



**ÉTUDES TECHNIQUES ET DÉTAILLÉES DES INFRASTRUCTURES DE
LA GARE OUAGARINTER A OUAGADOUGOU : CAS DES OUVRAGES
HYDRAULIQUES ET DES VOIES D'ACCÈS**

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER
SPÉCIALITÉ : GÉNIE CIVIL (ROUTE ET OUVRAGE D'ART)

Présenté et soutenu publiquement le 03 Juillet 2019 par :

Pulchérie Tégawendé KIEMA (20130427)

**Directeur de mémoire : Mme Marie Thérèse GOMIS/MBENGUE, Assistante
d'Enseignement et de Recherche à 2iE**

**Maître de stage : Mr Abdramane Gouaklo KONÉ, Directeur des Travaux de la Gare
OUAGARINTER, SOGEA SATOM**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Malick ZOROM

**Membres et correcteurs : M. Césaire HEMA
M. Célestin OVONO**

Promotion [2018 / 2019]

DEDICACE

Je dédie ce travail

A mes adorables parents Alfred et Elsa Marie KIEMA

A mes sœurs chéries Pegdwendé Christelle et Wendyam Nelly KIEMA

REMERCIEMENTS

A l'issue de ce stage pour l'obtention du diplôme d'ingénieur, il nous tient à cœur de remercier de vive voix tous ceux et celles qui ont contribué d'une quelconque manière à la réalisation de ce travail. Nous remercions principalement, pour leur disponibilité, leurs conseils, leur accompagnement et leur soutien à notre égard durant notre stage pratique, les personnes suivantes :

- Monsieur le Directeur Général Mady KOANDA, de la Fondation 2iE et ses collaborateurs, l'administration et les professeurs pour les conseils, l'éducation et la transmission leurs savoirs ;
- À mon Directeur de mémoire Mme Marie Thérèse Marame GOMIS/MBENGUE, Enseignante Chercheur en Génie Civil à 2iE, pour sa disponibilité, ses conseils, son accompagnement.
- Monsieur Robin TESTOT-FERRY, le Chef d'Agence de SOGEA SATOM BURKINA pour nous avoir permis d'effectuer ce stage plein d'expériences au sein de son entreprise.
- Monsieur KONE Abdramane, le Directeur des travaux et mon maître de stage qui a su m'inculquer les valeurs et connaissances essentielles pour être un excellent Ingénieur et comprendre certaines notions. Nous le remercions pour sa disponibilité, sa patience et sa compréhension à notre égard.
- A monsieur SAWADOGO Harouna, ZOUNDI Noel, DEME Chérif, YONI Hervé, KABORE Ghislain ; Mme TOURE, Mme Valérie, DA Brice, TABSOBA Brice, SAVADOGO Charifa, KROEL Valentine, SEGBO Souleymane, Mr Edgard YAMWEBE, Mr Joachim SANDWIDI, Mr Stéphanus COMPAORE, Yao Faustino DANSOU tous de la section étude et génie civil de SOGEA SATOM pour leurs conseils et leurs accompagnements ;
- Toute ma famille pour l'amour, le soutien, les prières dont j'ai bénéficié durant toutes ces nombreuses années.
- A mes amis Alex OUEDRAOGO, Anicet BAGRE, Arnaud Tégawendé OUEDRAOGO, Charles SOMDA, Cheik Abdalaziz KEINI, Elysée YONLI, Eméric LILIAN, Faridah KABORE, Lionnel ZOUNGRANA, Mohamed Zongo, Moussa GNAMOGO et Philémon YONLI pour leur soutien, leur accompagnement et surtout leur disponibilité.

RÉSUMÉ

Le présent mémoire dont le thème est « études techniques détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès » porte sur l'étude d'une route subdivisée en plusieurs rues. Il a pour but de déterminer, concevoir et quantifier la nature des interventions et les aménagements à appliquer sur cette route.

L'étude des données topographiques, géotechniques, du trafic, hydrologiques et hydrauliques a permis de proposer une conception de la route et de son réseau de drainage.

La vitesse de référence de cette route est de 50 km/h pour la zone urbaine. Le réseau de drainage proposé est constitué d'environ 853,874 ml de caniveaux, de cinq (05) types de dalots. Le trafic de type T3 et la portance de sol de type S3 a guidé le dimensionnement de la structure de chaussée ; et nous avons retenu une couche de fondation de 20 cm d'épaisseur en graveleux latéritique naturel, une couche de base de 20 cm en litho – stabilisation et une couche de roulement de 5 cm de béton bitumineux.

Une étude d'impact environnemental et social (EIES) a été établie en vue de montrer les impacts du projet sur le milieu environnant et les riverains ainsi que les mesures d'atténuation.

L'estimation globale du coût du projet s'élève à, toutes taxes comprises, à un milliard trois cent trente-six millions quarante-cinq mille cinq cent deux (1 336 045 502) francs CFA.

Mots Clés :

- 1 – Dimensionnement de chaussées
- 2 - Drainage
- 3 – Environnement
- 4 – Réhabilitation
- 5 – OUAGARINTER

ABSTRACT

This thesis entitled “detailed technical studies of the infrastructures of OUAGAINTER’s station in Ouagadougou: case of hydraulic structures and roads” is about a road subdivided into several streets. This study aims at determining, designing and quantifying the nature of the action and the laying-out to be applied on this road.

The analysis of topographic, geotechnical, hydraulic and traffic data has made it possible to propose a design of the road and its drainage network.

The reference speed for this road is 50 kilometres per hour for the urban area. The proposed drainage network consists of approximately 853.874 ml of gutters, five (05) types of culverts. The type T3 traffic and S3 type ground load-bearing capacity allowed the sizing of the pavement structure from which we have retained a foundation layer which is 20 cm thick in natural lateritic gravelly, a base layer of 25 cm in of litho-stabilization and a wearing course of bituminous concrete.

An Environment Social Impact Assessment (ESIA) was set up to show the impacts of the project on the surrounding environment and residents as well as the mitigation measures.

The overall estimate cost of the project is, all taxes included, one billion three hundred and thirty-six million forty-five thousand five hundred and two CFA francs (1,336,045,502 CFA).

Keywords :

- 1 – Pavement sizing
- 2 - Drainage
- 3 – Environment
- 4 – Rehabilitation
- 5 – OUAGARINTER

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BAEL : Béton armé aux États Limites

CBR : Californian Bearing Ratio

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

CIEH : Comité Interafricain d'Études Hydrauliques

EIES : Étude d'Impact Environnementale et Sociale

ELS : État Limite de Service

ELU : État Limite Ultime

ENTP : École Nationale des Travaux Publics

HA : Haute Adhérence

ICTAVRU : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

OPM : Optimum Proctor Modifié

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

PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social

PK : Point Kilométrique

SETRA : Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes

TDR : Termes de Référence

UTM : Universal Transverse Mercator

SOMMAIRE

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES FIGURES	xiii
I. INTRODUCTION	1
II. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ÉTUDE....	2
1. Présentation de la structure d'accueil et du projet	2
1.2.1. Historique et mission de SOGEA SATOM	2
1.2.2. Domaines d'intervention.....	2
1.2.3. Organigramme	4
2. Présentation de la zone d'étude.....	5
III. PRÉSENTATION DU PROJET	7
1. Contexte et justification du projet.....	7
2. Objectifs du projet.....	7
3. Objectifs globaux et spécifiques de l'étude	7
4. Diagnostic / état des lieux	8
5. Caractéristiques géo-climatique de la zone de projet	10
IV. METHODOLOGIE DE L'ÉTUDE	12
1. Matériels	12
2. Méthodes.....	13

V. ÉTUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE.....	16
A. CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE	17
I. Choix du type et de la catégorie de route.....	17
II. Caractéristiques dynamiques de la route.....	17
III. Tracé en plan	21
IV. Profil en long	21
V. Profil en travers.....	22
B. SIGNALISATION ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE.....	23
I. Signalisation routière	23
1. Signalisation verticale.....	23
2. Signalisation horizontale.....	24
II. Sécurité routière	25
1. Les balises.....	25
2. Les ralentisseurs.....	25
3. Les barrières de sécurité.....	26
III. Éclairage public	26
C. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE	28
I. Etude géotechnique.....	28
II. Etude du trafic.....	30
III. Dimensionnement de la structure de chaussée	30
1. Les paramètres de dimensionnement de la chaussée	30
2. Composition de la structure.	31
3. Choix de la structure	31
4. Vérification sur Alizé.....	32
D. ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT	35
I. ETUDE HYDROLOGIQUE	35

1. Bassins versants	35
2. Les différentes méthodes de détermination des débits de projets dans les différents bassins versants	41
II. ÉTUDE HYDRAULIQUE	44
1. Dimensionnement hydraulique	44
2. Dimensionnement structural	46
E. COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS A CEUX DE L'ENTREPRISE.....	52
1. Dimensionnement de la chaussée	52
2. Dimensionnement hydraulique	52
3. Devis estimatif du projet.....	53
VI. ÉTUDE (DE FAISABILITÉ) FINANCIÈRE – ÉTUDE DES COÛTS :.....	54
VII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL / PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL.....	55
1. Introduction.....	55
2. Rappel du cadre législatif régissant le projet (notice d'impact ou étude d'impact).55	
3. Rappel des composantes et phases du projet	56
4. Identification et évaluation des impacts.....	57
5. Plan de Gestion Environnemental et Social.....	58
VIII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	59
1. CONCLUSION.....	59
2. RECOMMANDATIONS	60
BIBLIOGRAPHIE.....	62
ANNEXES.....	63
ANNEXE I : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE	64
ANNEXE II : ÉTUDE GÉOMETRIQUE	70
ANNEXE III : SIGNALISATION ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE.....	76
ANNEXE IV : ETUDE HYDRAULIQUE.....	78

ANNEXE V : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES CANNIVAUX	83
ANNEXE VI : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES DALOTS	97
ANNEXE VII : ÉTUDE DES COÛTS.....	130
ANNEXE VIII : ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES)	135
ANNEXE IX : PLAN DE COFFRAGE- PLANS D'ÉXECUTION.....	158

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Distance d'arrêt (ICTAVRU)	18
Tableau 2 : Vitesse en angle saillant.....	19
Tableau 3: Rayons en fonction de la distance d'arrêt (ICTAVRU).....	20
Tableau 4:Distance de dépassement (ICTAVRU).....	21
Tableau 5: Rayons du profil en long (ICTAVRU)	22
Tableau 6: classification du sol en fonction du sol (Guide CEBTP)	29
Tableau 7: Recommandations du CCTP.....	29
Tableau 8 : Classification du trafic (Guide CEBTP)	30
Tableau 9 : Composition de la structure de chaussée selon le CEBTP	31
Tableau 10 : Vérification des déformations et des contraintes	33
Tableau 11: Caractéristiques des bassins versants.....	37
Tableau 12: Récapitulatif des débits provenant des eaux de ruissellement de la demi-chaussée	38
Tableau 13:Assemblage des bassins versants	40
Tableau 14: Les paramètres de la méthode de Caquot	42
Tableau 15:Détermination de l'intensité de pluie et du débit décennal	43
Tableau 16: Détermination de la section des caniveaux.....	45
Tableau 17: Sections des caniveaux retenues	46
Tableau 18: Sections d'acier du caniveau 200X100	48
Tableau 19: Sections d'acier du dalot 200X100.....	51
Tableau 20 : Etude comparative des différentes couches de chaussée	52
Tableau 21 : Étude comparative des sections hydrauliques.....	52
Tableau 22 : Étude comparative du coût estimatif.....	53
Tableau 23: Devis estimatif	54
Tableau 24: classification du sol en fonction du sol (Guide CEBTP)	64
Tableau 25: Résultats des analyses géotechniques	65
Tableau 26:Récapitulatif des résultats d'identification des matériaux de sondage de l'emprunt N°1 A	67
Tableau 27:Récapitulatif des résultats d'identification des matériaux de sondage de l'emprunt N°1 B	67

Tableau 28: Récapitulatif des résultats d'identification des matériaux de sondage de l'emprunt N°1 B bis.....	68
Tableau 29: Recommandations du CCTP.....	69
Tableau 30 : Récapitulatif des tabulations - axe-rue1.....	70
Tableau 31 : Récapitulatif du calcul des profils en travers - axe-rue1.....	71
Tableau 32 : Récapitulatif des emprises et du décapage - axe-rue1	73
Tableau 33 : Récapitulatif des cubatures déblai/remblai par profil - axe-rue1	74
Tableau 34 : Cubatures déblai/remblai (dans l'emprise de la ligne 'projet') - axe-rue1	75
Tableau 35: quelques panneaux utilisés dans le projet.....	76
Tableau 36: Détermination des vitesses maximum	78
Tableau 37: Détermination de la section des caniveaux.....	81
Tableau 38: Sections des caniveaux retenues	82
Tableau 39 : Détermination des sollicitations.....	86
Tableau 40 : efforts aux états limites	87
Tableau 41 : Détermination des sollicitations.....	89
Tableau 42 : Détermination des sollicitations au niveau du radier.....	91
Tableau 43: Sections d'acier du caniveau 200X100	94
Tableau 44:Sections d'acier du caniveau 100X100	95
Tableau 45: Sections d'acier du caniveau 100X80	95
Tableau 46: Tableau 18 : Sections d'acier du caniveau 80X80	96
Tableau 47: Sections d'acier du caniveau 80X60	96
Tableau 48 : récapitulation des valeurs des constantes.....	100
Tableau 49 : Les surcharges sous le système A.....	107
Tableau 50 : Les surcharges sous le système Bc	108
Tableau 51 : Les surcharges sous le système Bt.....	111
Tableau 52 : Récapitulatif des sollicitations	117
Tableau 53: Sections d'acier du dalot 1X200cmX100cm.....	126
Tableau 54:Sections d'acier du dalot 1X100cmX100cm.....	126
Tableau 55: Sections d'acier du dalot 1X100cmX80cm.....	127
Tableau 56: Sections d'acier du dalot 1X80cmX80cm.....	128
Tableau 57: Sections d'acier du dalot 1X80cmX60cm.....	128
Tableau 58 : Matrice de Léopold (identification des impacts)	135
Tableau 59 : Matrice de Fecteau (évaluation des impacts).....	136

Tableau 60 : Plan de gestion environnemental et social (PGES).....139

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de SOGEA SATOM	4
Figure 2 : Zone d'étude	5
Figure 3 : Localisation du projet	6
Figure 4 : Vue de la rue 1 avant les travaux	9
Figure 5 : Vue de la rue A avant les travaux	9
Figure 6 : Organigramme de l'étude de faisabilité	16
Figure 7 : Visibilité en angle saillant	18
Figure 8 : Visibilité en courbe	19
Figure 9 : Visibilité en courbe	19
Figure 10 : Visibilité sous l'ouvrage	20
Figure 11 : Structure de chaussée	28
Figure 12 : Propriété de la variante choisie	32
Figure 13 : Vérification des contraintes	33
Figure 14: Délimitation des bassins versants	36
Figure 15 : Charges considérées pour le dimensionnement du caniveau	47
Figure 16 : Signalisation horizontale et verticale du projet	77
Figure 19 : Différentes charges appliquées au caniveau	85
Figure 20 : Schéma statique du cadre simple	99
Figure 21 : Moment sur appuis du tablier	101
Figure 22 : Moment sur appuis des piédroits	103
Figure 23 : Moment sur appuis du radier	104
Figure 24 : Sollicitations sous l'action des poussées des terres	105
Figure 25 : Surcharge sous le système Bc	108
Figure 26 : Surcharge sous le système Bt	110
Figure 27 : Sollicitations sous l'action Bt	112
Figure 28 : Sollicitations sous l'action des surcharges routières de remblai d'accès	113
Figure 29 : Charges variables des remblais d'accès 1 coté.	114
Figure 30 : Sollicitations sous l'action des forces de freinage	116
Figure 31: Diagramme en secteur des coûts par série	134

I. INTRODUCTION

Le transport des biens et des personnes constitue la base du système économique d'un pays. Le flux des échanges économiques ne peut s'opérer de manière régulière et rentable que si ces infrastructures qui les facilite existent et sont fonctionnelles. Ne dit-on pas souvent que la route de développement passe par le développement de la route ?

