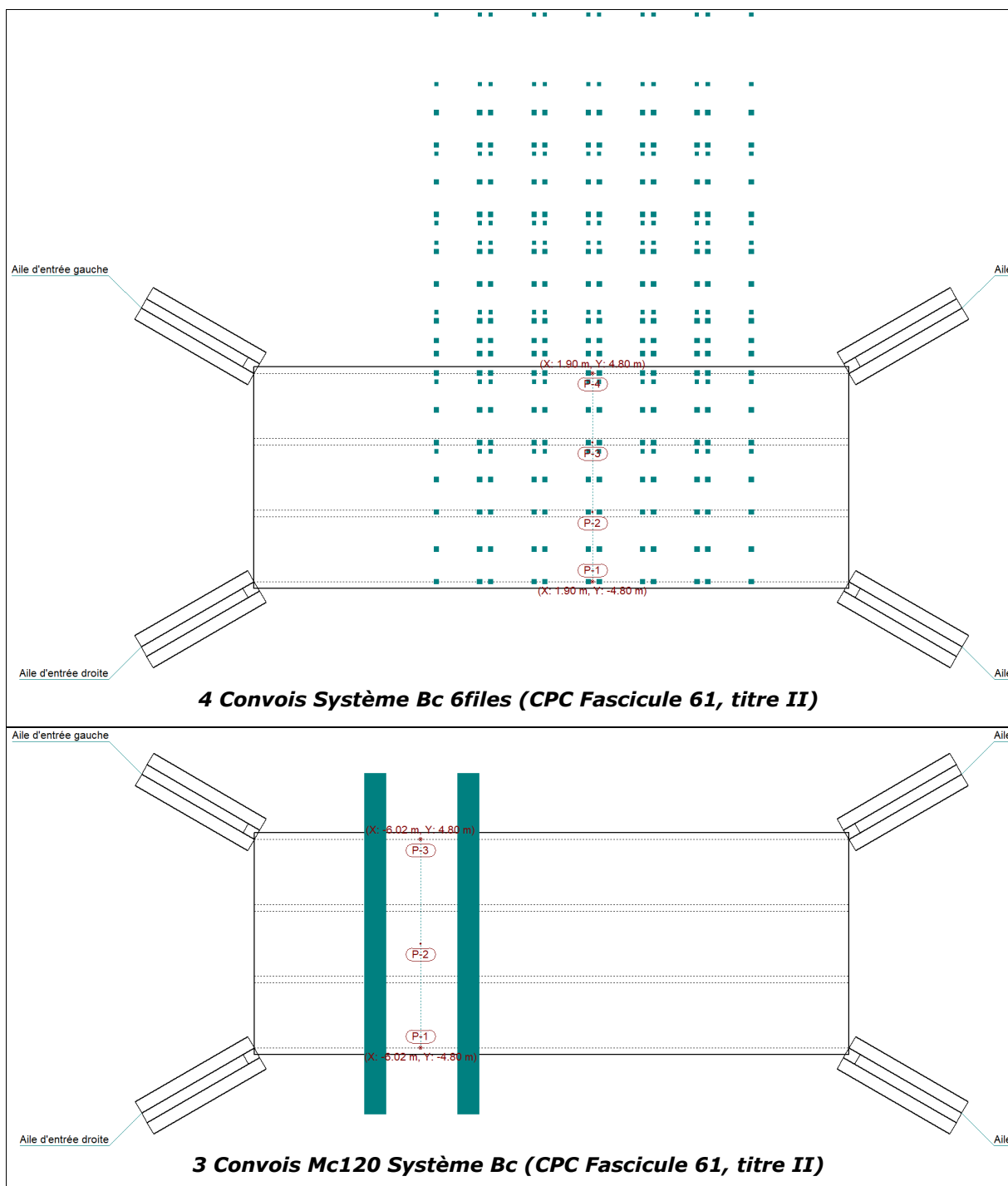
Sans charge hydraulique

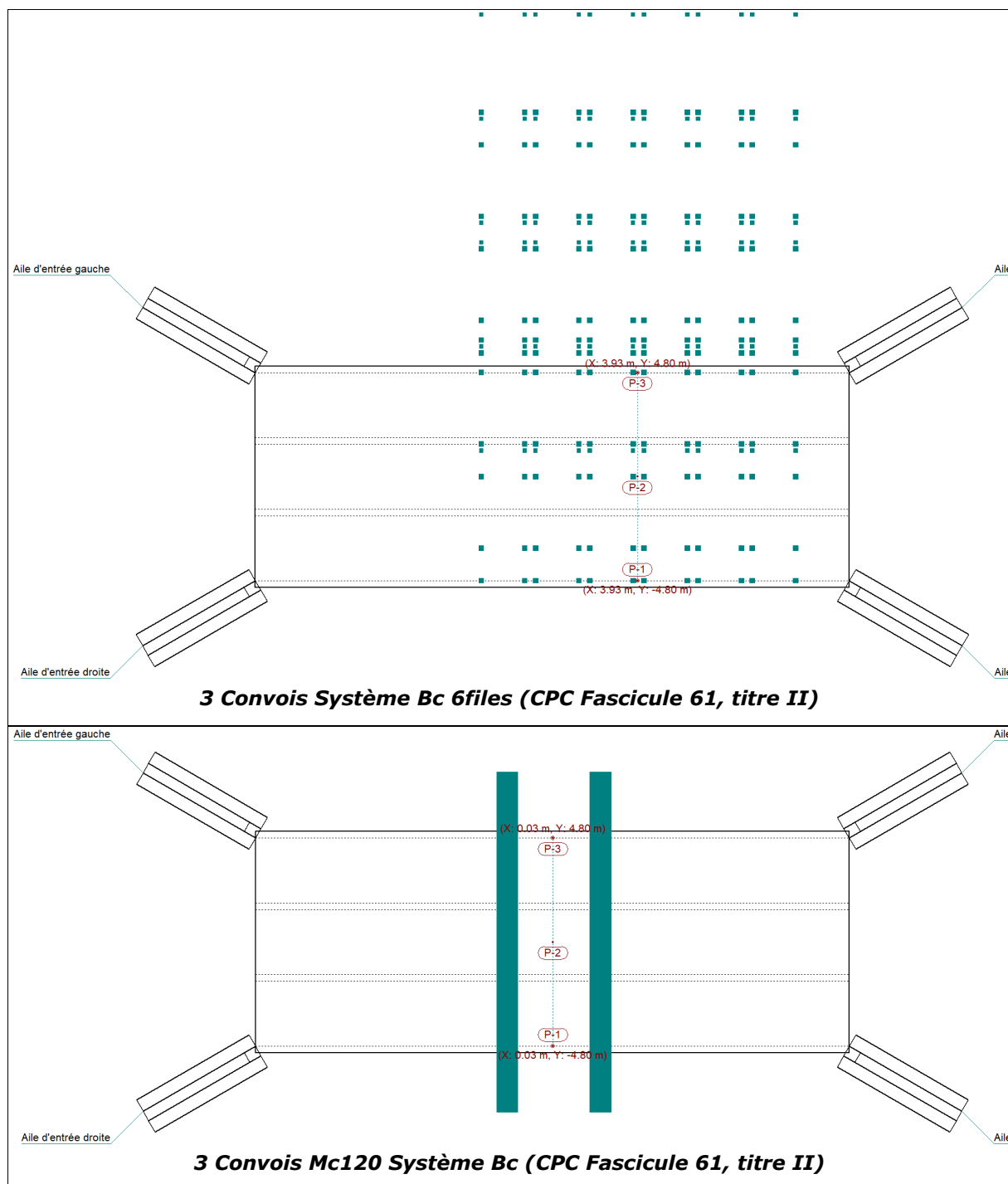
CHARGES EN BANDE



CONVOI DE CHARGE







Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA14e=15, crosse=43cm - Attente=0.37 m - Longueur crosse en pied=43 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=61cm