Afin d'assurer la croissance économique et d'accroître la sécurité des usagers, la commune de Ouagadougou envisage l'amélioration de la mobilité sur son territoire. Pour ce faire, il est prévu l'aménagement de deux gares routières publiques dont celle de OUAGARINTER qui devrait être réhabilitée en vue d'améliorer d'abord les conditions de travail des transporteurs et les conditions d'assainissement dans la gare à travers la construction de collecteurs d'eau de ruissellement, ensuite faciliter la mobilité du transport intra urbaine par la réduction des stationnements, des embarquements et/ou débarquements anarchiques, et enfin augmenter les capacités d'autofinancement de la commune par la création de recette. Le projet de OUAGARINTER est centré sur l'organisation du transport et plus spécifiquement sur l'articulation entre le transport collectif inter et celui intra urbain, sur le territoire communal. C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet de fin de cycle intitulé « Études techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès ».

Les résultats attendus à l'issue de ce projet sont essentiellement le rapport de synthèse, la description des méthodes de conception et de calcul, les notes de calcul des ouvrages et éventuellement le devis quantitatif estimatif (DQE) du projet. Au-delà de cette étude, une action particulière sera portée sur l'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) pour que ce projet soit un projet à caractère durable.

II. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ÉTUDE

Dans ce chapitre, il sera question dans un premier temps de présenter l'entreprise qui a permis de mener cette étude, ensuite le projet notamment ses objectifs, sa situation et l'état des lieux du site à aménager sera effectuée et enfin la méthodologie de travail adoptée pour la réalisation de l'étude.

1. Présentation de la structure d'accueil et du projet

1.2.1. Historique et mission de SOGEA SATOM

Depuis plus de 90 ans, SOGEA SATOM déploie leur expertise globale dans les pays où ils sont. La qualité de la relation avec le maître d'ouvrage est aussi déterminante que le niveau technique dans la réussite de leurs projets.

En termes de chiffre SOGEA SATOM a 90 ans de présence en Afrique, dans plus de 20 pays avec plus de 12000 collaborateurs et plus de 100 chantiers en cours.

1.2.2. Domaines d'intervention

- Industries : SOGEA SATOM est un investisseur majeur dans le domaine industriel. L'entreprise possède en propre des centrales d'enrobage, des stations de concassage et des centrales à béton dans de nombreux pays sur le continent africain.
- Travaux aéroportuaires : la maîtrise des techniques de construction routière leur confère une expertise dans la réalisation de pistes aéroportuaires, de taxiways... l'entreprise SOGEA SATOM réalise tous type de piste, jusqu'à celles qui peuvent accueillir les nouveaux gros porteurs, type airbus A380.
- Travaux maritimes et portuaires : la spécificité de ces travaux est totalement maîtrisée par SOGEA SATOM, notamment avec sa filiale Dumez Maroc et en complémentarité avec d'autres expertises du Groupe, afin de réaliser, d'étendre ou de réhabiliter tous types d'ouvrages portuaires, maritimes ou fluviaux.
- Périmètres agricoles : Métier spécifique du terrassement, l'intervention en périmètre

agricole permet à des zones arides de revivre et, ainsi d'être cultivées.

- Travaux électriques : SOGEA SATOM dispose de toutes les compétences en travaux électriques, à travers sa filiale.

1.2.3. Organigramme

L'organisation de l'entreprise est résumée dans l'organigramme mentionné dans la Figure 1 :

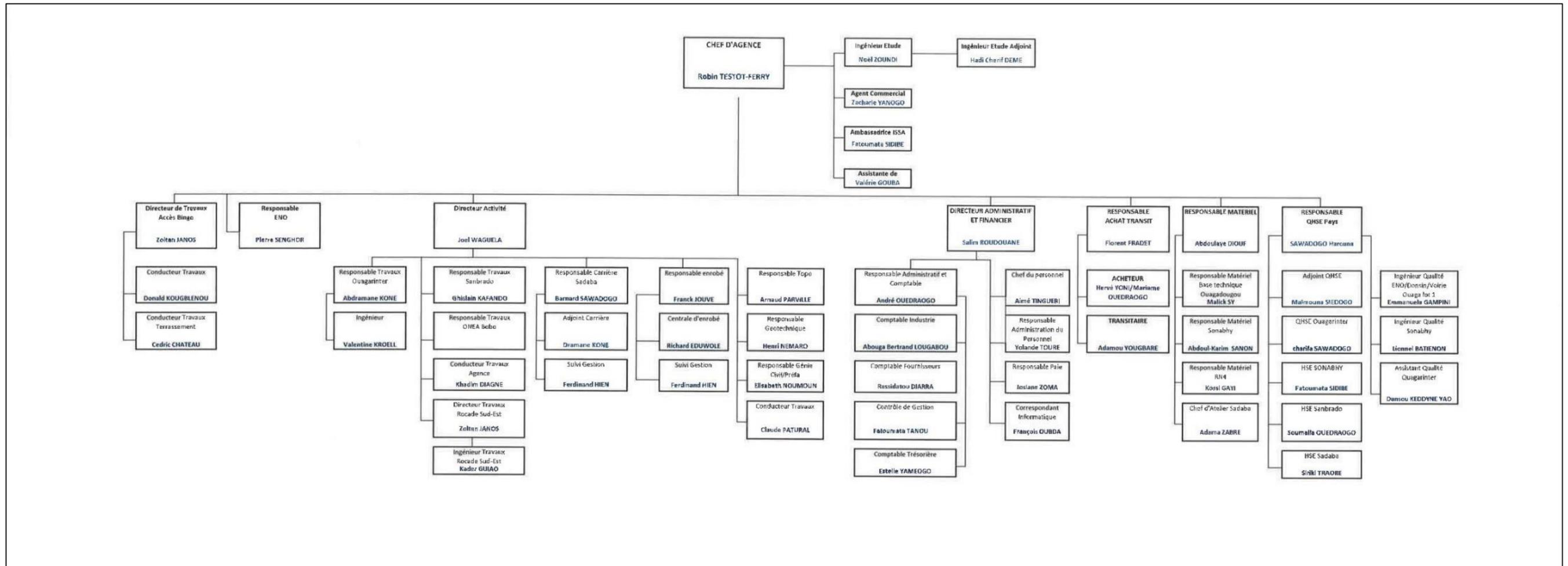


Figure 1 : Organigramme de SOGEA SATOM

2. Présentation de la zone d'étude

La gare routière OUAGARINTER de coordonnées géographiques 1°30'58.15"O (longitude) et 12°20'6.52"N (latitude) est située à Ouagadougou (capital du Burkina Faso) précisément dans la partie Sud de la commune dans l'arrondissement 5, secteur 24. La population résidente du secteur 24 était estimée à 46783 habitants lors du recensement de la population de la commune de Ouagadougou en 2012.

La Figure 2 permettra de mieux voir la situation géographique du projet dans la commune du Kadiogo, et dans la ville de Ouagadougou.

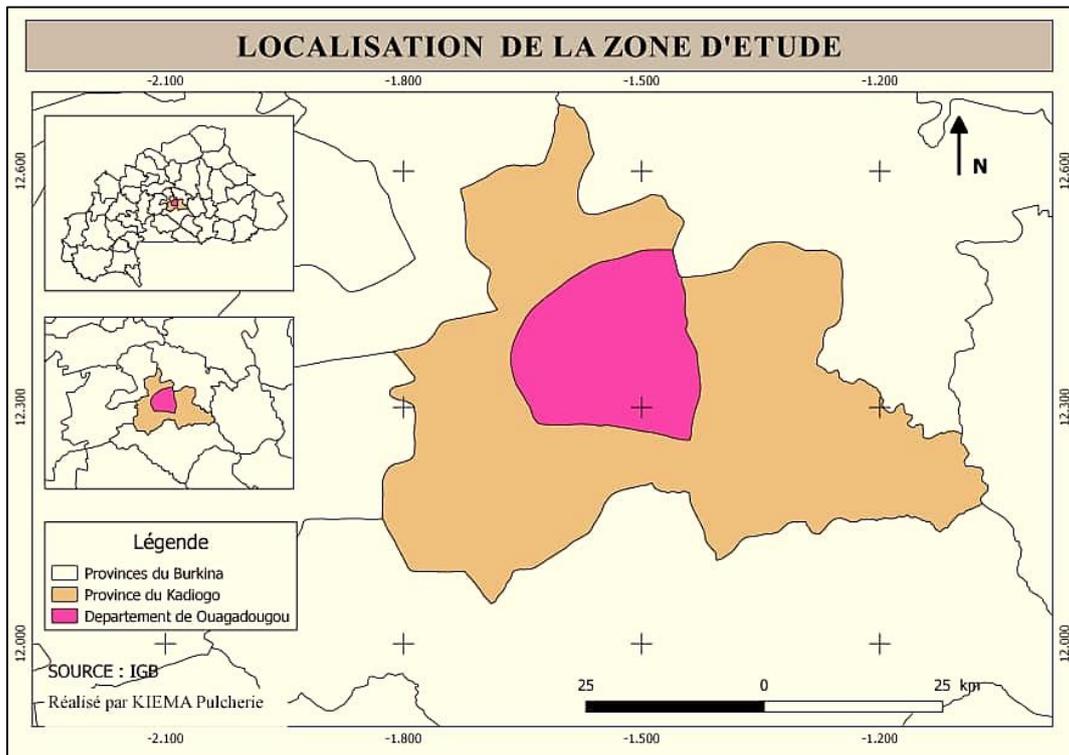


Figure 2 : Zone d'étude

Mise en service depuis 1980, la gare routière OUAGARINTER est située entre une zone résidentielle (quartier Toyibin avec une prédominance d'un habitat de type traditionnel en pleine mutation) et une zone de fret (OUAGARINTER). Le site actuel de la gare routière est limité :

- Au Sud par la RN5 ;

- Au Nord par le marché de la gare routière, le marché à bétail et le cimetière de Toyibin ;
- A l'Est par le Centre de contrôle des véhicules automobiles (CCVA) et des commerces ;
- A l'Ouest par les habitations et les commerces du quartier Toyibin

La Figure 3 illustre la zone de projet et son environnement. Les rue A, rue B, rue 1 et rue 2 indique les différentes voiries qui seront aménagées. En jaune, les sites de réinstallation dédiés aux transporteurs et commerçants qui seront déplacés pendant la durée des travaux (site 1 et 2).



Figure 3 : Localisation du projet

III. PRÉSENTATION DU PROJET

1. Contexte et justification du projet

L'aménagement des tronçons routiers est un aspect très important entrant en compte dans les priorités définies dans le cadre de la Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable (SCADD). C'est dans cette perspective que s'inscrit les Projets de Développement Durable de Ouagadougou (PDDO) dont les travaux de réhabilitation et d'extension de la gare OUAGARINTER sont financés par l'Agence Française de Développement (AFD).

En rappel, le présent projet intitulé « Projet de Développement Durable de Ouagadougou (PDDO) » vise principalement la facilitation de la mobilité dans la commune de Ouagadougou, ainsi que l'amélioration des conditions de travail des transporteurs et acteurs associés.

2. Objectifs du projet

L'objectif général du projet est de favoriser l'amélioration du cadre de vie des populations et la fluidité du trafic. Ainsi à travers ces constructions d'infrastructures routières les échanges seront plus faciles et auront un grand impact sur le développement économique et social du pays et amélioreront également les conditions d'assainissement dans la gare et ses alentours à travers la construction de collecteurs d'eau de ruissellement.

3. Objectifs globaux et spécifiques de l'étude

Le projet consiste à mener une étude technique et détaillée d'un ouvrage hydraulique, des voies d'accès dans le cadre de la réhabilitation de la gare OUAGARINTER au Burkina Faso. Un mémoire de fin d'étude doit être fourni à la sortie de cette étude. Cette étude consistera à :

- Faire la conception géométrique de la route conformément aux spécificités techniques et économiques requises,
- Dimensionner la structure de la chaussée pour résister au trafic pendant la durée de vie de la route,

- Dimensionner un réseau hydraulique et d'assainissement d'eaux des pluies qui répondront aux attentes sur le tracé,
- Evaluer les impacts sur l'environnement et établir un plan de suivi environnemental comme solution aux impacts négatifs non négligeables,
- faire ressortir un devis estimatif du projet.

Une étude comparative des résultats avec ceux de l'entreprise en charge de l'exécution sera faite également.

4. Diagnostic / état des lieux

La réhabilitation consiste à restaurer les différentes couches de la chaussée (terrassement généraux, couches de forme, de fondation et de base ou de roulement), les ouvrages d'assainissement existants ou à compléter les ouvrages manquants pour parfaire le système d'assainissement de la route.

Une route se dégrade au fil du temps suite à son utilisation. Ces désordres varient suivant : le climat, les sols, la circulation et les caractéristiques géométriques de la route.

Pour le projet, toutes nos routes sont des routes non revêtues ; des routes en terre d'une longueur totale de 852,31 mètres décomposé en 4 rues qui sont : rue 1 (317,707 mètres), rue 2(317, 707 mètres), rue A (109,23mètres), rue B (109,02mètres).

➤ **Investigation sur site**

Les routes sont dans un état de dégradation très avancée et difficilement praticables. Elles connaissent des dégradations telles que des ornières (déformations longitudinales apparaissant dans la bande de roulement des véhicules), des ravines (rigoles provoquées par les eaux de ruissellement), des flaches (effondrement ou dépression accentuée le plus souvent localisée, se fixant à la surface), des nids de poules ou crevasse (excavation à la forme arrondie se fixant à la surface de la chaussée) et des dégradations des accotements. A cela il faut ajouter la dégradation des latrines publiques, l'envahissement des routes par certains commerçants mais aussi la présence de nombreuses eaux usées.

Les Figure 4 et Figure 5 présentent ces différentes dégradations :



Figure 5 : Vue de la rue A avant les travaux

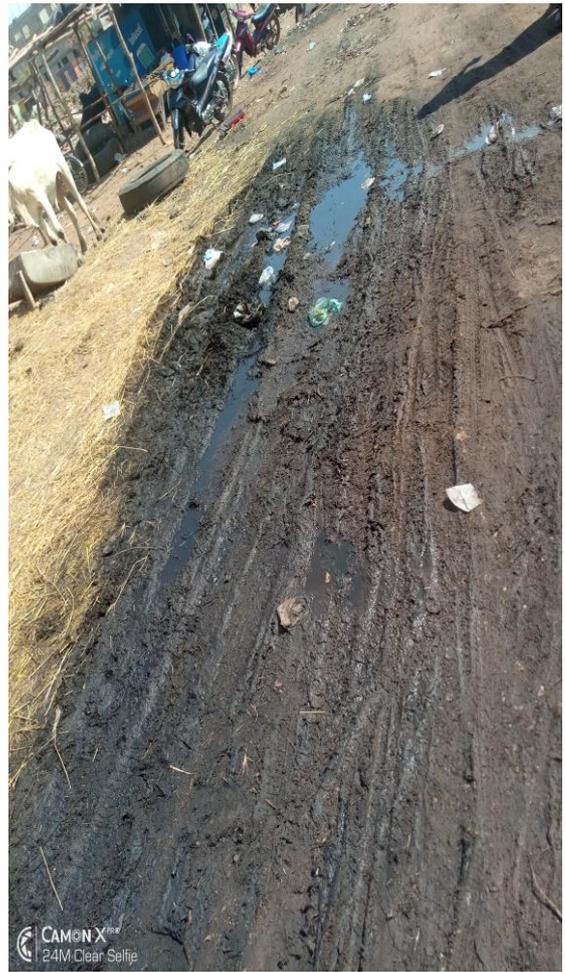


Figure 4 : Vue de la rue 1 avant les travaux

Il est noté par ailleurs l'absence d'ouvrages d'assainissement sur l'emprise du projet.

➤ **Préconisation de renforcement ou d'aménagement**

Pour un renforcement ou un aménagement de la gare, il a été proposé :

- Le revêtement des chaussées
- La réalisation de caniveaux et de dalots pour le drainage des eaux de pluies et des eaux usées
- L'aménagement d'une zone commerciale pour les commerçants à travers la création des boutiques
- La construction de fosses septiques
- La réalisation d'un château d'eau.

5. Caractéristiques géo-climatique de la zone de projet

Ce chapitre consistera à faire ressortir la collecte des données nécessaires pour la réalisation de notre étude. Certaines données ont été obtenues par la recherche documentaire, et d'autres ont été calculées.

Cette partie, fera ressortir le climat de la ville de Ouagadougou, les types de routes, le relief et l'hydrographie.

5.1. Le climat

Ouagadougou se situe approximativement au centre du Burkina Faso en pleine zone intertropicale. La ville est soumise à un climat tropical de savane, comprenant deux saisons : la saison sèche et la saison des pluies.

La saison sèche s'étend de la mi-octobre à la mi-mai approximativement. Cette saison est caractérisée par un temps plus ou moins chaud et très sec, un ensoleillement et parfois des vents de poussière.

La saison des pluies, qui s'étend de fin mai à fin septembre, est marquée par un flux de sud-ouest : la mousson. Il apporte un air chaud dans lequel de nombreuses averses et orages se développent, avec un pic en août.

5.2. Les sols

La ville de Ouagadougou repose sur des sols peu profonds et pauvres en éléments nutritifs. Les sols de la commune urbaine de Ouagadougou sont de types ferrugineux tropicaux lessivés développés sur les matériaux sableux, sablo argileux ou argileux. Ils sont très riches en oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse ce qui leur donne une couleur rougeâtre. Ces sols se caractérisent aussi par leur faible teneur en potassium, phosphore et avec une structure très sensible à l'érosion.

5.3. Le relief

Située sur la vaste pénéplaine centrale, du Burkina Faso, la commune urbaine de Ouagadougou se caractérise par un ensemble de terrains plats qui descendent en pente douce du Sud vers le Nord et par une absence de points élevés. Les pentes sont en effet faibles et varient entre 0.5 et 1% (YRA A., 2001). Cette zone fait partie du vieil ensemble cristallophyllien d'âge antécambrien, aplani et recouvert d'un manteau assez continu, mais d'épaisseurs irrégulières d'altérités de cuirasses et de dépôts détritiques. Aucun obstacle physique ne limite l'étalement de la ville qui s'agrandit au gré de la croissance démographique et de l'occupation des espaces ruraux qui l'entourent.

5.4. L'hydrographie

L'implantation de la ville s'est faite sur un site que l'on pourrait qualifier de marécageux. Le souci de se protéger d'éventuels envahisseurs et d'avoir une bonne réserve d'eau, ont certainement guidé les premiers occupants dans le choix d'un tel site. La commune urbaine de Ouagadougou est située dans le bassin versant du Massili.

Elle est traversée par quatre marigots du Sud vers le Nord : le marigot central ou de (Paspanga) et le marigot de Zogona aménagés en canal, le marigot de Mooro Naaba (ou du Kadiogo) dont seulement un tronçon est aménagé en canal et celui de Wentenga (ou de Dassasgho). En outre, Ouagadougou compte au total quatre (4) barrages intra urbains dont trois (3) participent à l'alimentation en eau potable de la ville. Les risques d'inondation des marigots et des barrages lors des fortes pluies sont énormes pour les populations riveraines.

IV. METHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Dans cette partie, une description de la méthodologie générale suivie pour réaliser l'étude de faisabilité sera faite. Elle sera scindée en deux parties : la partie « matériels » concernant la recherche documentaire, la collecte des données et la partie « méthodes » qui décrira les grandes lignes des différentes parties de l'étude technique du projet.

1. Matériels

1.1. Recherche documentaire

Avant de débiter l'étude, une recherche documentaire a été réalisée pour obtenir l'ensemble des documents de référence nécessaire pour le dimensionnement de la structure de chaussée, l'étude du projet routier, l'étude géotechnique et les études hydrologique et hydrauliques. Le net a été exploré également ainsi que certains anciens mémoires de fin de cycle. A cela, nous avons également obtenu l'aide et des éclaircissements de certains encadreurs.

1.2. Collecte de données

La collecte des données correspond à la recherche des différents éléments liés au projet. Ce sont notamment :

- Les données du trafic
- Les rapports géotechniques
- Les données topographiques
- Les spécifications techniques du Cahier de Clauses Techniques Particulières (CCTP)
- Le plan cadastral de la ville de Ouagadougou
- Les données pluviométriques

1.3. Logiciels utilisés

Pour l'étude, nous avons utilisé quelques logiciels, notamment :

- AutocAd pour la conception des différents plans

- Covadis pour la conception géométrique
- Google Earth, Global Mapper et QGIS pour la détermination des bassins versants
- Alizé pour le dimensionnement de la chaussée
- Excel pour tous les calculs effectués

2. Méthodes

Dans cette partie, il est question de la procédure de réalisation des différentes parties de notre étude.

2.1. Le trafic

En ce qui concerne le trafic, un trafic de type T3 a été exigé par le Maître d'Ouvrage. Cela a permis de dire qu'on a environ 3000 véhicules par jour pour le trafic et 4 000 000 pour le trafic en nombre cumulé de poids lourds.

2.2. Le rapport géotechnique

Le rapport géotechnique est obtenu à partir des sondages sur l'emprise du projet et dans les sites d'emprunt. Le rapport géotechnique a permis de caractériser le type de sol de l'emprise et sa portance mais aussi de vérifier l'adéquation entre les caractéristiques du matériau d'emprunt et les spécifications du CCTP qui guidera sur le choix de notre structure de chaussée.

2.3. Les données topographiques

Les données topographiques ont fourni un fond topographique correspondant aux coordonnées planimétriques et altimétriques des points de l'emprise du projet. C'est à partir de ce fond topographique que la conception géométrique de nos différentes rues a été réalisée.

2.4. La conception géométrique

La conception géométrique consiste à déterminer à l'aide du logiciel COVADIS l'axe en plan, le profil en long du projet et les profils en travers en tenant compte du document « Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU) » pour la détermination des paramètres géométriques des éléments d'axes (rayon, longueur) et des paramètres cinématiques.

La vitesse de référence retenue est de 50km/h compte tenu du fait que nous sommes en zone urbaine. C'est une voie rapide urbaine de type U.

2.5. Les études hydrologiques

Les études hydrologiques consistent à déterminer les passages des cours d'eaux et la quantité d'eau drainée par les ouvrages d'assainissement.

Nous avons d'abord délimité les bassins versants et ensuite déterminé leurs caractéristiques et les débits engendrés. Le débit de la demi-chaussée correspondante a été pris en compte également. L'assemblage de ces débits a servi au dimensionnement des ouvrages de franchissement et d'assainissement. Pour le calcul des débits la méthode rationnelle et la formule de Caquot compte tenu de la petite taille des bassins versants ont été utilisés.

2.6. Le dimensionnement de la chaussée

Le dimensionnement de la chaussée consiste, à partir de la classe de trafic, de la classe du sol de la plateforme et du guide CEBTP, à définir les différentes variantes de la structure de chaussée dans un premier temps. Ensuite, une fois les variantes déterminées, puis en fonction des spécifications du CCTP et des matériaux disponibles un choix de structure est effectué. Enfin, une vérification des résistances de la variante choisie à l'aide du CEBTP en comparant les contraintes et déformations admissibles calculées aux contraintes et déformations obtenues à partir du logiciel ALIZE est réalisée. Pour qu'une variante soit retenue, il faut que ses épaisseurs de couches permettent d'obtenir des contraintes inférieures aux contraintes admissibles.

2.7. Dimensionnement hydraulique des caniveaux et des dalots

Les caniveaux recueillent les eaux venant directement de la chaussée et des zones qui les bordent selon la topographie du terrain naturel. Pour l'étude, nous avons opté pour des caniveaux de sections rectangulaires du fait de leur facilité de mise en œuvre. La formule de Manning Strickler est celle retenue pour le calcul de nos sections hydrauliquement favorables. La pente du projet I est de 0,5%, la vitesse $V=3\text{ms/s}$ au maximum. A partir de ces paramètres on fera varier le tirant jusqu'à l'obtention d'un débit capable Q_{capable} supérieur ou égale au débit réel $Q_{\text{réel}}$.

2.8. Dimensionnement structurel des caniveaux et des dalots

Dans cette partie, il s'agit d'évaluer les charges supportées par les ouvrages dans un premier temps. Ensuite dans une seconde partie, nous avons déterminé les différentes sections d'acier nécessaires à la bonne tenue de l'ouvrage. Ce dimensionnement a été fait à l'ELS compte tenu du fait que nous avons une fissuration préjudiciable comme hypothèse de calcul.

2.9. Signalisation

La signalisation a été élaborée en tenant compte des normes prescrites afin de réduire les risques d'accidents et de prévenir les zones de danger. La signalisation prend en compte aussi bien la signalisation verticale (Panneaux) que la signalisation horizontale (Bandes blanches sur la chaussée).

2.10. Evaluation de l'impact environnemental

L'évaluation environnementale sera faite à travers une étude d'impact environnemental et social (EIES). C'est une réflexion concernant les avantages et les conséquences du projet sur l'environnement. Les principaux domaines pris en compte sont la faune, la flore, le social, la culture, l'économie et bien d'autres. Cette étude sera faite à travers la matrice de Léopold et celle de Fecteau. Et suite à cela le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) sera élaboré.

2.11. Estimation financière

A l'issue de notre étude, Les quantitatifs de mise en œuvre et les coûts engendrés ont été évalués dans un premier temps ainsi que les prestations de services dans un second temps. Et tout cela a permis d'avoir l'estimation financière du projet.

V. ÉTUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

Cette section représente la partie technique de notre étude. Les différents résultats obtenus seront résumés dans les annexes.

L'étude de faisabilité technique est résumée dans la Figure 6:

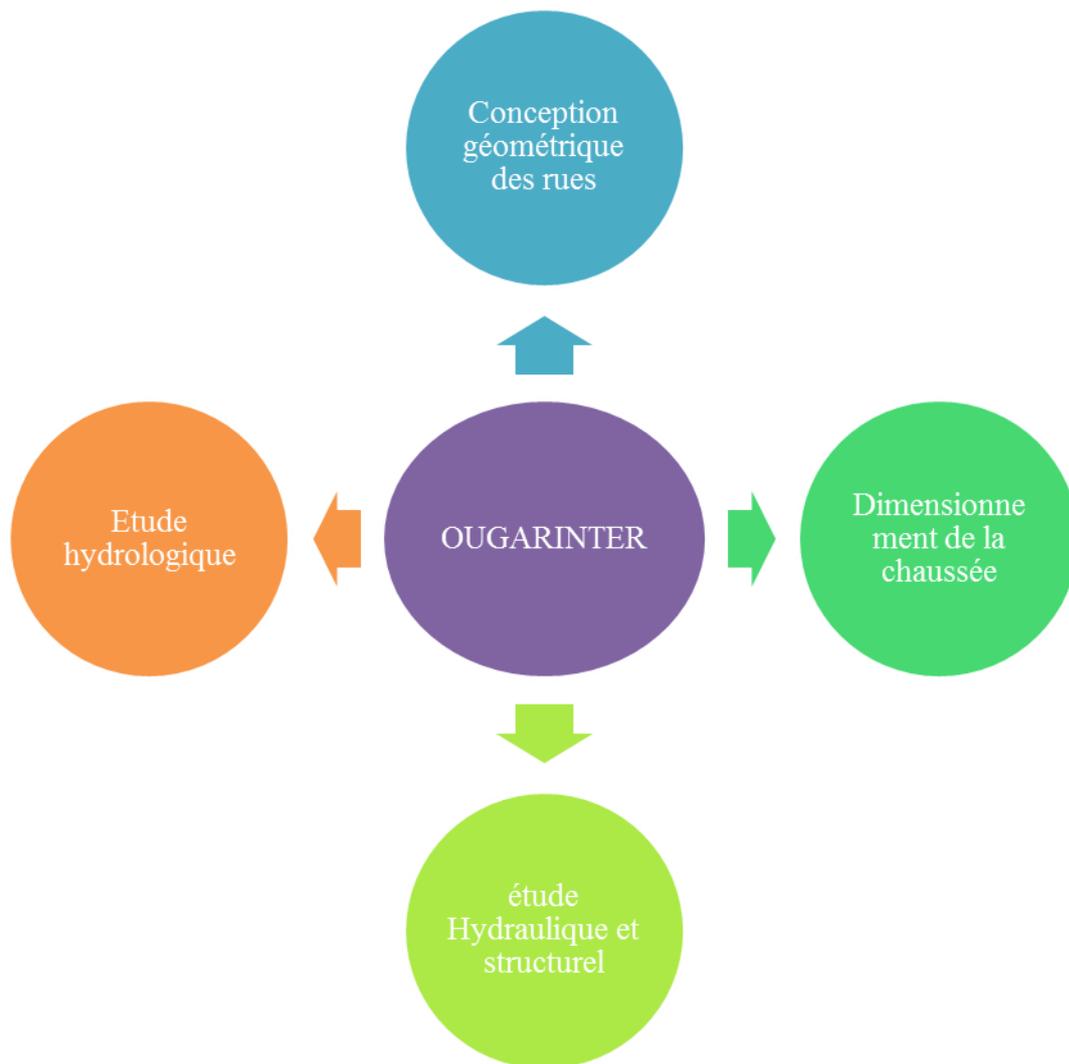


Figure 6 : Organigramme de l'étude de faisabilité

A. CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE

L'étude du tracé en plan et du profil en long de la route a été effectuée sur la base d'un certain nombre de normes. Ces normes sont définies en fonction du trafic à écouler, du niveau d'aménagement et du niveau de confort et de sécurité que l'on souhaite offrir à l'utilisateur.