	Avant	Vertical	HA10e=15, crosse=19cm - Attente=0.37 m - Longueur crosse en pied=37 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=62cm
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA14e=15, crosse=43cm - Attente=0.37 m - Longueur crosse en pied=47 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=61cm
	Avant	Vertical	HA10e=15, crosse=13cm - Attente=0.32 m - Longueur crosse en pied=13 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=62cm
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA10e=15, crosse=13cm - Attente=0.32 m - Longueur crosse en pied=13 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=62cm
	Droite	Vertical	HA10e=15, crosse=13cm - Attente=0.32 m - Longueur crosse en pied=13 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=62cm
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA10e=15, crosse=13cm - Attente=0.32 m - Longueur crosse en pied=13 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=62cm
	Droite	Vertical	HA10e=15, crosse=13cm - Attente=0.32 m - Longueur crosse en pied=13 cm
		Horizontal	HA10e=15, crosse=62cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale: HA12e=15 Armature longitudinale inférieure: HA14e=15, crosse=18cm Armature longitudinale supérieure: HA14e=15, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=15 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.38m Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.30m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.38m	Transversal inférieur: HA14e=15 -Longueur crosse arrière=18cm -Longueur crosse avant=18cm Transversal supérieur: HA14e=15 -Longueur crosse arrière=18cm -Longueur crosse avant=18cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale: HA12e=15 Armature longitudinale inférieure: HA14e=15, crosse=18cm Armature longitudinale supérieure: HA12e=20, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=15 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.38m Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.30m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.38m	Transversal inférieur: HA14e=15 -Longueur crosse arrière=18cm -Longueur crosse avant=18cm Transversal supérieur: HA14e=15 -Longueur crosse arrière=18cm -Longueur crosse avant=18cm

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Armature horizontale: HA12e=15 Armature longitudinale inférieure: HA14e=15, crosse=18cm Armature longitudinale supérieure: HA14e=15, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=15 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.38m Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.30m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.38m	Transversal inférieur: HA14e=15 -Longueur crosse arrière=18cm -Longueur crosse avant=18cm Transversal supérieur: HA14e=15 -Longueur crosse arrière=18cm -Longueur crosse avant=18cm

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Armature horizontale: HA12e=15 Armature longitudinale inférieure: HA14e=15, crosse=18cm Armature longitudinale supérieure: HA14e=15, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=15 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.38m Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.30m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.38m	Transversal inférieur: HA14e=15 -Longueur crosse arrière=18cm -Longueur crosse avant=18cm Transversal supérieur: HA14e=15 -Longueur crosse arrière=18cm -Longueur crosse avant=18cm

9.- 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:	Minimum: 1.8 Calculé: 2.1	Vérifiée
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 2.13	Vérifiée
Épaisseur minimale:	Minimum: 15 cm	

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Semelle superficielle: <i>Critère de CYPE</i>	Calculé: 100 cm	Vérifiée
- Mur: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Calculé: 50 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 13.8 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 13.8 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 15 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: 0.0015	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.0015	Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière, vertical:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant, vertical:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum:	Calculé: 0.00102	
Semelle superficielle:		

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
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: Semelle superficielle:	Calculé: 0.00102	
- 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: 7e-005	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 6e-005	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur:		
- Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 479.2 kN/m Calculé: 50.2 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.00026	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 0.0015	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0.0015	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: 0.00104	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: 0.00104	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: 0.00104	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
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: 5.23 cm ² /m	Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: Mur: - (3.30 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00209	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: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.2 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1 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: 542.5 kN/m Calculé: 38.6 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: 167.192 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.44 m Calculé: 0.45 m Minimum: 0.26 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i> Mur: - Arrière:	Minimum: 38.5 cm Calculé: 38.5 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Avant:	Calculé: 38.5 cm	Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i>		
Semelle superficielle:		
- Contrainte moyenne:	Maximum: 0.2 MPa Calculé: 0.0599 MPa	Vérifiée
- Contrainte maximale:	Maximum: 0.25 MPa Calculé: 0.1185 MPa	Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i>	Calculé: 10.26 cm ² /m	
Semelle superficielle:		
- Armature sup. arrière:	Minimum: 0.51 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: 0.58 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 1131.6 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 0 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 28.5 cm Calculé: 94.2 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 28.5 cm Calculé: 94.2 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA14	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
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: 2.1	Vérifiée
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 2.13	Vérifiée
Épaisseur minimale:	Minimum: 15 cm	
- Semelle superficielle: <i>Critère de CYPE</i>	Calculé: 100 cm	Vérifiée
- Mur: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Calculé: 50 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 13.8 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 13.8 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 15 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: 0.0015	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.0015	Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière, vertical:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant, vertical:	Calculé: 15 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum:		
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0.0005 Calculé: 0.00056	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal:		
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure: <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum: 0 Calculé: 0.00056	Vérifiée
- Armature transversale inférieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 7e-005 Calculé: 0.00102	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 6e-005 Calculé: 0.00102	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur:		
- Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 479.2 kN/m Calculé: 50.2 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.00026	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 0.0015	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0.0015	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: 0.00104	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée 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: 0.00104	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: 0.00104	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: 5.23 cm ² /m	Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: Mur: - (3.30 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00209	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: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.2 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1 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: 542.5 kN/m Calculé: 38.6 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: 167.191 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
Mur:		
- Base arrière:	Minimum: 0.44 m Calculé: 0.45 m	Vérifiée
- Base avant:	Minimum: 0.26 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 38.5 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 38.5 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 38.5 cm	Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i>		
Semelle superficielle:		
- Contrainte moyenne:	Maximum: 0.2 MPa Calculé: 0.0599 MPa	Vérifiée
- Contrainte maximale:	Maximum: 0.25 MPa Calculé: 0.1185 MPa	Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i>	Calculé: 10.26 cm ² /m	
Semelle superficielle:		
- Armature sup. arrière:	Minimum: 0.51 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: 0.58 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 1131.6 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 0 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 28.5 cm Calculé: 94.2 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 28.5 cm Calculé: 94.2 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile d'entrée droite		
Vérification	Valeurs	État
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA12	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. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 2.39 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1117	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 1561	Vérifiée
- Transversal:	Calculé: 1317	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 39	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 34 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 19 cm Calculé: 20 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- 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: 6 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base transversale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 15 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
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.68 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1116	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Longitudinal:	Calculé: 1868	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Transversal:	Calculé: 2651	Vérifiée
- Élanement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 39	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Minimum: 34 cm Calculé: 35 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 19 cm Calculé: 19 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: 6 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Minimum: 3 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature extérieure - intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>		
- Armature de base transversale extérieure:	Maximum: 25 cm Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base transversale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base longitudinale intérieure:	Calculé: 15 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