Une vitesse de référence de 50 km/h a été retenue pour le projet ; l'objectif étant d'offrir à l'automobiliste des conditions de conduite plus confortables.

La conception a été réalisée à l'aide des logiciels COVADIS et AUTOCAD.

I. Choix du type et de la catégorie de route.

Le projet sera réalisé dans la ville de Ouagadougou. De ce fait nous sommes en zone urbaine et le type de route appropriée sera des voies de type « U » en se référant aux Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU).

Ces voies sont dimensionnées pour des vitesses de référence de 80km/h ou de 60km/h. Le choix entre Vr80 et Vr60 se fait par examen de l'ensemble des objectifs. Pour le projet, la vitesse étant limitée à 50km, une vitesse de référence de 60 km/h sera considérée.

Dans la suite de l'étude les voies seront désignées par les termes U60.

II. Caractéristiques dynamiques de la route

Quelques données techniques :

- ✚ Vitesse de référence : 60km/h, car nous sommes en zone urbaine
- ✚ Type de route : U60
- ✚ Largeur d'une voie : 3.5m
- ✚ Nombre de voies : 2 voies
- ✚ Paramètres cinématiques :

❖ **Distance d'arrêt**

La distance d'arrêt d est la somme de la distance parcourue par le véhicule pendant le temps de perception réaction avant le début du freinage (2s) et de la longueur d_0 parcourue pendant l'action du freinage qui annule totalement sa vitesse initiale V .

Ces distances seront prises en compte pour calculer les distances de visibilité. Le **Tableau 1** comporte les distances d'arrêt :

Tableau 1: Distance d'arrêt (ICTAVRU)

Désignation	Notation / Unité	Valeur
Vitesse du véhicule	V (km/h)	60
Distance d'arrêt	d (m)	105
Longueur de freinage	d_0 (m)	105
Distance d'arrêt en alignement droit	d_1 (m)	160
Distance d'arrêt en courbe	D_2 (m)	180

❖ **Visibilité en angle saillant**

En fonction de la vitesse V, on considère les rayons R qui permettent d'assurer la visibilité derrière l'angle saillant sur un obstacle légèrement supérieur à x à la distance d'arrêt d, les yeux du conducteur étant situés à une hauteur h.

Le tableau suivant donne les rayons pour h=1m et x correspondant à :

- Un obstacle éventuel de plus de 0,15 m de hauteur (Rv) ;
- Des feux arrière d'un véhicule situé à plus de 0,35 m du sol (Rv1) ;
- Un véhicule de plus de 1 m de hauteur (Rv2) ;
- La visibilité au sol (Rv3).

La **Figure 7** et le **Tableau 2** illustrent la visibilité en angle saillant :

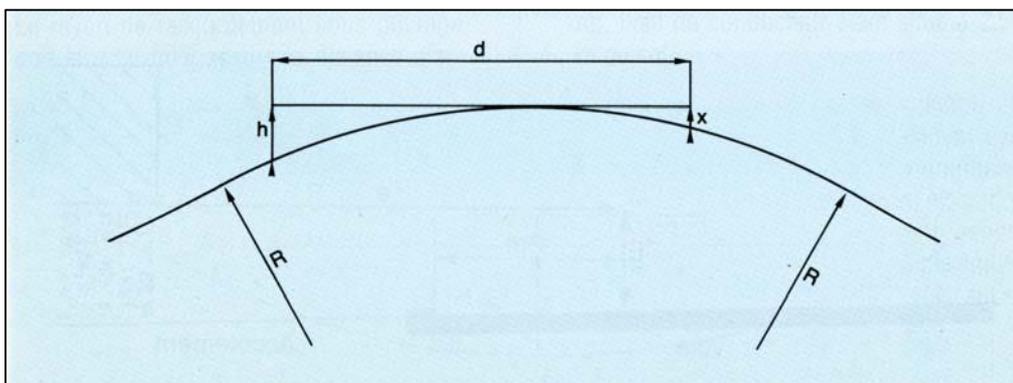


Figure 7 : Visibilité en angle saillant

Source : ICTAVRU

Tableau 2 : Vitesse en angle saillant

V	60km/h
Rv	1500 m
Rv1	1000 m
Rv2	600 m
Rv3	2500 m

❖ **Visibilité en courbe**

La distance d'arrêt doit être assurée en courbe par dégagement latéral d'obstacles visuels sur une bande de largeur e , de façon à ce que l'œil du conducteur (1 m du sol) puisse percevoir un véhicule à l'arrêt (1 m du sol).

Cette largeur $e = d^2 / 8R$ est décomposée à partir de 2 m du bord droit de la chaussée dans le cas d'une courbe à droite et de 1,50 m du bord gauche de la chaussée dans le cas d'une courbe à gauche.

Les **Figure 8** et **Figure 9** nous permettent d'apprécier cette visibilité.

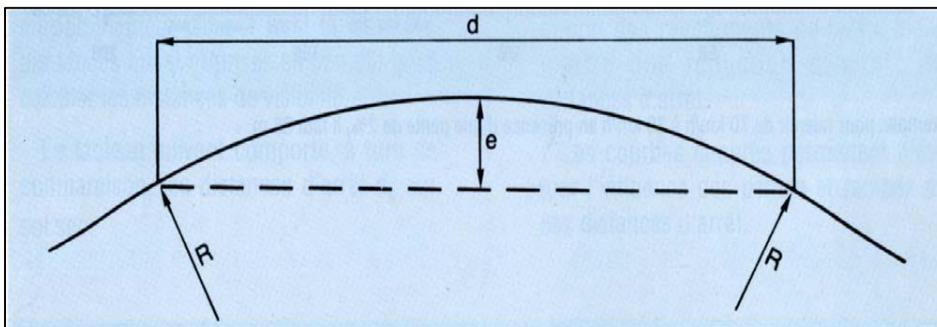


Figure 8 : Visibilité en courbe

Source : ICTAVRU

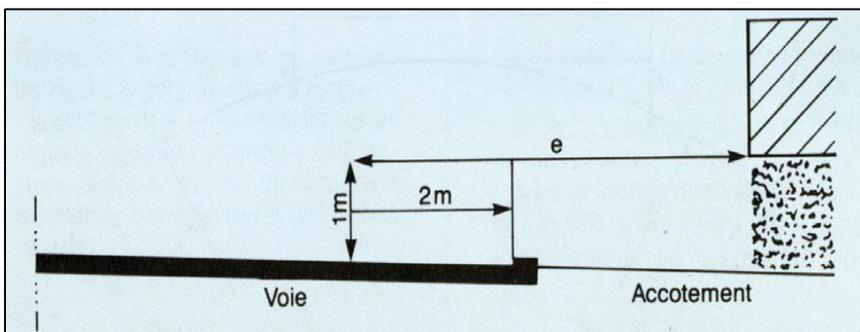


Figure 9 : Visibilité en courbe

Source : ICTAVRU

❖ Visibilité sous ouvrage

Le rayon de raccordement sous ouvrage doit être tel qu'il assure la distance d'arrêt, l'œil du conducteur étant situé à 2,50 m du sol. Nous avons la **Figure 10** qui montre explicitement comment se présente la visibilité sous l'ouvrage

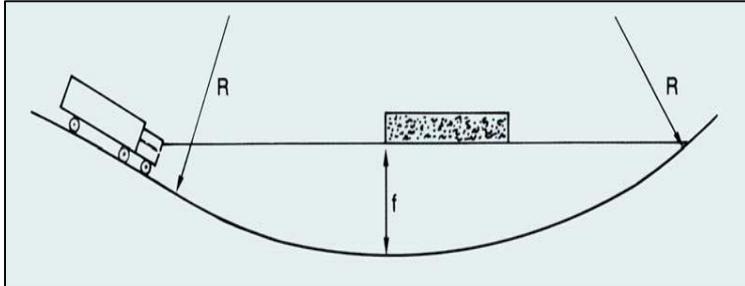


Figure 10 : Visibilité sous l'ouvrage

Source : ICTAVRU

Le **Tableau 3** donne les valeurs du rayon en fonction de la distance d'arrêt associée à la vitesse V et de l'ouverture f :

Tableau 3: Rayons en fonction de la distance d'arrêt (ICTAVRU)

V	60km/h
f	
3,5m	260m
4	220m
4,5m	185

❖ Visibilité aux points d'entrée et de sortie

- Distance de perception 1 (dp_1) sur les panneaux d'avertissement et les panneaux de pré-signalisation. Elle correspond à la distance parcourue en 3 secondes à la vitesse prescrite.
- Distance de perception 2 (dp_2) sur le panneau de signalisation avancée, tout en assurant qu'à cette distance l'utilisateur percevra simultanément la balise ($h = 1$ m) du musoir du nez de sortie à 5 m (S. 5.00). Elle correspond à la distance parcourue en 6 secondes à la vitesse prescrite, pour permettre la décision.

Pour une entrée, on assurera, pour l'utilisateur circulant sur la voie recevant l'entrée, une distance de visibilité sur l'arrière, à $h = 0,60$ m du sol, d'un véhicule entrant situé au droit du point E.

1.00, au moins égale à la distance d'arrêt (d_a) à la vitesse prescrite.

❖ Distance de dépassement

Pour les routes bidirectionnelles de type U, on peut n'assurer que la visibilité de manœuvre de dépassement d_{md} , ce qui implique des rayons en angle saillant R_{md} .

d_{md} : distance de visibilité permettant en toute sécurité au véhicule dépassant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée, dans l'hypothèse où le véhicule adverse freine. Le **Tableau 4** résume les différentes distances de dépassement.

Tableau 4:Distance de dépassement (ICTAVRU)

V	60km/h
d_{md}	120m
R_{md}	1600m

III. Tracé en plan

Le tracé en plan correspond à la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. L'axe étant constitué d'une succession de segments de droites raccordés entre eux par des courbes qui peuvent être des cercles, des clothoïdes ou la combinaison des deux. Ces différents éléments doivent respecter dans la mesure du possible les contraintes topographiques, économiques, sécuritaires et le confort.

Les différents éléments du tracé en plan ont été résumés dans l'annexe XI.

IV. Profil en long

C'est la projection de l'axe de la route projetée sur un plan vertical. Il indique la valeur des pentes et des rampes, ainsi que des rayons des sommets des côtes et des points bas. Elle est essentiellement constituée de :

- ✚ La ligne rouge : c'est la projection de la route projetée sur un plan vertical. Il indique la limite de la couche de roulement et composé par des déclivités et des raccordements.
- ✚ La déclivité : ensemble des pentes et rampes qui compose la route projetée.
- ✚ Le raccordement parabolique : technique qui permet de lier la déclivité de la ligne rouge

d'un tracé en long par des rayons de courbure choisis en fonction de la catégorie adoptée.

Les différents rayons du profil en long sont résumés dans le **Tableau 5** :

Tableau 5: Rayons du profil en long (ICTAVRU)

Catégorie	U60
Rayon normal en angle saillant	2500m
Rayon minimal en angle saillant	1500m
Rayon normal en angle rentrant	150m
Rayon minimal en angle rentrant	800m

V. Profil en travers

Les dimensions du profil en travers d'une VRU et plus spécifiquement de chacun des constituants (chaussée, largeur roulable, accotements) doivent être choisies de façon à satisfaire à un certain nombre de fonctions et conditions :

- + Ecoulement du trafic
- + Sécurité des usagers et des riverains
- + Implantation des ouvrages d'art
- + Assainissement
- + Equipements d'exploitation et de sécurité
- + Contraintes économiques

Conclusion

La conception géométrique a permis de faire ressortir le tracé en plan, les profils en long et les profils en travers qui seront résumés dans l'annexe XI.

Les calculs de cubatures ont aux différents quantitatifs de déblais et de remblais sont résumés dans les tableaux de l'annexe II.

B. SIGNALISATION ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Assurer la sécurité des usagers et des riverains est un des objectifs spécifiques très importants dans un aménagement routier. Dans ce chapitre, les différents types de signalisations et les aménagements routiers à effectuer dans le cadre de notre projet seront présentés.

I. Signalisation routière

La signalisation est l'information donnée à l'utilisateur de la route à titre préventif de tout éventuel danger qui pourrait survenir dans la circulation. La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale. Elle a pour objet de :

- ✚ Faciliter la circulation,
- ✚ Indiquer ou rappeler diverses prescriptions particulières de police
- ✚ Donner des informations relatives à l'usage de la route
- ✚ Rendre plus sûre la circulation

Il est très important de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

- ✚ Assurer la cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité)
- ✚ Assurer la cohérence avec les règles de circulation
- ✚ Eviter la publicité irrégulière
- ✚ Attirer l'attention de l'utilisateur.

1. Signalisation verticale

Elle concerne la disposition de panneaux de signalisation notamment ceux de prescriptions et de renseignement sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur et leur forme. Les panneaux de signalisation verticale sont classés en diverses catégories répondant à divers objectifs.

Nous avons :

- Les panneaux de danger ou panneaux de type A : ils seront placés avant les virages (panneau A1a, A1b, A1c, A1d), et les ralentisseurs de type dos d'âne (panneau A2b). Ils sont de forme triangulaire et placés 50m avant l'obstacle en agglomération et à 150m avant en hors agglomération

- Les panneaux de prescription ou panneaux de type B : Ils portent à la connaissance de l'usager les interdictions et les obligations particulières résultant des mesures réglementaires complétant le code de la route. Il s'agit ici du panneau limitation de vitesse (panneau B14) et fin de limitation de vitesse (panneau B33). Ils sont de forme circulaire.
- Les panneaux d'intersection ou panneaux de type AB : ils permettent de porter à la connaissance de l'usager les règles particulières de priorité au niveau des intersections. Il s'agit ici notamment du panneau AB4 (panneau « stop »).
- Les panneaux d'indication ou panneaux de type C : Ils portent à la connaissance des usagers les informations utiles à la conduite des véhicules. Le panneau indiquant la position des ralentisseurs type dos d'ânes (panneau C27) est utilisé ici. Il est de forme carrée.

Quelques panneaux de signalisation utilisés dans le projet seront résumés en annexe III.

2. Signalisation horizontale

Les signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers et dans certains cas, la conduite que doivent observer les usagers.

La signalisation horizontale est constituée essentiellement :

- ✓ Marquage axial : il est en ligne discontinue en alignement droit et continue en alignement en courbe. Ce sont des marquages de type T1 (3m de plein séparé de 10m de vide) en alignement droit et T3 (3m de plein séparé de 1.33m de vide) à l'approche des courbes.
- ✓ Marquage de rive : il est en ligne discontinue de type T2 (3m de plein séparé par 3.5m de vide). Il limite la chaussée.
- ✓ Des marquages transversaux : ce sont des lignes continues qui complètent les panneaux « stop ». Elle est placée jusqu'à la première moitié de la chaussée

II. Sécurité routière

Les exigences concernant la sécurité de la voie doivent prendre en considération tous les aspects du fonctionnement et du dysfonctionnement des systèmes élémentaires à savoir les hommes, les véhicules, l'environnement, les systèmes de circulation.

Ces exigences sont axées autour des points suivants :

- ✚ La visibilité
- ✚ La lisibilité
- ✚ L'adéquation aux contraintes dynamiques des véhicules
- ✚ La possibilité de désistement et de récupération
- ✚ La limitation de la gravité des chocs

Pour une bonne sécurité routière des balises, des ralentisseurs et des barrières de sécurité seront mis en place en tenant compte des prescriptions des spécifications techniques du cahier de clauses.

1. Les balises

Pour le projet, nous aurons des balises de type J1, J1bis et J5.

Les balises de type J1 seront implantés sur l'accotement extérieur du virage, l'axe à un mètre du bord extérieur de la couche de roulement. Les balises de type J1bis quant à elles seront implantées au droit des ouvrages. Enfin les balises de type J5 seront implantées en tête d'ilot en vue d'orienter l'utilisateur.

2. Les ralentisseurs

Ils ont pour objet d'inciter les conducteurs à réduire la vitesse de leur véhicule.

Du fait de leur agressivité, notamment pour les deux-roues, leur utilisation doit être limitée aux zones où l'on souhaite imposer une vitesse très réduite (au moins de 30km/h). Ils doivent être bien visibles par l'automobiliste et, pour cela, situés à plus de 20m des virages et des carrefours. Le béton qui les constitue doit être d'une couleur différente de celle de la chaussée. Ils sont annoncés par un panneau portant la mention « ralentisseur » en signalisation avancée.

Dans le cas de passage pour piéton, ce dernier sera :

- Sur le ralentisseur de type trapézoïdal,
- Ou encadré par des ralentisseurs de type dos d'âne ou par des avertisseurs réflectorisés préfabriqués et vissés sur la chaussée.

3. Les barrières de sécurité

Pour les barrières de sécurité, nous avons des barrières de type BN4 de classe (ou de niveau) H2 qui sont réalisées conformément aux prescriptions de la norme NF-P98-421. La hauteur d'ancrage est de 18cm minimum. Cette côte permet la pose dans une épaisseur de béton au moins égale à 20cm dans cette zone anticorrosion/certification des opérateurs.

III. Éclairage public

L'éclairage des voies urbaines constitue un élément important de sécurité aussi bien pour les piétons que pour les automobilistes.

Le dispositif d'éclairage est constitué de candélabres supportant des lampes. Ces candélabres doivent être dimensionnés et conçus pour résister aux efforts dus au vent et aux chocs, résister à la corrosion, être relativement légers pour faciliter la manutention et l'accès aux appareillages. Ils doivent présenter une esthétique adaptée au site sur lequel ils sont implantés.

Pour ce projet un éclairage public de Classe B (éclairage urbain) sera adopté. Les dispositifs d'éclairage seront de type CANDELABRE à CROSSE pour l'éclairage public de la gare. Ils seront en acier galvanisé avec une protection par peinture extérieure et intérieure selon les règles de l'art. Ce type de candélabre a l'avantage d'avoir une bonne résistance. Il s'agira d'un circuit unique d'éclairage de nuit, par tubes fluorescents de puissance 20 lux. Ces dispositifs seront implantés de façon bilatérale (sur les deux côtés de la route), et auront les caractéristiques suivantes :

- Hauteur du candélabre $10 \leq H \leq 12$ d'après les publications de l'AFE. Nous convenons donc de prendre $H=12$ m ;
- Espacement entre foyer : $E=30$ m.

Des lampes EP LED de 150W seront utilisées pour l'éclairage public des rues des quartiers autour de la gare (TOYIBIN).

Une diode électroluminescente, abrégée sous les sigles DEL ou LED (en anglais : Light Emiting Diode) est un composant optoélectronique capable d'émettre la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Les lampes LED ont plusieurs avantages :

- Une durée de vie élevée importante entre 50 000 à 100 000 heures
- Fiabilité : grande résistance aux chocs, vibrations et écrasement ;
- Insensibilité aux allumages répétés et aux basses températures ;

- Déclivité : l'angle d'émission des LED actuelles peut varier de 15° à 120°. On peut donc obtenir au choix des éclairages très sélectifs sans ajout de réflecteurs ;
- Possibilité de contrôle de l'intensité lumineuse très facile par simple variation de la tension d'alimentation ;
- Très faible consommation électrique (quelques dizaines de milliwatts) grâce à un très bon rendement ;
- Taille beaucoup plus petite que les lampes classiques.

Conclusion :

Ces différentes signalisations mises en œuvre permettront aux usagers de la route, d'éviter certains accidents de circulation et de prendre des mesures préventives.

A cela, s'ajoute quelques aménagements routiers ont été réalisés telles des amorces et un giratoire pour rendre la circulation plus fluide et limiter le nombre d'accidents.

C. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE

Le choix proposé pour le dimensionnement de la structure de chaussée repose sur le tableau du « Guide Pratique de Dimensionnement des chaussées pour les Pays tropicaux ». Cette méthode consiste à utiliser la classe du sol support et celle du trafic. La chaussée schématise les différentes couches d'une chaussée souple.

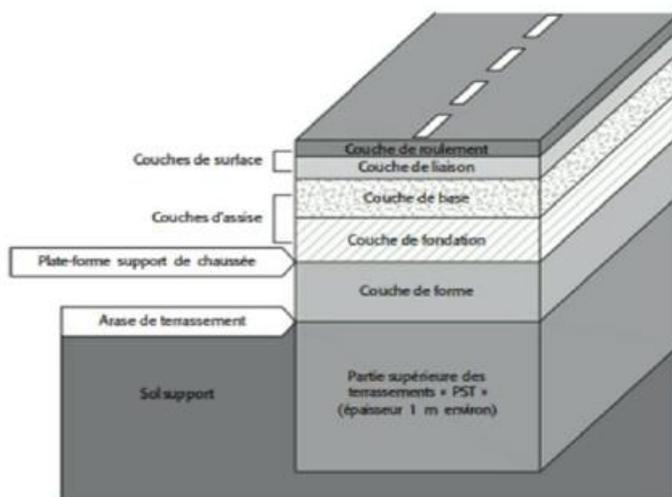


Figure 11 : Structure de chaussée

I. Etude géotechnique

L'étude géotechnique consiste à :

Définir les caractéristiques de la portance des sols d'assise de la chaussée

- Identifier les sites de carrière pour les granulats
- Étudier les caractéristiques des matériaux
- Évaluer la puissance de la carrière disponible
- L'étude du trafic
- Le dimensionnement de la chaussée

Pour l'étude, une reconnaissance de quatorze 14 sondages à OUAGARINTER a été obtenue.

La détermination de la portance du sol est fonction du CBR. Le guide CEBTP (Centre Expérimental de recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux publics), nous donne la classe de la portance en fonction du CBR. Le **Tableau 6** nous présente les caractéristiques de la portance du sol.

Tableau 6: classification du sol en fonction du sol (Guide CEBTP)

Indice de CBR	Classe
$CBR \leq 5$	S1
$5 \leq CBR \leq 10$	S2
$10 \leq CBR \leq 15$	S3
$15 \leq CBR \leq 30$	S4
$CBR \geq 30$	S5

Les études géotechniques qui ont été réalisées sur le site par le Laboratoire National du Bâtiment et des travaux publics ont fait ressortir les résultats suivants résumés dans le **Tableau 25** en annexe I.

A la suite de ces résultats, il en ressort un CBR moyen de 37 qui correspond à une classe de portance S5.

Cependant l'entreprise nous recommande de prendre les mêmes hypothèses que l'APD et les exigences du Maître d'Ouvrage. Nous allons donc considérer une classe de portance S3 pour la suite de notre étude en nous basant sur le CBR à 95% (Optimum Proctor Modifié). Ce choix a été préféré au S4 et S5 car il représente le cas le plus défavorable et respecte les caractéristiques de la plateforme. C'est aussi la classe la plus rencontrée et nous évite de faire des traitements de plateforme très coûteux.

Le Cahier de Clauses Techniques Particulières impose également les caractéristiques suivantes résumées dans le **Tableau 7**.

Tableau 7: Recommandations du CCTP

	Pour la couche de fondation	Pour la couche de base
Indice de plasticité	≤ 20	≤ 15
Densité sèche à l'OPM	$\geq 2t/m^3$	$\geq 2,1t/m^3$
Indice portant CBR à 95% de l'OPM	≥ 30	≥ 80

Au vu des spécifications techniques des différentes couches, nous pouvons conclure que le matériau d'emprunt convient uniquement pour effectuer la couche de fondation.

Aussi après décapage si l'on rencontre des sols de mauvaise qualité (classe de portance S1 et S2), ils seront purgés et restitués avec 35cm de matériaux de couche de forme (CBR > 15 à 95% OPM) de sorte à disposer d'une nouvelle plate-forme de classe de portance S3.

II. Etude du trafic

Le trafic est un paramètre très important dans le dimensionnement des chaussées. Cette partie consistera donc à déterminer le volume de trafic que la route supportera au cours de sa durée de vie.

Au regard du guide CEBTP, nous distinguons cinq (5) classes de trafic qui sont en fonction du nombre cumulé de poids lourd sur la durée de vie de la route. Le Tableau 8 donne les classes de trafic en fonction du nombre de poids lourd.

Tableau 8 : Classification du trafic (Guide CEBTP)

Nombre cumulé de poids lourd (N)	Classe du trafic
$N < 5.10^5$	T1
$10^5 \leq N < 1,5.10^6$	T2
$1,5.10^6 \leq N < 4.10^6$	T3
$4.10^6 \leq N < 10^7$	T4
$10^7 \leq N < 2.10^7$	T5

III. Dimensionnement de la structure de chaussée

Le dimensionnement de la structure de chaussée a pour objet de déterminer la structure optimale de la chaussée pour la durée de vie projetée de la route.

1. Les paramètres de dimensionnement de la chaussée

- Vitesse de référence en agglomération : 50km
- Durée de vie de l'ouvrage pour le dimensionnement structurel : 15 ans

- Année de mise en service : 2019
- Taux de croissance variable : 7%

2. Composition de la structure.

Sur la base du trafic et en fonction des matériaux disponibles, les structures ont été déterminées à partir du guide CEBTP. Pour le couple sol-traffic (S3-T3), nous avons retenu quatre variantes qui sont résumées dans le **Tableau 9** :

Tableau 9 : Composition de la structure de chaussée selon le CEBTP

STRUCTURE DE CHAUSSÉE OBTENUE DU GUIDE CEBTP								
Proposition	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
Revêtement	5cm	Béton bitumineux	5 cm	Béton bitumineux	5cm	Béton bitumineux	5cm	Béton bitumineux
Couche de base	20cm	Graveleux latéritique naturel	20cm	Concassé	20cm	Grave ciment	15cm	Grave bitume
Couche de fondation	20cm	Graveleux latéritique naturel	20cm	concassé	25cm	Grave latéritique ou grave naturel ou concassé	25cm	Graveleux naturel ou concassé

3. Choix de la structure

Les études de la zone a permis de localiser deux (2) sites d'emprunt de graveleux latéritiques dont les caractéristiques sont résumées dans les **Tableau 26, Tableau 27, Tableau 28** en **annexe I**. Vu la disponibilité du matériau (graveleux latéritique) dans les zones d'emprunt et en s'appuyant sur le guide de dimensionnement des chaussées des pays tropicaux, la variante 1 est retenue pour la structure de chaussée :

- Revêtement : 5 cm de Béton bitumineux
- Couche de base : 20 cm de Graveleux latéritique naturel
- Couche de fondation : 20 cm de Graveleux latéritique naturel.

Dans la suite de l'étude, une vérification à l'aide du logiciel ALIZE LCPC sera faite pour vérifier si les épaisseurs des couches retenues permettront à la chaussée de résister au trafic.

4. Vérification sur Alizé

Après modélisation de la structure de chaussée sur le logiciel, les résultats ont permis de faire une comparaison entre les valeurs admissibles (des déformations verticales et de la contrainte de déformations verticales) et les valeurs réelles.

Les contraintes de déformations verticales sont calculées à partir de la formule de Kerkhoven et Dormon qui est la suivante :

$$\sigma = \frac{0,3 * 37}{1 + 0,7 \log(3000)}$$

Les déformations admissibles verticales sont obtenues à partir des formules suivantes

$$\varepsilon = 16000 \times N^{-0,222} \text{ Pour les chaussées à faible trafic } (T \leq T3)$$

Les Figure 12 , Figure 13 et le Tableau 10 résument les résultats de cette vérification.