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Flexion composée moment négatif:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Effort tranchant maximum:	Vérification à 100%	Vérifiée
- Déplacement maximum. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.27 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1076	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 21554	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 2359	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 41	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 43 cm Calculé: 43 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 19 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 43 cm Calculé: 43 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 37 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 44 cm Calculé: 61 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 44 cm Calculé: 61 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Calculé: 37 cm	
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 37 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 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: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 14 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: 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 verticale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- 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. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.21 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 1110	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 22485	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 2461	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 41	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 43 cm Calculé: 43 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 43 cm Calculé: 47 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Minimum: 44 cm Calculé: 61 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Armature de base horizontale intérieure:	Minimum: 44 cm Calculé: 61 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Attente armature de base extérieure:	Minimum: 37 cm Calculé: 37 cm	Vérifiée
- Attente armature de base intérieure:	Minimum: 26 cm Calculé: 31 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale extérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Minimum: 2 cm Calculé: 14 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: 19 cm	Vérifiée
- Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Armature de base verticale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale extérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale intérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
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. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.13 mm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 2164	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 2631	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 24037	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 41	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 44 cm Calculé: 61 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 44 cm Calculé: 61 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 26 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 31 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Calculé: 31 cm	Vérifiée
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 14 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: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Calculé: 15 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- 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
- 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. Perpendiculaire au plan du plancher:	Maximum: 50 mm Calculé: 1.12 mm	Vérifiée
- Distorsion angulaire maximale:	Minimum: 150 Calculé: 2189	Vérifiée
- Flèche relative:	Minimum: 250	
- Vertical:	Calculé: 24284	Vérifiée
- Horizontal:	Calculé: 2658	Vérifiée
- Élancement mécanique:	Maximum: 100 Calculé: 41	Vérifiée
- Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base gauche:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Minimum: 11 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale gauche:	Minimum: 44 cm Calculé: 61 cm	Vérifiée
- Armature de base horizontale droite:	Minimum: 44 cm Calculé: 61 cm	Vérifiée
- Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>	Minimum: 26 cm	
- Attente armature de base gauche:	Calculé: 31 cm	Vérifiée
- Attente armature de base droite:	Calculé: 31 cm	Vérifiée

Référence: Module		
Vérification	Valeurs	État
- Séparation minimale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>		
- Armature de base verticale gauche:	Minimum: 2 cm Calculé: 14 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Minimum: 2 cm Calculé: 14 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: 15 cm	Vérifiée
- Armature de base verticale droite:	Calculé: 15 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: 200 kN/m ² Calculé: 151.692 kN/m ²	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>		
Semelle superficielle:		
- Coefficient de sécurité au renversement:	Minimum: 1.8 Calculé: 2.1	Vérifiée
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 2.13	Vérifiée
Épaisseur minimale:	Minimum: 15 cm	
- Semelle superficielle: <i>Critère de CYPE</i>	Calculé: 100 cm	Vérifiée
- Mur: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Calculé: 50 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 13.8 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Avant:	Calculé: 13.8 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 15 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: 0.0015	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.0015	Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière, vertical:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant, vertical:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum:	Calculé: 0.00102	
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: 0.00102	

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
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: 7e-005	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 6e-005	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur:		
- Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 479.2 kN/m Calculé: 50.2 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2,41 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.00026	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 0.0015	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0.0015	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: 0.00104	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: 0.00104	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: 0.00104	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: 5.23 cm ² /m	Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total:		
Mur:		
- (3.30 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00209	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: 13 cm	Vérifiée
- Avant, vertical:	Calculé: 13 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales:		
- Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.2 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales:		
- Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1 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: 542.5 kN/m Calculé: 38.6 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: 167.191 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Mur:		
- Base arrière:	Minimum: 0.44 m Calculé: 0.45 m	Vérifiée
- Base avant:	Minimum: 0.26 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 38.5 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 38.5 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 38.5 cm	Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i>		
Semelle superficielle:		
- Contrainte moyenne:	Maximum: 0.2 MPa Calculé: 0.0599 MPa	Vérifiée
- Contrainte maximale:	Maximum: 0.25 MPa Calculé: 0.1185 MPa	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie gauche		
Vérification	Valeurs	État
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i>	Calculé: 10.26 cm ² /m	
Semelle superficielle:		
- Armature sup. arrière:	Minimum: 0.51 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: 0.58 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 1131.6 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 0 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 28.5 cm Calculé: 94.2 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 28.5 cm Calculé: 94.2 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA14	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: 2.1	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
- Coefficient de sécurité au glissement:	Minimum: 1.5 Calculé: 2.13	Vérifiée
Épaisseur minimale:	Minimum: 15 cm	
- Semelle superficielle: <i>Critère de CYPE</i>	Calculé: 100 cm	Vérifiée
- Mur: <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement: Guide de conception générale"</i>	Calculé: 50 cm	Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i>	Minimum: 3.7 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 13.8 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 13.8 cm	Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 15 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: 0.0015	Vérifiée
- Avant (0.00 m):	Calculé: 0.0015	Vérifiée
Séparation maximale entre barres: <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i>	Maximum: 25 cm	
- Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Mur:		
- Armature verticale Arrière, vertical:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant, vertical:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 10 cm	
Semelle superficielle:		
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: 15 cm	Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Pourcentage géométrique minimum:	Calculé: 0.00102	
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: 0.00102	
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: 7e-005	Vérifiée
- Armature transversale supérieure: <i>BAEL-91, Article A.4.2</i>	Minimum: 6e-005	Vérifiée
Vérification au cisaillement en amorce du mur:		
- Mur: <i>Critère de CYPE</i>	Maximum: 479.2 kN/m Calculé: 50.2 kN/m	Vérifiée
Pourcentage mécanique horizontal minimum par face: <i>Article A.8.2, 41 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.00026	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 0.0015	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0.0015	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: 0.00104	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: 0.00104	Vérifiée

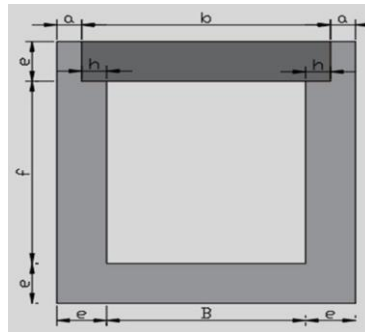
Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Pourcentage géométrique vertical minimum sur la face comprimée: Mur: - Avant (0.00 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Minimum: 0.001 Calculé: 0.00104	Vérifiée
Section minimale des armatures verticales de la face comprimée: Mur: - Avant (0.00 m): <i>BAEL-91, Article A.8.1,21</i>	Minimum: 4 cm ² /m Calculé: 5.23 cm ² /m	Vérifiée
Pourcentage géométrique maximum d'armature verticale total: Mur: - (3.30 m): <i>Article A.8.1,21 de la norme BAEL-91</i>	Maximum: 0.05 Calculé: 0.00209	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: 13 cm Calculé: 13 cm	Vérifiée Vérifiée
Diamètre minimal des armatures horizontales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1.2 cm	Vérifiée
Diamètre minimal des armatures verticales: - Mur: <i>BAEL-91, Article A.4.5,3</i>	Minimum: 0.6 cm Calculé: 1 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: 542.5 kN/m Calculé: 38.6 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: 167.191 MPa	Vérifiée
Longueur de recouvrement: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i> Mur: - Base arrière: - Base avant:	Minimum: 0.44 m Calculé: 0.45 m Minimum: 0.26 m Calculé: 0.3 m	Vérifiée Vérifiée

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: 38.5 cm	
Mur:		
- Arrière:	Calculé: 38.5 cm	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 38.5 cm	Vérifiée
Contraintes appliquées au sol: <i>Vérification basée sur des critères résistants.</i>		
Semelle superficielle:		
- Contrainte moyenne:	Maximum: 0.2 MPa Calculé: 0.0599 MPa	Vérifiée
- Contrainte maximale:	Maximum: 0.25 MPa Calculé: 0.1185 MPa	Vérifiée
Flexion dans la semelle: <i>Vérification basée sur des critères résistants</i>	Calculé: 10.26 cm ² /m	
Semelle superficielle:		
- Armature sup. arrière:	Minimum: 0.51 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: 0.58 cm ² /m	Vérifiée
Effort tranchant: <i>BAEL-91, Article A.5.2,2</i>	Maximum: 1131.6 kN/m	
Semelle superficielle:		
- Arrière:	Calculé: 0 kN/m	Vérifiée
- Avant:	Calculé: 0 kN/m	Vérifiée
Longueur d'ancrage: <i>BAEL-91, Article A.6.1,2</i>		
Semelle superficielle:		
- Attentes arrière:	Minimum: 28.5 cm Calculé: 94.2 cm	Vérifiée
- Attentes avant:	Minimum: 28.5 cm Calculé: 94.2 cm	Vérifiée
- Armature inf. arrière (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature inf. avant (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature sup. arrière (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
- Armature sup. avant (Crosse):	Minimum: 15.4 cm Calculé: 18 cm	Vérifiée
Diamètre minimum: <i>Critère de CYPE</i>	Minimum: Ø10	