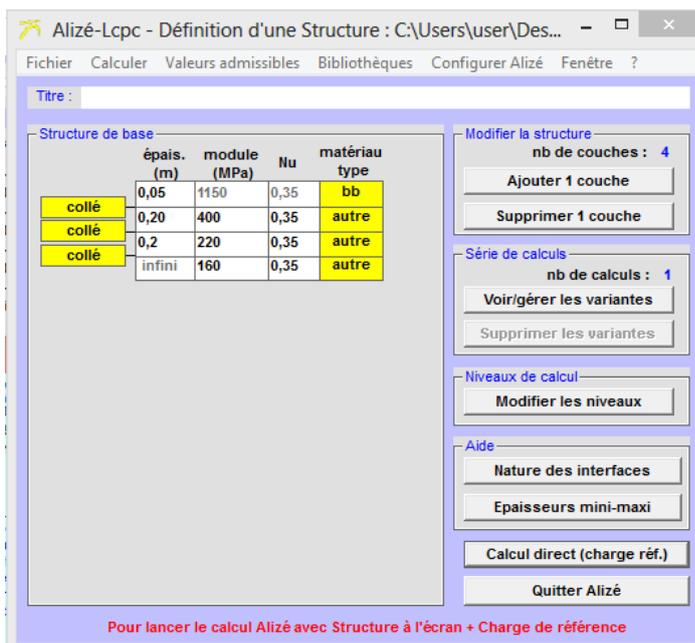


Figure 12 : Propriété de la variante choisie

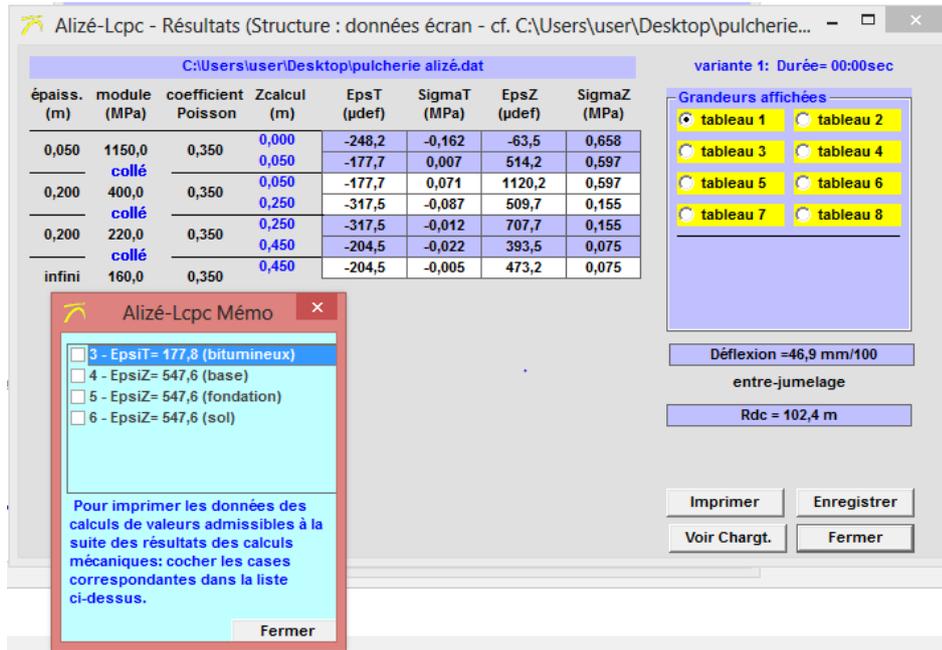


Figure 13 : Vérification des contraintes

Tableau 10 : Vérification des déformations et des contraintes

Structure de chaussée		Déformations verticales		Contraintes verticales	
		ϵ calculé	ϵ admissible	σ Calculé	σ Admissibles
Revêtement	Résultats	177,7	177,8	-	-
	Observations	Condition vérifiée			
Couche de base	Résultats	509,7	547,6	0,155	4,3
	Observations	Condition vérifiée			
Couche de fondation	Résultats	393,5	547,6	0,075	1,6
	Observations	Condition vérifiée			
Sol	Résultats	473,2	547,6	0,075	1,06
	Observations	Condition vérifiée			

Conclusion :

La structure retenue sera :

Couche de fondation : **20cm de grave latéritique naturel**

Couche de base : **20cm de grave latéritique naturel**

Revêtement : **5cm de béton Bitumineux**

Toutefois une litho-stabilisation par du graveleux latéritique amélioré au concassé est proposée en lieu et place pour obtenir les mêmes prescriptions du CCTP requises pour la couche de base et exigées par le Maître d'Ouvrage.

D. ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

Un réseau d'assainissement routier est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels, superficiels ou enterrés. L'assainissement routier consiste à assurer la continuité et le rétablissement des écoulements naturels des bassins versants interceptés par la route, à collecter et à évacuer les eaux internes c'est-à-dire le drainage des eaux superficielles dans l'emprise de la route.

L'assainissement de la plateforme étant une composante importante du projet routier, il vise trois (3) objectifs :

- La sécurité des usagers, en évacuant l'eau des chaussées et des talus ;
- La pérennité de l'infrastructure, en collectant les eaux et en les évacuant de la route ;
- La route contre la pollution routière

I. ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique consiste à déterminer les débits de crue pour les différents bassins versants à partir de la pluviométrie. Pour ce faire, il est indispensable de déterminer ces bassins versants. Aussi, les logiciels Google Earth et QGIS ont été utilisés pour la récupération du tracé routier et Global Mapper pour la détermination des caractéristiques des bassins versants.

1. Bassins versants

a. **Caractéristiques des bassins versants**

Le bassin versant représente l'unité spatiale de référence pour l'hydrologie. Pour le tracé des limites d'un bassin versant, il faut au préalable :

- Repérer l'exutoire
- Repérer le réseau hydrographique ;
- Repérer les points hauts puis les courbes de niveau autour de ces points hauts
- Tracer la ligne de partage des eaux en suivant les lignes de crête puis en rejoignant l'exutoire par une ligne de plus grande pente perpendiculaire aux courbes de niveau.

Ces différentes étapes ont permis de déterminer nos bassins versants et les caractéristiques correspondantes. Ces caractéristiques sont entre autres :

- La superficie : c'est l'aire totale drainée par l'écoulement et circonscrite par les lignes de partage des eaux.
- Le périmètre : C'est le contour des bassins versants.
- Zmin et Zmax : ce sont les altitudes maximales et minimales des bassins versants.
- La pente moyenne : caractéristique importante, elle renseigne sur la topographie du bassin versant. Elle donne une indication sur le temps de parcours du ruissellement direct et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.
- Longueur hydraulique : c'est la distance entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin versant.

A partir des logiciels QGIS, Google Earth, Global Mapper et une étude de terrain à travers les courbes de niveau et les pentes de la zone, nous obtenons la délimitation suivante illustrée sur la **Figure 14**.

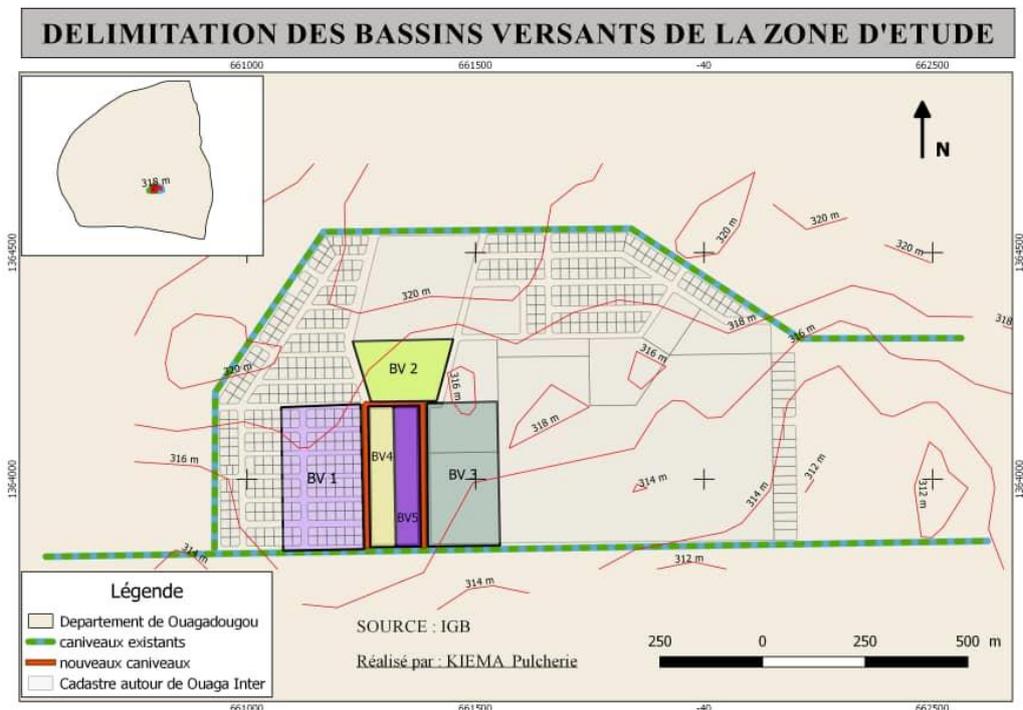


Figure 14: Délimitation des bassins versants

A travers cela, 05 bassins versants convergeant leurs eaux en direction des différentes routes ont été déterminé dont les caractéristiques sont résumées dans le **Tableau 11** :

Tableau 11: Caractéristiques des bassins versants

Caractéristiques des bassins versants							
Désignation	Superficies (km ²)	Périmètres (Km)	Altitudes max (m)	Altitudes min (m)	Longueurs hydrauliques (m)	Pente moyenne I (m/m)	Dénivelée (m)
BV1	0,0516	0,99225	300,87	299,51	490	0,003	1,36
BV2	0,042	0,87017	301,92	300,26	520	0,003	1,66
BV3	0,0636	1,67	301,03	300,07	340,28	0,003	0,96
BV4	0,03	798,84	301,23	299,26	392,9	0,005	1,97
BV5	0,03	798,84	301,23	299,26	392,9	0,005	1,97

b. Débit provenant des demi-chaussées

Les débits provenant de la chaussée est prise en compte dans le dimensionnement de la chaussée bien que minime soit-elle. En effet, la chaussée ayant un profil en toit, une partie des eaux de la demi-chaussée est recueillie de part et d'autre du côté gauche et du côté droit de la chaussée. Les différentes caractéristiques de la chaussée et des débits provenant sont récapitulés dans le **Tableau 12**:

Tableau 12: Récapitulatif des débits provenant des eaux de ruissellement de la demi-chaussée

Récapitulatif des débits de projet provenant des eaux de ruissellement de la demi-chaussée									
Désignations	Longueur (m)	Largeur (m)	Surface (km ²)	Longueurs hydrauliques (m)	Coefficients de ruissellement de la chaussée	Pente (m/m)	Temps de concentration (mn)	Intensité (mm/h)	Débits de projet (m ³ /s)
Rue1-G	320	3,5	0,00112	320	0,95	0,0250	6,84	215,634	0,063783
Rue 1-D	320	6,5	0,00208	320	0,95	0,0250	6,84	215,634	0,118454
Rue 2-G	320	2,5	0,0008	320	0,95	0,0250	6,84	215,634	0,045559
Rue 2-D	320	4,5	0,00144	320	0,95	0,0250	6,84	215,634	0,082006
Rue A-G	129	2,5	0,0003225	129	0,95	0,0775	2,20	380,391	0,032399
Rue A-D	129	4,5	0,0005805	129	0,95	0,0775	2,20	380,391	0,058318

c. Les assemblages

Après la délimitation des bassins versants avec les différentes caractéristiques, il seront assemblés en série ou en parallèles.

Nous avons obtenu les résultats suivants résumés dans le **Tableau 13** :

Tableau 13:Assemblage des bassins versants

Assemblage des Bassins								
Les BV associés	Surface(Aeq) en Km2	Coefficient de ruissellement (Ceq)	Pente (Ieq)	Allongement (Meq)	Coefficients d'influence m	Débits Qeq	ΣDébits (Qj)	Débits choisis (Qprojet)
BV1, BV4,BV5 et BV3 en série	0,1452	0,6	0,0212	4,24	0,77	3,36	3,54	3,54
BV1+ rue 1 G	0,0527	0,607435508	0,0040	2,88	0,88	1,15	1,19	1,19
BV4+ rue1 D	0,0171	0,642622951	0,0082	5,45	0,70	0,47	0,53	0,70
BV2+ rueA G	0,0428	0,606542056	0,0042	4,06	0,78	0,87	0,98	0,98
10% de (BV4+Bv5) + rue A D	0,0044	0,713513514	0,0050	5,98	0,68	0,15	0,16	0,16
BV5+ rue 2 G	0,0153	0,607366618	0,0103	4,22	0,77	0,46	0,45	0,46
BV3 + rue 2 D	0,0642	0,603165681	0,0055	1,85	1,03	1,68	1,64	1,68

2. Les différentes méthodes de détermination des débits de projets dans les différents bassins versants

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la détermination des débits de crue en fonction des caractéristiques des bassins versants. Les plus importantes sont les méthodes d'ORSTOM, de CIEH, la méthode rationnelle et la méthode de CAQUOT.

a. Choix et justification de la méthode choisie

Lorsque le débit est inférieur à 4km² c'est la méthode rationnelle qui est utilisée et lorsqu'il est inférieur à 2km² c'est celle de Caquot qui est utilisée. Pour l'étude, nous utiliserons donc par conséquent ces deux méthodes pour l'évaluation des débits compte tenu de la petite taille des bassins versants dont la surface maximale est de 0.18 km².

b. Détermination des débits de crue décennale par la méthode rationnelle

En rappel ; le débit de crue décennale par la méthode rationnelle se calcule par la formule suivante :

$$Q = 0.278 \times C \times i \times A$$

Avec Q (m³/s) le débit à évacuer, C le coefficient de ruissellement, i (mm/h) l'intensité de la pluie et A (km²) la surface du bassin versant.

Un des paramètres les plus importants pour la détermination de l'intensité de la pluie est le temps de concentration T_c. Plusieurs méthodes permettent de calculer ce paramètre mais nous nous intéresserons particulièrement à la formule de KIRPICH. Par ailleurs, nous devons déterminer aussi le coefficient de ruissellement qui est tout aussi important.

Les différentes méthodologies et formules utilisées sont détaillées dans l'annexe IV.

c. Détermination des débits de crue décennale par la méthode de Caquot

Comme déjà dit plus haut, le débit par la méthode de Caquot sera calculé par la formule suivante :

$$Q_p = k \frac{1}{u} \times I \frac{v}{u} \times C \frac{1}{u} \times A \frac{w}{u}$$

Avec

Qp : le débit de pointe en (m³/s)

I : la pente moyenne du bassin selon le plus long chemin hydraulique en %

C : le coefficient de ruissellement

A : l'aire du sous bassin versant en (ha)

K : le coefficient de correction

U, v, w sont des coefficients qui varient selon la fréquence et la région pluviométrique considérée et dépendent des coefficients de Montana a et b.