Référence: Mur en aile de sortie droite		
Vérification	Valeurs	État
Semelle superficielle:		
- Armature transversale inférieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature longitudinale inférieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature transversale supérieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure:	Calculé: HA14	Vérifiée
Toutes les conditions sont vérifiées		

pour ce qui concerne les caniveaux, le dimensionnement a été effectué manuellement. Les résultats sont présentés ci-dessous :

DIMENSIONNEMENT CANIVAUX



Hauteur $f = 0.8\text{m}$

$a = 0.08\text{m}$

$b = 1.34\text{m}$

$h = 0.12\text{m}$

Prédimensionnement

$$e = \frac{h}{32} + 0.125 = e = \frac{0.12}{32} + 0.125$$

$$e = 0.15$$

Nous prendrons $e = 0.2\text{m}$

🔧 Dimensionnement Dalette

➤ Poids propre de la dalette

$$P_p = e \times b \times \gamma_b$$

$$P_p = 0.2 \times 1 \times 25$$

$$P_p = 6.7 \text{ KN/ml}$$

Calcul des sollicitations

$$M_{pd} = P_p \times \frac{(b - 2 \times h)^2}{8}$$

$$M_{pd} = 6.7 \times \frac{(1.34 - 2 \times 0.12)^2}{8}$$

$$M_{pd} = 1.01 \text{ KN.m}$$

Moment dû à la charge BC

$$M_{br} = B_c \times \frac{(b - 2 \times h)^2}{8}$$

$$M_{br} = 60 \times \frac{(1.34 - 2 \times 0.12)^2}{4}$$

$$M_{br} = 16.5 \text{ KN.m}$$

Combinaison des charges

$$ELU : Mu = 1,35 \times MPd + 1,6 \times MBc = 1.35 \times 0.75 + 1.5 \times 16.5 = 39.244 \text{ KN.m}^*$$

$$L'ELS : Mser = MPd + MBc = 2.44 + 16.5 = 17.51 \text{ KN.m}$$

Détermination de la section d'acier

$$D = 0.9 \times h = 0.9 \times 0.2 = 0.18 \text{ m}$$

$$\mu_u = \frac{Mu}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} \text{ avec } d = 0.9 \times h \text{ avec } b_0 = 1 \text{ et } h = 2$$

$$\mu_u = \frac{0.02505}{1 \times 14.17 \times 0.18^2} = 0.055$$

On a :

$$\mu_u = 0.055 < \mu_{AB} = 0.186, \text{ Par conséquent nous n'avons pas d'aciers comprimés}$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_u})$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.055})$$

$$\alpha_u = 0.070$$

$$Z_u = d \times (1 - 0.4 \times \alpha_u)$$

$$Z_u = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.070)$$

$$Z_u = 0.17$$

$$f_{su} = \frac{f_e}{1.15} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$A_{st} = \frac{Mu}{Z_u \times f_{su}} = \frac{0.056}{0.17 \times 434.78}$$

$$A_{st} = 7.44 \text{ cm}^2$$

Vérification à l'ELS

Fibre neutre

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d \text{ avec } \alpha_{ser} = \frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_{st}}$$

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

$$\alpha_{ser} = 0.47$$

$$y_{ser} = 0.47 \times 0.18 = 0.084$$

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

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 15 \times 1 \times 0.18^2 \times \alpha_{ser} \left(1 - \frac{1}{3} 0.47\right)$$

$M_{serb} < M_{ser}$ donc pas d'acier comprimer.

Calcul de z_{ser}

$$Z_{ser} = \alpha \left(1 - \frac{1}{3} \times 0.527\right) = Z_{ser} = 0.47 \left(1 - \frac{1}{3} \times 0.527\right) = 0.38 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{0.017}{0.38 \times 250}$$

$$A_{st} = 1.78 \text{ cm}^2$$

Condition de non-fragilité

$$A_{smin} = 0.23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{smin} = 0.23 \times 1.34 \times 0.18 \times \frac{2.1}{500}$$

$$A_{smin} = 2.32 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} \geq A_{st}$$

Nous retenons $A_{st} = 7.44 \text{ cm}^2$

Nous convenons prendre 5HA14 totalisant une section de 7.70 cm^2

CALCUL DE L'ESPACEMENT

$$S_t = b_0 - (1 \times N_{br}) + e \times 2 / N_{br} - 1 = 100 - (1 \times 5) + 3 \times 2 / 5 - 1 = 22.25 \text{ cm}$$

Nous disposerons par face 5HA14 avec un espacement de 20cm.

🌈 Calcul du PIEDROITS avec Dalette

Le poids propre de la dalette sur un piédroit :

$$P_{pd} = \frac{P_d}{2} = \frac{6.7}{2} = 3.35 \text{ KN/ml}$$

Effort d'une roue sur un piédroit :

$$V_{bc} = \frac{B_c}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ KN.ml}$$

Poids propre d'un piédroit:

$$P_{pdt} = \gamma_b \times (f \times e + a \times e) \times 1 \text{ ml} = 25 \times (0.8 \times 0.2 + 0.08 \times 0.2) = 4.4 \text{ KN}$$

Poussée des Terres :

$$Pt = 0.5 \gamma_{sol} \times ka \times (f + e)^2 = 0.5 \times 20 \times 0.33 \times (0.8 + 0.2)^2$$

$$Pt = 3.3 \text{ KN}$$

Calcul de la surcharge sur remblai :

$$q = ka \times (f + e) \gamma_b = 0.33 \times (0.8 + 0.2) \times 10 = 3.3 \text{ KN}$$

$$q = 3.3 \text{ KN}$$

Calcul des sollicitations à l'ELS

$$N_{ser} = P_{pd} \times P_{pdBc} + P_{pdt} + Pt$$

$$N_{ser} = 3.35 + 30 + 4.4 + 3.3$$

$$N_{ser} = 41.05 \text{ KN}$$

Combinaison d'action :

$$M_{ser} = \frac{p \times f^2}{3} + \frac{q \times f}{2} = \frac{3.3 \times 0.8^2}{3} + \frac{3.3 \times 0.8}{2}$$

$$M_{ser} = 2.024 \text{ KN.m}$$

Calcul de l'excentricité

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{2.024}{41.05}$$

$$e = 0.05 \geq \frac{B}{6} = 0.033 \text{ donc la section est partiellement comprimée}$$

$$eA = 0.05 + (0.18 - 0.50 \times 0.2) = 0.13$$

Calcul du moment fictif

$$M_{fictif} = N_{ser} \times eA = 41.05 \times 0.13 = 0.053 \text{ MN.m}$$

Calcul de la fibre neutre :

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0.47 \times 0.18$$

$$y_{ser} = 0.085$$

Calcul de Zser

$$Z_{ser} = \alpha \left(1 - \frac{1}{3} \times 0.527\right) = Z_{ser} = 0.18 \left(1 - \frac{1}{3} \times 0.47\right) = 0.15 \text{ m}$$

Calcul du Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser} \left(1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser}\right)$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0.085 \times 15 \times 0.15$$

$$M_{serb} = 0.096 > M_{fictif} \text{ donc pas d'acier comprimé.}$$

Calcul de la section d'acier :

$$A_{st} = \frac{M_{fictif}}{Z_{ser} \times \sigma_s} - \frac{N_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0.053}{0.15 \times 250} - \frac{41.05}{250}$$

$$A_{st} = -0.16 \text{ cm}^2$$

Nous avons $A_{s_{min}} > A_{st}$ nous allons donc considérer $A_{st} = A_{s_{min}}$

CALCUL DE L'ESPACEMENT

$$S_t = b_0 - (1 \times \text{Nbr}) + e \times 2 / \text{Nbr} - 1 = 100 - (1 \times 5) + 3 \times 2 / 5 - 1 = 22.25 \text{ cm}$$

Nous disposerons par face 5HA8 avec un espacement de 20cm

🚦 Calcul du PIEDROITS sans Dalette

Effort d'une roue sur un piédroit :

$$V_{bc} = \frac{B_c}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ KN.ml}$$

Poids propre d'un piédroit :

$$P_{pdt} = \gamma_b \times (f \times e + a \times e) \times 1 \text{ ml} = 25 \times (0.8 \times 0.2 + 0.08 \times 0.2) = 4.4 \text{ KN}$$

Poussée des Terres :

$$P_t = 0.5 \gamma_{sol} \times k_a \times (f + e)^2 = 0.5 \times 20 \times 0.33 \times (0.8 + 0.2)^2$$

$$P_t = 3.3 \text{ KN}$$

Calcul de la surcharge sur remblai :

$$q = k_a \times (f + e) \gamma_b = 0.33 \times (0.8 + 0.2) \times 10 = 3.3 \text{ KN}$$

$$q = 3.3 \text{ KN.}$$

Calcul des sollicitations à l'ELS

$$N_{ser} = P_{pdBc} + P_{pdt} + P_t$$

$$N_{ser} = 30 + 4.4 + 3.3$$

$$N_{ser} = 37.7 \text{ KN}$$

Combinaison d'action :

$$M_{ser} = \frac{p \times l^2}{3} + \frac{q \times l}{2} = \frac{3.3 \times 0.8^2}{3} + \frac{3.3 \times 0.8}{2}$$

$$M_{ser} = 2.024 \text{ KN.m}$$

Calcul de l'excentricité

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{2.024}{41.05}$$

$$e = 0.05 \geq \frac{B}{6} = 0.033 \text{ donc la section est partiellement comprimée}$$

$$eA = 0.05 + (0.18 - 0.50 \times 0.2) = 0.13$$

Calcul du moment fictif

$$M_{fictif} = N_{ser} \times eA = 37.7 \times 0.13 = 0.049 \text{ MN.m}$$

Calcul de la fibre neutre :

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0.47 \times 0.18$$

$$y_{ser} = 0.085$$

Calcul de Z_{ser}

$$Z_{ser} = \alpha \left(1 - \frac{1}{3} \times 0.527\right) = Z_{ser} = 0.18 \left(1 - \frac{1}{3} \times 0.47\right) = 0.15 \text{ m}$$

Calcul du Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser} \left(1 - \frac{1}{3} \alpha_{ser}\right)$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0.085 \times 15 \times 0.15$$

$$M_{serb} = 0.096 > M_{fictif} \text{ donc pas d'acier comprimé.}$$

Calcul de la section d'acier :

$$A_{st} = \frac{M_{fictif}}{Z_{ser} \times \sigma_s} - \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0.049}{0.15 \times 250} - \frac{37.7}{250}$$

$$A_{st} = -0.14 \text{ cm}^2$$

Nous avons $A_{s_{min}} > A_{st}$ nous allons donc considérer $A_{st} = A_{s_{min}}$

Calcul du radier

Poids propre du radier

$$P_{prd} = \gamma_d \times e_d \times e \times L_{radier}$$

$$P_{prd} = 0.2 \times 25 \times 1.1$$

$$P_{prd} = 6.87 \text{ KN/ml}$$

Poids propre du piédroit

$$P_{pdt} = 2 \times (\gamma_b \times (f \times e + a \times e) \times 1\text{ml}) = 2 \times (25 \times (0.8 \times 0.2 + 0.08 \times 0.2)) = 8.8 \text{ KN}$$

Le poids propre de la dalette est de 6.4 KN/ml

Le poids de l'eau :

$$P_e = 10 \times 0.8 \times 1.1 = 8.8 \text{ KN/ml}$$

Calcul de la réaction du sol :

$$R = 6.87 + 8.8 + 6.7 + 75$$

$$R = 97.37 \text{ KN/ml}$$

Calcul du moment fléchissant :

$$M_{ser} = \frac{R \times L^2}{8} = \frac{97.37 \times 1.1^2}{8} = 14.72 \text{ KN.m}$$

Nous avons $M_{serb} < M_{ser}$ donc pas d'acier comprimer

Calcul de la section des aciers.

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{0.0147}{0.15 \times 250}$$

$$A_{st} = 3.92 \text{ cm}^2$$

Nous avons $A_{smin} < A_{st}$ nous allons donc considérer A_{st}

CALCUL DE L'ESPACEMENT

$$S_t = b_o - (1 \times \text{Nbr}) + e \times 2 / \text{Nbr} - 1 = 100 - (1 \times 5) + 3 \times 2 / 5 - 1 = 22.25 \text{ cm}$$

Nous disposerons par face 5HA10 avec un espacement de 20cm

Vérification des contraintes :

➤ **Dalette :**

Contrainte du béton

$$\text{Soit : } \frac{b_o}{2} \times Y_{ser} - n A_{st} \times (d - Y_{ser})$$

$$\frac{1}{2} \times Y_{ser}^2 + 0.001116 Y_{ser} - 2.0088^{-3}$$

$$Y_{ser1} = 0.062 \text{ et } Y_{ser2} = -0.064 \text{ on prendra } Y_{ser} = Y_{ser1}$$

Calcul du moment Quadratique I_{ser} :

$$I_{ser} = \frac{b_o}{3} \times Y_{ser}^3 - n A_{st} \times (d - Y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{b_o}{3} \times 0.062^3 + 15 \times \frac{7.44}{10000} \times (0.18 - 0.062)^2$$

$$I_{ser} = 2.74.10^{-4}$$

Calcul de la contrainte réel :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times Y_{ser}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{0.01751}{2.74.10^{-4}} \times 0.062$$

$$\sigma_{bc} = 3.96 \text{ MPa}$$

La contrainte limite dans le béton est $\overline{\sigma_{bc}} = 15 \text{ MPa}$

On a $\sigma_{bc} < \overline{\sigma_{bc}}$ (vérifié)

Contrainte dans l'acier

$$\sigma_{st} = 15 \times K \times (d - y) \text{ avec } K = \frac{M_{ser}}{I_{ser}}$$

$$\sigma_{st} = 15 \times \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times (0.18 - 0.062)$$

$$\sigma_{st} = 113.11 \text{ MPa}$$

on a $\sigma_{st} < \overline{\sigma_{st}}$ (vérifiée)

Vérification de la contrainte :

➤ Piédroit

Contrainte du béton

$$\text{Soit : } \frac{b_o}{2} \times Y_{ser}^2 - nAst \times (d - Y_{ser})$$

$$\frac{1}{2} \times Y_{ser}^2 + 0.00348 Y_{ser} - 0.000626$$

$$Y_{ser1} = 0.032 \text{ et } Y_{ser2} = -0.039 \text{ on prendra } Y_{ser} = Y_{ser1}$$

Calcul du moment Quadratique I_{ser} :

$$I_{ser} = \frac{b_o}{3} \times Y_{ser}^3 - nAst \times (d - Y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{1}{3} \times 0.032^3 + 15 \times \frac{2.32}{10000} \times (0.18 - 0.032)^2$$

$$I_{ser} = 2.74 \cdot 10^{-4}$$

Calcul de la contrainte réel :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times Y_{ser}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{0.002024}{8.714 \cdot 10^{-5}} \times 0.032$$

$$\sigma_{bc} = 0.74 \text{ MPa}$$

La contrainte limite dans le béton est $\overline{\sigma_{bc}} = 15 \text{ MPa}$

On a $\sigma_{bc} < \overline{\sigma_{bc}}$ (vérifié)