K, u, v et w s'obtiennent respectivement par les formules suivantes :

$$U=1+0.287 \times b(T)$$

$$V= -0.41 \times b(T)$$

$$W=0.95 + 0.507 \times b(T)$$

$$k = \frac{0.34(T) \times a(T)}{8.4}$$

Les résultats seront résumés dans le **Tableau 14** :

Tableau 14: Les paramètres de la méthode de Caquot

Les Paramètres de la Methode de Caquot		
Désignations	a= 9.40	b=0.5
U		0,857
V		0,205
W		0,697
K		2,014

Récapitulatif des débits de crue décennale par la méthode rationnelle et la méthode de Caquot

Tableau 15 des différents résultats obtenus par la méthode rationnelle et celle de Caquot a été fait. Nous obtenons des résultats variant avec quelques petits écarts. Les débits considérés pour la suite de l'étude seront celui de Caquot.

Tableau 15: Détermination de l'intensité de pluie et du débit décennal

Récapitulatif des débits des bassins versants													
N° DES BV	Superficies (km ²)	Pentes (m/m)	Coefficients de ruissellement du bassin	Dénivelés (m)	Longueurs hydrauliques (m)	Temps de concentration (mn)	Allongement M	Coefficients d'influence m	Intensités (mm/h)	Méthode Rationnelle (m ³ /s)	Méthode superficielle de Caquot (m ³ /s)	Méthode superficielle de Caquot Corrigé (m ³ /s)	Débits de projet (m ³ /s)
BV1	0,0516	0,003	0,6	1,36	490	22,14	2,16	0,97	119,871	1,03	1,16	1,13	1,13
BV2	0,042	0,003	0,6	1,66	520	21,96	2,54	0,92	120,358	0,84	1,01	0,93	0,93
BV3	0,0636	0,003	0,6	0,96	340,28	16,61	1,35	1,15	138,372	1,47	1,38	1,58	1,58
BV4	0,015	0,005	0,6	1,97	392,9	14,87	3,21	0,85	146,246	0,37	0,49	0,41	0,41
BV5	0,015	0,005	0,6	1,97	392,9	14,87	3,21	0,85	146,246	0,37	0,49	0,41	0,41

Conclusion :

Au terme de l'étude hydrologique nous avons obtenu les résultats suivants qui ont été synthétisés dans le tableau précédent. Ces résultats permettront de déterminer par la suite les différentes sections de nos caniveaux et dalots au cours de notre étude hydraulique.

II. ÉTUDE HYDRAULIQUE

L'étude hydraulique concerne le dimensionnement hydraulique et structurel des ouvrages de franchissement et des caniveaux.

1. Dimensionnement hydraulique

a. Dimensionnement hydraulique des caniveaux

Le dimensionnement hydraulique sera réalisé en sortie libre de telle sorte que la hauteur d'eau à l'aval du dalot à concevoir soit inférieure au bord supérieur du dalot tout en veillant qu'il n'y ait pas de ressaut hydraulique. Les ouvrages choisis pour l'assainissement de la chaussée sont des caniveaux de forme rectangulaire en béton armé. Nous avons choisi ce type de caniveaux du fait de leur mise en œuvre plus simplifiée. Ils seront disposés de part et d'autre de la chaussée. Ces caniveaux sont conçus pour recueillir les eaux de pluies tombées sur la demie chaussée, sur le talus et celles provenant des quartiers périphériques et les eaux des bassins versants. La section des caniveaux étant rectangulaire, le fruit de berge est nul ($m=0$). La formule de Manning Strickler est celle retenue pour le calcul de nos sections hydrauliques.

Une étude détaillée de la détermination de la section du grand débit a été déterminée en annexe V. A travers le même raisonnement nous avons déterminé les autres sections des caniveaux. Les résultats sont résumés dans le

Tableau 16 et Tableau 17:

Tableau 16: Détermination de la section des caniveaux

Le Dimensionnement hydraulique des Caniveaux																
Caniveaux	L: Longueur (m)	Ks: Coefficient de rugosité	La pente I (%)	B: Largeur (m)	H: Tirant d'eau (m)	S: Surface mouillée (m ²)	P: Périmètre mouillé (m)	Rh : Rayon hydraulique (m)	R: Revanche	V: vitesse moyenne (m/s)	Vmax: Vitesse maximale (m/s)	D: Débitance = $K_s * S * R^{h^{2/3}}$	Qc: Débit calculé (M ³ /s)	Qp: Débit projeté (M ³ /s)	Sections calculées	
															B (m)	H (m)
C	875	67	0,005	2	0,68	1,36	3,36	0,41	0,20	2,59	3,00	50,02	3,54	3,54	2,0	0,9
C1G	320	67	0,005	1	0,60	0,60	2,20	0,27	0,2	1,99	3,00	16,85	1,19	1,19	1,00	0,80
C1D	320	67	0,005	0,8	0,50	0,40	1,80	0,22	0,2	1,74	3,00	9,86	0,70	0,70	0,80	0,70
C2G	320	67	0,005	1	0,51	0,51	2,03	0,25	0,2	1,90	3,00	13,82	0,98	0,98	1,00	0,71
C2D	320	67	0,005	0,8	0,18	0,14	1,15	0,12	0,2	1,17	3,00	2,33	0,16	0,16	0,80	0,38
C3G	129	67	0,005	0,8	0,37	0,29	1,53	0,19	0,2	1,57	3,00	6,52	0,46	0,46	0,80	0,57
C3D	129	67	0,005	1	0,78	0,78	2,57	0,31	0,2	2,15	3,00	23,78	1,68	1,68	1,00	0,98

Tableau 17: Sections des caniveaux retenues

Dimensions retenues	
Base B (m)	Hauteur H (m)
2	1
1,00	0,8
0,80	0,8
1,00	0,8
0,80	0,6
0,80	0,6
1,00	1,0

b. Dimensionnement hydraulique du dalot

Les différents dalots du projet sont les prolongements des caniveaux pour les traversées des rues adjacentes. Cela a conduit donc à garder les mêmes sections hydrauliques que celles des caniveaux.

2. Dimensionnement structural

Pour le dimensionnement structural des caniveaux et des dalots, l'étude portera sur la plus grande section qui est de 200cmX100cm.

a. Dimensionnement structural du caniveau (cas du caniveau 200X100)

i. Caractéristiques des matériaux

• Béton

Classe C25/30 dosage 350kg/m³

Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}}=25\text{Kn/m}^3$

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

Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28}=0.6+0.06f_{c8}=2.1\text{MPa}$

Coefficient de sécurité $\gamma_b=1.5$

Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu}=0.85\frac{f_{c28}}{\gamma_b}=14.16\text{MPa}$

Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\sigma_{bc}=0.6f_{c28}=15\text{MPa}$

• Acier

- Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE500
- Limite d'élasticité $f_e=500\text{Mpa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_s=1.15$
- Coefficient d'adhérence : $\eta=1.6$
- Contrainte limite des aciers à l'ELS : $\sigma_s=\min(\frac{2}{3} f_e; 110\sqrt{\eta \times f_{t28}}) + 250 \text{ MPa}$
- $\sigma_{st}=\frac{f_e}{\gamma_s}=434.78\text{Mpa}$

- **Sol**

- Poids volumique des terres : $\gamma_{\text{sol}}=20\text{kN/m}^3$
- Coefficient de poussée : $k_a=0.33$
- Contrainte admissible du sol de fondation : $\sigma_{\text{sol}}=0.15\text{MPa}$

ii. Principe de calcul des efforts et sollicitations

Les calculs seront faits pour une bande de 1 mètre linéaire de longueur de caniveau.

La fissuration est considérée comme préjudiciable car ouvrage enterré et exposé aux intempéries donc les calculs se feront à l'ELS.

iii. Chargement

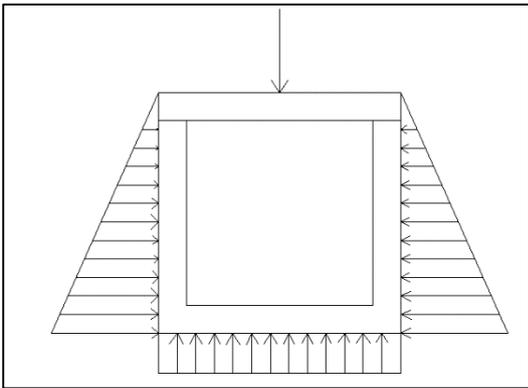


Figure 15 : Charges considérées pour le dimensionnement du caniveau

Les charges considérées sur la Figure 15 sont :

- Le poids propre du caniveau (dallette, piédroit et radier)
- La poussée des terres sous le radier
- La poussée des terres sur le radier
- La surcharge d'une roue de 10 tonnes (Fascicule 61 Titre II). Dans la suite de l'étude, cette roue sera désignée par B_r .

A partir de ces différentes hypothèses, nous avons déterminé les sections d'aciers pour nos caniveaux, résumés dans le **Tableau 18** en fonction du type de caniveau. Les détails des calculs ont été faits au niveau de l'annexe VI.

Tableau 18: Sections d'acier du caniveau 200X100

	Dalette	Piédroit	Radier
Armatures principales en cm ²	15,823 cm ² Choix : 8 HA16 soit (16,08cm ²) Espacement 10cm	1,330 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	2,95 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
Armatures de répartition en cm ²	5,274 cm ² Choix : 4HA14 soit (6,16 cm ²) Espacement 25cm	0,444 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	0,98 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm

b. Dimensionnement structural du dalot (cas du dalot 1X200X100)

Hypothèses de calcul

i. Normes utilisées pour les calculs

B.A.E.L 91 révisé 99

Fascicules 61 (titre II) concernant les charges d'exploitation-conception calcul et épreuve des ouvrages d'art.

Formulaire des cadres simples de KLEINLOGEL

ii. Caractéristiques des matériaux

• Béton

Dosage : 350kg/m³ de CPA 45 ou de classe équivalente

Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}}=25\text{Kn/m}^3$

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

Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28}=0.6+0.06f_{c28}=2.1 \text{ MPa}$

Coefficient de sécurité $\gamma_b=1.5$

Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu}=0.85\frac{f_{c28}}{\gamma_b}=14.17 \text{ MPa}$

Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\sigma_{bc}=0.6f_{c28}=15 \text{ MPa}$

- **Acier**

Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE500

Limite d'élasticité $f_e=500 \text{ Mpa}$

Coefficient de sécurité $\gamma_s=1.15$

Coefficient d'adhérence : $\eta=1.6$

Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable :

$$\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3} f_e; 110\sqrt{\eta \times f_{t28}}\right) = 250 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 435 \text{ Mpa}$$

- **Sol**

Poids volumique des remblais : $\gamma_d=21 \text{ kN/m}^3$

Coefficient de poussée : $k_a=0.33$

Contrainte admissible du sol de fondation : $\sigma_{sol}=0.15 \text{ MPa}$

iii. Principe de calcul des efforts et des sollicitations

Les calculs seront faits pour une bande de 1 mètre linéaire de longueur de dalot.

iv. Etat limite de calcul considéré

La fissuration est considérée comme préjudiciable donc le calcul des armatures sera fait à l'état limite de service ELS.

v. Prédimensionnement des épaisseurs du dalot

Pour un souci d'uniformité, on adoptera la même épaisseur pour le tablier, les piédroits et le radier.

L'épaisseur de la traverse supérieure peut être déterminée par la formule suivante :

$$e = \frac{l}{32} + 0.125 \text{ où } l \text{ désigne l'ouverture de l'ouvrage.}$$

$$e = \frac{2}{32} + 0.125$$

$$e = 0.187 \text{ m}$$

Nous prendrons une épaisseur **e=0.25m**

vi. Caractéristiques du dalot

Dalot cadre de $1 \times 2m \times 1m$

Largeur du dalot = 26m (largeur de la chaussée + 2×0.5m)

Largeur roulable $L_r = 7m$

Largeur chargeable $L_c = 7m$

Nombre de voies $n = \text{entier} \left(\frac{L_c}{3} \right) = \text{entier} \left(\frac{7}{3} \right) = 2 \text{ voies}$

Classe du pont : pont de 1^{ère} classe car $L_r \geq 7m$

Epaisseur du béton bitumineux sur le dalot = 5cm

A partir de ces différentes hypothèses, nous avons déterminé les sections d'aciers pour le dalot de section 2m x 1m, résumés dans le **Tableau 19** en fonction du type de caniveau. Les détails de nos calculs ont été faits au niveau de l'annexe VII.

Tableau 19: Sections d'acier du dalot 200X100

		Tablier	Piédroit	Radier
Entre travée	Armatures principales en cm ²	13,759 cm ² Choix : 10 HA14 soit (15,39cm ²) Espacement 10cm	Longitudinaux 2,73 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	9,401 cm ² Choix : 10HA12 soit (11,31cm ²) Espacement 10cm
	Armatures de répartition en cm ²	4,586 cm ² Choix : 4 HA14 soit (6,16cm ²) Espacement 25cm	Répartition 0,91 cm ²	3,134 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
Sur appuis	Armatures principales en cm ²	6,910 cm ² Choix : 10 HA10 soit (7,85cm ²) Espacement 10cm	Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm	7,581 cm ² Choix : 10 HA10 soit (7,85cm ²) Espacement 10cm
	Armatures de répartition en cm ²	2,303 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm		2,303 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm

E. COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS A CEUX DE L'ENTREPRISE

Introduction

Dans cette section, une étude comparative de nos résultats obtenus à ceux de l'entreprise sera faite. Les parties concernées seront essentiellement le dimensionnement de la chaussée, et le dimensionnement hydraulique de nos ouvrages hydrauliques.

1. Dimensionnement de la chaussée

Tableau 20 : Etude comparative des différentes couches de chaussée

	Résultats obtenus	Résultats de l'entreprise
Revêtement	5 cm	5 cm
Couche de base	20 cm	20 cm
Couche de fondation	20 cm	20 cm

Pour les différentes couches de chaussée, nous avons obtenu les épaisseurs pour la couche de fondation, la couche de base et le revêtement identique à l'entreprise. Ce qui nous amène à dire donc que les résultats sont conformes à ceux de l'entreprise de même que le choix des matériaux.

2. Dimensionnement hydraulique

Tableau 21 : Étude comparative des sections hydrauliques

	Résultats obtenus	Résultats de l'entreprise
Sections des caniveaux	2x1	2x1,1
	1x1	1x1
	1x0,8	1x0,8
	0,8x0,8	0,8x0,8
	0,8x0,6	0,8x0,6

Sections des Dalots	2x1	2x1,1
	1x1	1x1
	1x0,8	1x0,8
	0,8x0,8	0,8x0,8
	0,8x0,6	0,8x0,6

Concernant les sections des caniveaux et des dalots, nos résultats sont conformes à ceux de l'entreprise.