Contrainte dans l'acier

$$\sigma_{st} = 15 \times K \times (d - y) \text{ avec } K = \frac{M_{ser}}{I_{ser}}$$

$$\sigma_{st} = 15 \times \frac{0.002024}{8.714 \cdot 10^{-5}} \times (0.18 - 0.032)$$

$$\sigma_{st} = 51.56 \text{ MPa}$$

on a $\sigma_{st} < \overline{\sigma_{st}}$ (vérifiée)

➤ Radier

Contrainte du béton

$$\text{Soit : } \frac{b_o}{2} \times Y_{ser}^2 - nAst \times (d - Y_{ser})$$

$$\frac{1}{2} \times Y_{ser}^2 + 0.00007056 Y_{ser} - 0.001058$$

$$Y_{ser1} = 0.046 \text{ et } Y_{ser2} = -0.046 \text{ on prendra } Y_{ser} = Y_{ser1}$$

Calcul du moment Quadratique I_{ser} :

$$I_{ser} = \frac{b_o}{3} \times Y_{ser}^3 - nAst \times (d - Y_{ser})^2$$

$$I_{ser} = \frac{1}{3} \times 0.046^3 + 15 \times \frac{3.92}{10000} \times (0.18 - 0.046)^2$$

$$I_{ser} = 1.38 \cdot 10^{-4}$$

Calcul de la contrainte réel :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times Y_{ser}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{0.01472}{1.38 \cdot 10^{-4}} \times 0.046$$

$$\sigma_{bc} = 4.9 \text{ MPa}$$

La contrainte limite dans le béton est $\overline{\sigma_{bc}} = 15 \text{ MPa}$

On a $\sigma_{bc} < \overline{\sigma_{bc}}$ (vérifié)

Contrainte dans l'acier

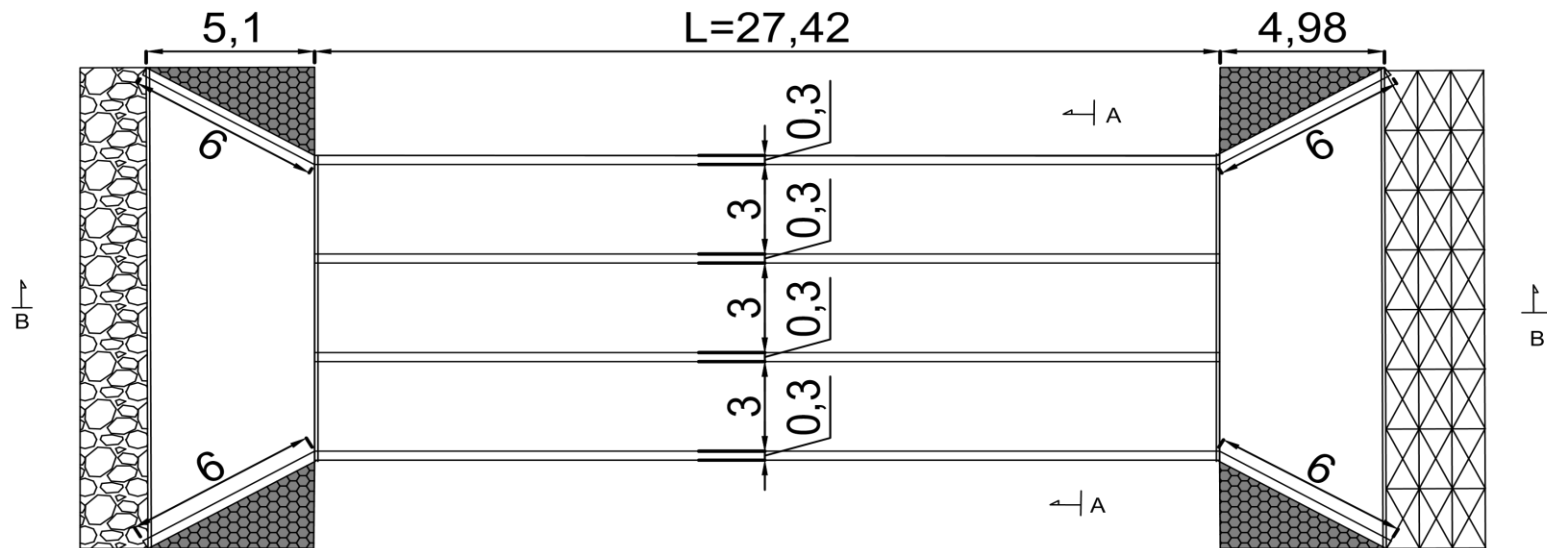
$$\sigma_{st} = 15 \times K \times (d - y) \text{ avec } K = \frac{M_{ser}}{I_{ser}}$$

$$\sigma_{st} = 15 \times \frac{0.01472}{1.38.10^{-4}} \times (0.18 - 0.046)$$

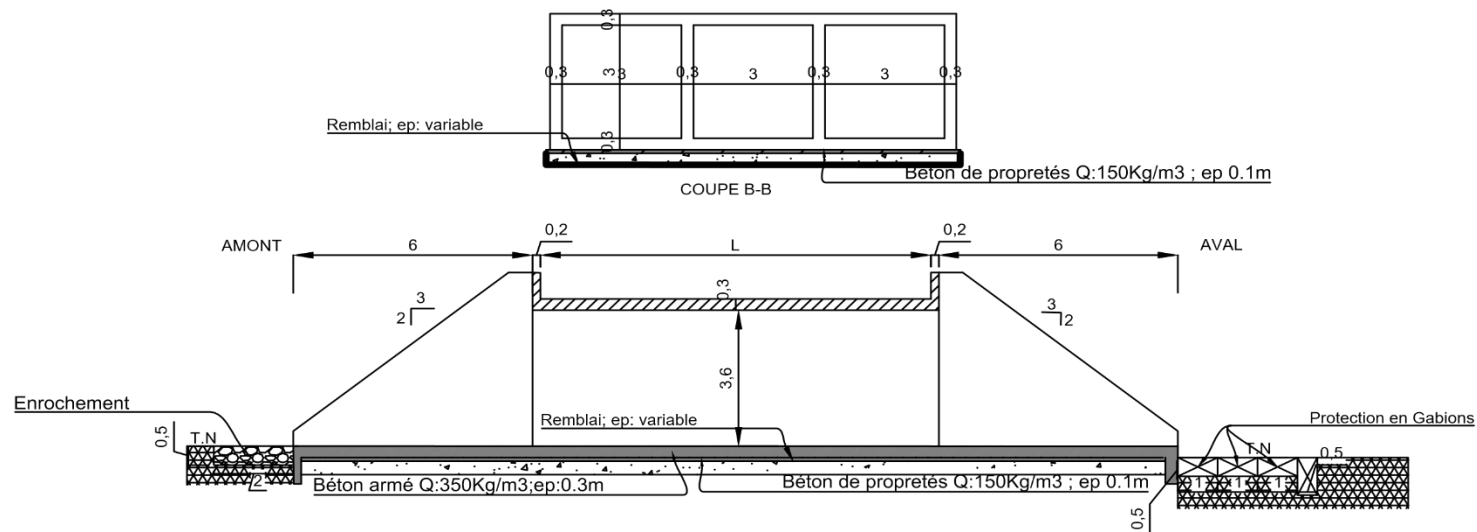
$$\sigma_{st} = 214.4 \text{ MPa}$$

On a $\sigma_{st} < \overline{\sigma_{st}}$ (vérifiée)

VUE EN PLAN

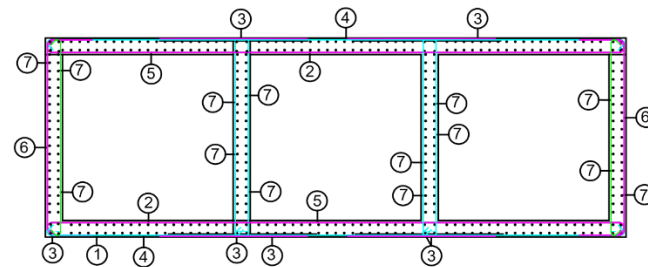


	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)		AGEIM-IC 06 BP9223 Ouagadougou Tel:0025365600/ 0063003096	Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 Km) Plan de coffrage (vue en plan) Dalot 3x300x300	Dessiné par	SEBOGO W. Ahmed Roland
					Format	A4
					Date	26/10/2025
					Echelle	1/1



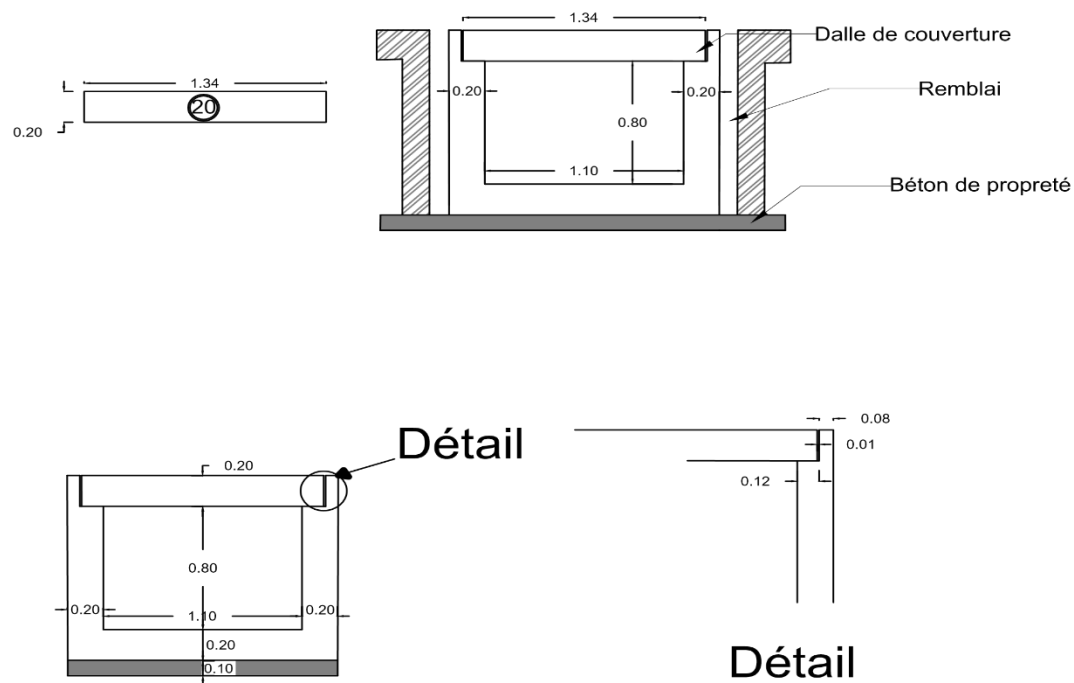
 Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)	 AGEIM-IC 06 BP9223 Ouagadougou Tel:0025365600/ 0063003096	Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 Km)	Coupe B-B	Dessiné par	SEBOGO W. Ahmed Roland
				Format	A4
				Date	26/10/2025
				Echelle	1/1

COUPE A-A



Numéro	Diamètre	Epaisseur
1	HA12	15
2	HA12	15
3	HA10	-
4	HA12	15
5	HA14	15
6	HA14	15
7	HA14	10

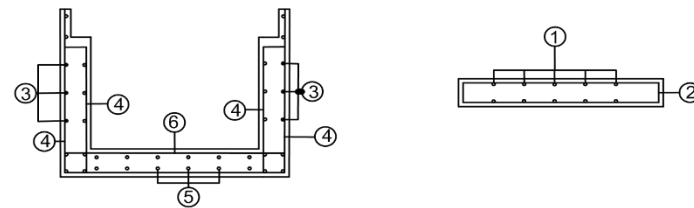
 Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)	 AGEIM-IC 06 BP9223 Ouagadougou Tel:0025365600/ 0063003096	Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 Km)	Coupe A-A	Dessiné par	SEBOGO W. Ahmed Roland
				Format	A4
				Date	26/10/2025
				Echelle	1/1



	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)		AGEIM-IC 06 BP9223 Ouagadougou Tel: 0025365600/ 0063003096	Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 Km) Plan de coffrage caniveau 110x80	Dessiné par	SEBOGO W. Ahmed Roland
					Format	A4
					Date	26/10/2025
					Echelle	1/1

Plan de ferraillage du caniveau 110x80

Numéro	Diamètre	Epaisseur
1	5HA10	20
2	5HA14	20
3	5HA8	20
4	5HA10	20
5	5HA8	20
6	5HA10	20



 Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)	 AGEIM-IC 06 BP9223 Ouagadougou Tel:0025365600/ 0063003096	Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 Km) Plan de ferraillage caniveau 110x80	Dessiné par	SEBOGO W. Ahmed Roland
			Format	A4
			Date	26/10/2025
			Echelle	1/1

Annexe 3 : Devis Quantitatif et Estimatif du Projet

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET					
N°	Désignation des ouvrages	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
100	Installation et repli du chantier				
101	Installation du chantier	Ens	1,00	25 000 000	25 000 000
102	Amené et repli du matériel	Ens	1,00	15 000 000	15 000 000
103	Laboratoire du chantier	Ens	1,00	6 000 000	6 000 000
	Sous total 100				46 000 000
200	Travaux préparatoires				
201	Abattage des arbres de circonférence supérieure à 1m	U	60,00	20 000	1 200 000
202	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise	m²	646 555,19	350	226 294 317
203	Création et aménagement des déviations et pistes de services	Km	3,00	2 500 000	7 500 000
	Sous total 200				234 994 317
300	Terrassement				
301	Déblais	m3	156 100,00	7 000	1 092 700 000
302	Remblais	m3	41 350,00	7 000	289 450 000
303	Mise en forme réglage et compactage de la plateforme	m²	262 843,08	400	105 137 230
	Sous total 300				1 487 287 230

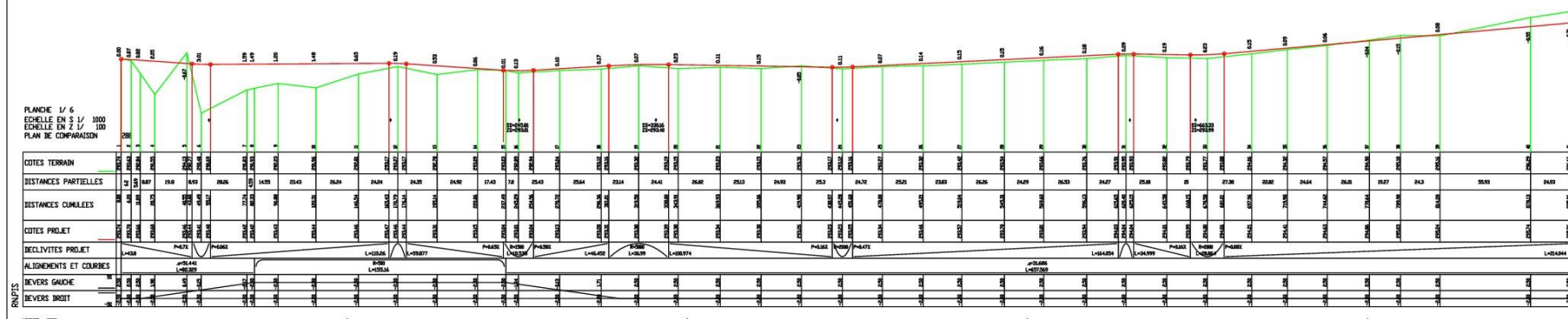
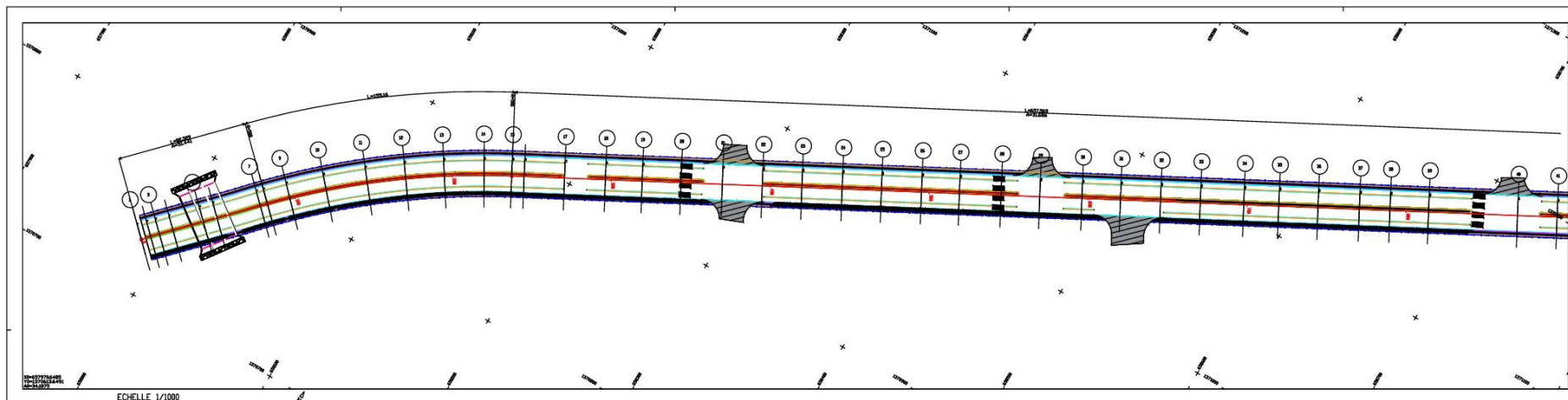
400	Chaussée et revêtement				
401	Fourniture et mise en œuvre du revêtement en Béton bitumineux (ep,7)	m3	13 429,94	204 000	2 739 707 393
402	Fourniture et mise en œuvre de Grave Latéritique amélioré au ciment en couche de base. (ep,15)	m3	28 778,44	45 000	1 295 029 755
403	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritique pour couche de fondation (ep,20)	m3	38 371,25	7 500	287 784 390
404	Couche de forme en grave naturel (ep,20)	m3	38 371,25	6 500	249 413 138
405	Fourniture et mise en œuvre des pavés autobloquants (ep=6cm)	m²	11 511,38	18 000	207 204 761
	Bordure séparatrice de chaussée(A2)	ml	19 185,63	65 000	1 247 065 690
406	Fourniture et pose de bordure type T2+CS2	ml	19 185,63	25 000	479 640 650
407	Fourniture et pose de bordure type T2	ml	19 185,63	18 000	345 341 268
	Sous total 400				6 851 187 045
500	Ouvrage d'assainissement				
501	Béton de propreté (150 Kg/m3)	m3	822,15	71 000	58 372 420
502	Caniveau en béton armé 80x80	ml	9 064,30	35 000	317 250 360
503	Caniveau en béton armé 100x80	ml	4 649,16	36 460	169 508 301
504	Caniveau en béton armé 100x100	ml	5 472,17	105 000	574 578 060
505	Daliette en béton armé pour caniveau de section 80x80	ml	9 064,30	133 000	1 205 551 368

506	Dallete en béton armé pour caniveau de section 100x80	ml	4 649,16	148 300	689 470 131
507	Dallete en béton armé pour caniveau de section 100x100	ml	5 472,17	165 200	904 002 814
Sous total					3 918 733 454
509	Dalot de 3x300x300				
509.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	341,48	270 000	92 200 680
509.2	Acier HA en FeE500	kg	27 318,72	1 500	40 978 080
Sous total 509					133 178 760
510	Dalot de 3x200x300				
510.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	188,42	270 000	50 872 320
510.2	Acier HA en FeE500	kg	15 073,28	1 500	22 609 920
Sous total 510					73 482 240
511	Dalot de 3x100x200				
511.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	179,60	270 000	48 490 920
511.2	Acier HA en FeE500	kg	14 367,68	1 500	21 551 520
Sous total 511					70 042 440
512	Dalot de 3x150x200				
512.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	150,37	270 000	40 598 820
512.2	Acier HA en FeE500	kg	-	1 500	-
Sous total 512					40 598 820
513	2xDalots de 1x100x100				
513.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	126,04	270 000	34 277 400
513.2	Acier HA en FeE500	kg	10 083,20	1 500	15 124 800
Sous total 513					49 402 200
Sous total 500					4 285 437 914
600	Signalisation-Sécurité-Eclairage				

601	Fourniture et pose des panneaux de signalisation temporaire Type A	U	7,00	142 200	995 400
602	Fourniture et pose des panneaux de signalisation définitive Type AB	U	11,00	142 200	1 564 200
603	Fourniture et pose des panneaux de signalisation Type B	U	12,00	142 200	1 706 400
604	Fourniture et pose des panneaux de signalisation Type C	U	14,00	148 700	2 081 800
605	Marquage en peinture blanche retro réfléchissante axiale discontinue	ml	38 371,25	4 000	153 485 008
606	Marquage en peinture rétro réfléchissante spécial (Stop, Passage piéton)	m²	27,00	6 500	175 500
607	Fourniture et installation d'éclairage public solaire lithium double crosse en LED (Axe)	U	266,00	2 500 000	665 000 000
608	Fourniture et installation d'éclairage public solaire lithium simple crosse en LED (Rive)	U	532,00	1 800 000	957 600 000
Sous total 600					1 782 608 308
	Mesures environnementales et sociales				
700	Mesures compensatrices environnementales et sociales	Fft	523,00	15 000 000	7 845 000 000
701	Hangars	U	120,00	200 000	24 000 000
702	Kiosque	U	70,00	100 000	7 000 000
703	Déplacements de tombent	U	130,00	800 000	104 000 000
704	Sensibilisation des ouvriers au respect de la faune et de la flore.	U	3,00	500 000	1 500 000

705	Plantation d'arbre d'alignement, protection et entretien	U	1 700,00	10 000	17 000 000
706	Sensibilisation du personnel au respect des Us et coutumes.	fft/cam	3,00	500 000	1 500 000
707	Sensibilisation du personnel de chantier et des usagers de la route au respect du code de la route	fft/cam	3,00	500 000	1 500 000
708	Remise en état des lieux des carrières et aires de stockage	fft	1,00	6 750 000	6 750 000
709	Sensibilisation sur les MST et VIH	fft/cam	3,00	500 000	1 500 000
Sous total 700					8 009 750 000
I	Total général HT				22 697 264 814
II	TVA 18%				4 085 507 667
III	Total général TTC				26 782 772 481
IV	Cout kilométrique				2 503 062 849

Annexe4 : Tracés combinés



 Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)	 AGEIM-IC 06 BP9223 Ouagadougou Tel:0025365600/ 0063003096	Étude technique détaillée d'un projet de voirie urbaine : cas du boulevard des Tansoba à Ouagadougou au Burkina Faso (environ 10,7 Km)	AXE_1	Dessiné par	SEBOGO W. Ahmed Roland	N°
			Tracé combiné	Format	A3	01
				Date	19/12/2025	
			Echelle	1/100 et 1/1000		