3. Devis estimatif du projet

Tableau 22 : Étude comparative du coût estimatif

	Devis estimatif de l'étude	Devis estimatif de l'entreprise
Coût du projet	1 336 045 502	1 343 801 050

Nous avons une différence de 7 755 548 francs CFA par rapport à l'entreprise. Cela pourra s'expliquer par la variation de certains prix sur le marché, ainsi que les paramètres utilisés pour l'évaluation des différents quantitatifs.

Conclusion

Au terme de notre analyse, nous pouvons conclure que les hypothèses de calculs utilisés et les résultats obtenus sont conformes à ceux de l'entreprise. Et aussi que l'étude a été bien menée. Cependant en ce qui concerne le devis, quelques différences s'observent.

VI. ÉTUDE (DE FAISABILITÉ) FINANCIÈRE – ÉTUDE DES COÛTS :

L'estimation globale d'un projet routier est très importante pour les parties prenantes à sa réalisation. En effet, elle permet au maître d'ouvrage de connaître le coût de l'ouvrage qu'il a l'intention de réaliser afin de juger de son opportunité en fonction de ses moyens financiers. En ce qui concerne l'entreprise, l'évaluation du coût du projet lui permet de soumissionner en toute connaissance de cause.

Dans le cas du Devis Quantitatif et Estimatif, les différents travaux ont été scindé à savoir :

- L'installation générale de chantier ;
- Les travaux préliminaires et de terrassements ;
- Les travaux de chaussée ;
- L'assainissement et drainage ;
- La sécurité et la signalisations ;
- L'étude d'impact environnemental et social (EIES).

Le

Tableau 23 résume les différents montants des sous-travaux :

Tableau 23: Devis estimatif

Série 0	0	INSTALLATION GÉNÉRALE ET REPLI DU CHANTIER	78 780 000
Série 100	100	TRAVAUX PRÉPARATOIRES	242 557 408
Série 200	200	CHAUSSÉES, ACCOTEMENTS, AMORCES ET GIRATOIRE	266 591 696
Série 300	300	REVÊTEMENT SUR CHAUSSÉE, ACCOTEMENTS, AMORCES	227 541 359
Série 400	400	ASSAINISSEMENT-DRAINAGE (y compris toutes sujétions)	520 575 039
TOTAL			1 336 045 502

VII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL / PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

1. Introduction

L'urbanisation et la croissance du trafic urbain de la ville de Ouagadougou ont connu une ascension fulgurante ces dernières années. Les questions de déplacements urbains et de congestion du centre-ville ont été des problématiques récurrentes abordées par la commune de Ouagadougou. C'est pour remédier à ce fléau que la commune envisage donc de mettre en œuvre un projet d'amélioration de la mobilité sur son territoire. C'est dans ce cadre que se situe la réhabilitation de la gare de OUAGARINTER.

Ce projet se concentre sur l'organisation du transport et plus spécialement l'articulation du transport collectif inter et intra urbain, sur le territoire municipal. Il vise à améliorer les conditions d'exercice des activités du transport passager et améliorer la mobilité avec le désengorgement du centre-ville par des gares informelles. Les enjeux d'un tel projet sont de faire émerger des modes d'organisation des gares routières interurbaines qui satisfassent les besoins de la capitale.

Toutefois, la mise en œuvre de ce projet pourrait impacter négativement l'environnement. Afin de se conformer à la réglementation en vigueur au Burkina Faso, d'optimiser les impacts favorables et de minimiser les impacts défavorables potentiels du projet, la commune de Ouagadougou envisage la réalisation d'une étude d'impact environnemental et social (EIES).

2. Rappel du cadre législatif régissant le projet (notice d'impact ou étude d'impact)

Le Burkina Faso a entrepris depuis son accession à l'indépendance de nombreuses initiatives législatives pour la promotion et la protection de l'environnement. Ce cadre normatif a été mis en place progressivement.

L'évolution de la perception de l'environnement est passée d'une conception utilitariste, l'environnement était protégé que dans la mesure où il est utile à l'homme, pour aujourd'hui être considéré comme un bien qui mérite une protection particulière, non plus dans une

perspective immédiate mais dans l'intérêt des générations futures. On est passé d'une approche sectorielle à une approche globale des questions d'environnement.

Le Burkina Faso a adopté un certain nombre de textes législatifs et réglementaires qui sont applicables au projet. Il s'agit notamment de :

- La loi n° 006-2013/AN du 02 Avril 2013 portant Code de l'Environnement au Burkina Faso ;
- La loi N°003-2011 du 05 avril 2011, portant Code forestier au Burkina Faso ;
- La loi N°002-2001/AN (JO N°23 2001) du 8 février 2001 portant Orientation Relative à la Gestion de l'Eau (LORGE) ;
- La loi N°22/2005/AN du 25 mai 2005 portant Code de l'hygiène publique ;
- La loi N°23/94/ADP du 09 mai 1994 portant Code de santé publique ; Etude d'impact environnemental et social du Projet d'Appui à la Mobilité Urbaine (PAMO) 13
- La loi n°34-2012 AN du 02 Juillet 2012 portant Réorganisation Agraire et Foncière
- La loi N°025-2008/AN du 06 mai 2008 portant Orientation des transports terrestres au Burkina Faso ;
- Le code des collectivités territoriales ;
- La loi N°017-2006/AN du 18 mai 2006 portant Code de l'urbanisme et de la construction au Burkina Faso ;
- L'ordonnance N°85-049/CNR/PRES/ portant protection du patrimoine culturel
- Le décret N°98 322/PRES/PM/MEE/MCIA/MEM/MS/MATS /METSS/MEF du 28 juillet 1998 portant condition d'ouverture et de fonctionnement des établissements dangereux, insalubres et incommodes
- Le décret N°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement ;
- Le décret N°2001-185 /PRES/PM/MME du 7 mai 2001 portant fixation des normes de rejet des polluants dans le sol, l'air, et l'eau

3. Rappel des composantes et phases du projet

Le site du projet est au Sud de la ville de Ouagadougou dans le quartier de la Patte-d'oie (secteur n°15). Le site de la gare s'étend sur 3,6 ha dont 0.60 hectares utilisés pour les activités de transport. L'utilisation actuelle de l'espace est subdivisée comme suit :

- une partie centrale dédiée au transport (S1-1,2 ha) incluant une halle couverte pour le stationnement des autocars (principalement à destination de l'international), un parking central utilisé pour le stationnement des gros porteurs et au nord, des compagnies d'autocars privées occupant de larges parcelles clôturées ;
- une zone d'équipements publics (mosquée, toilette publique) et de zone de réparation à l'entrée du site, au centre, un marché alimentaire et des rangées de boutiques : Cette zone pâtit d'un faible fonctionnement commercial, une boutique sur deux est utilisée comme zone de stockage ou atelier et près d'un étal sur trois est inoccupé. Le marché alimentaire souffre de la concurrence des nouveaux marchés ayant ouverts dans la zone résidentielle adjacente.
- au Nord, le marché au bétail qui occupe près d'un hectare. Le bétail est livré par le nord de la gare, les animaux sont déposés dans la rue limitant la gare et le cimetière musulman. Les principaux bétails vendus au détail sont des chèvres et moutons.
- des boutiques et commerces bordant la gare et principalement composés de restaurateurs, vente aux détails de produits d'alimentations ou manufacturés et garagistes.
- d'une station de taxi, les véhicules sont stationnés en bataille le long du mur de clôture de la gare publique.

Concernant l'aménagement global du site de la gare, les principaux points à relever sont :

- une faible proportion du site affectée aux transports : Sur les 3,6 ha qu'occupe la gare de OUAGARINTER, seuls 0,6 ha (6700 m²) sont effectivement affectés aux transports. Les équipements marchands et marchés au bétail et marché alimentaires) couvrent près de 1,63 ha, soit près de la moitié de la superficie totale du site
- Un niveau d'aménagement précaire et des problèmes de drainage du site en saison des pluies : Les aménagements de la gare de OUAGARINTER (Halle centrale, clôture, Etude d'impact environnemental et social du Projet d'Appui à la Mobilité Urbaine (PAMO) 43 équipements publics, mosquée, etc.) n'ont pas été réhabilités depuis les années 80 et souffrent de leur vétusté. D'autre part, l'aire de circulation pâtit de la stagnation des eaux et de la boue présente dans les aires de stationnement au moment de la saison des pluies. L'assainissement en place se résume essentiellement en un caniveau en béton armé de section rectangulaire, couvert de dalle en béton armé, longeant la circulaire (côté sud).

4. Identification et évaluation des impacts

Dans cette présente étude, nous avons utilisé la matrice de Léopold (1971) pour l'identification des impacts et la matrice de Fecteau pour l'évaluation des impacts. Ce sont des

matrices d'interrelation, mettant en relation les activités du projet sources d'impacts, avec les composantes de l'environnement du projet. Chaque interrelation identifiée représente un impact probable d'une activité du projet sur une composante de l'environnement. Le tableau de la matrice d'interaction entre le projet et son environnement ainsi que le tableau d'évaluation des impacts sont mentionnés en ANNEXE XI au niveau des Tableau 58 et Tableau 59.

Les principaux impacts sont principalement :

- Dégradation de l'environnement
- Pollution de l'air
- Rejet de gaz le long des routes
- Amélioration des conditions de vie de la population locale à travers l'assainissement de la zone
- Perturbation du réseau hydrique
- Erosion des sols
- Poussières
- Pollution sonore
- L'exploitation des carrières sur l'évolution pédologique des zones d'emprunt

5. Plan de Gestion Environnemental et Social

Le Plan de Gestion Environnementale et sociale (PGES) a pour objet de définir les dispositions prises par SOGEA –SATOM pour assurer la protection de l'environnement pendant la durée des travaux de « Réhabilitation et d'Extension de la gare OUAGARINTER ». Le PGES définit l'ensemble des réponses à apporter aux nuisances que pourraient causer le projet ; détermine les conditions requises pour que ces réponses soient apportées en temps voulu et de manière efficace et les moyens nécessaires pour satisfaire à ces conditions.

Le présent Plan de Gestion Environnementale et sociale (PGES) a été préparé conformément aux exigences réglementaires au Burkina Faso en matière de gestion de l'environnement. Son élaboration s'appuie également sur les exigences contractuelles et sur les exigences des politiques Qualité, Sécurité et Environnement de SOGEA-SATOM

Les principaux textes régissant la gestion de l'environnement au Burkina Faso sont présentés à l'ANNEXE XI.

VIII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. CONCLUSION

L'étude réalisée dans le cadre de la réhabilitation de gare de OUAGARINTER intitulée « Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès » a concerné un linéaire de 853,874 m de route et des ouvrages de franchissement tels que des caniveaux et des dalots de traversée de 1x2mx1m ; 1x1mx1m ; 1x1mx0,8m ; 1x0,8mx0,8m ; 1x0,8mx0,6m tous en béton armé. Elle avait pour objectif spécifique l'établissement d'un rapport de synthèse faisant ressortir une description des méthodes de conception et de calcul, des notes de calcul des ouvrages, ainsi que les plans de coffrage, d'aménagement et d'exécution. Une étude d'impact environnemental et social (EIES) et l'estimation du coût global du projet ont fait également l'objet de notre étude.

A l'issue de cette étude, la classe de portance du sol, la classe du trafic et les matériaux disponibles, ont permis d'obtenir une structure de chaussée de 20cm de couche de fondation en grave latéritique naturel, 20 cm de couche de base en grave latéritique naturel et 5cm de couche de roulement en béton bitumineux tout comme l'entreprise.

Pour l'étude hydraulique, le débit de crue décennale a été utilisé en tenant compte d'assainissement existant de la zone et du sens des écoulements des eaux. Cela a permis d'obtenir les dimensions suivantes pour les caniveaux et dalots de traversée : 1x2mx1m d'une longueur totale de 81ml, 1x1mx1m de 96ml, 1x0,8m x 0,8m de 50ml, 1x1mx0,8m de 170ml et 1x0,8mx0,6m de 75ml. Les sections sont similaires à celles de l'entreprise à l'exception du dalot de 2mx1m, où nous avons 10cm de moins ; de même pour les caniveaux. Les légères différences s'expliquent par l'approche utilisée pour la détermination des débits des bassins versants notamment la délimitation des bassins versants.

La conception géométrique proposée est semblable à celle de l'entreprise concernant la largeur de chaussée qui est de 7m, bordée par des caniveaux et des aires de stationnement de part et d'autre.

D'autres aménagements indispensables pour des raisons de sujétions techniques et de sécurité des usagers ont été également étudiés et pris en compte. Il s'agit de : l'aménagement de trottoir

et des aires de stationnement pour faciliter le déplacement des piétons et le stationnement des véhicules, la réalisation de l'éclairage public et de la signalisation routière.

L'ensemble des aménagements proposés vise à répondre au mieux aux attentes des populations ; en outre il tient compte des contraintes d'ordre technique et environnemental du projet.

Des recommandations ont été proposées suite à l'étude d'impact environnemental et social afin de minimiser les effets négatifs sur les personnes et les zones affectées par le projet.

Le coût du projet est estimé à un milliard trois cent trente-six millions quarante-cinq mille cinq cent deux (1 336 045 502) francs CFA.

L'élaboration de ce projet a permis à travers cette étude technique détaillée de mettre en application les connaissances théoriques acquises en vue de proposer un projet réaliste, économique et facilement réalisable.

2. RECOMMANDATIONS

Plusieurs types de mesures pourront être mis en œuvre dans ce projet routier. Les mesures peuvent être générales ou spécifiques. Les mesures générales seront destinées à atténuer les effets négatifs d'un projet pris dans son ensemble et les mesures spécifiques viseront l'atténuation des impacts négatifs sur une composante de l'environnement en particulier.

a. Mesures générales

Elles se définissent comme l'ensemble des moyens envisagés pour éviter ou réduire les impacts négatifs causés sur l'environnement.

✓ Mesures d'accompagnement

Les mesures d'accompagnement visent à maintenir une qualité environnementale satisfaisante autour du projet terminé c'est-à-dire la route étant en phase d'exploitation. Elles peuvent comprendre des mesures d'appui et des mesures de suivi environnemental qui seront imposées par la réglementation relative aux études d'impact sur l'environnement.

✓ Mesures d'information, de sensibilisation et de communication

La construction de routes nécessite d'être accompagnée ou préparée par des actions d'information, de sensibilisation et d'éducation. Les travaux de construction et la mise en service de l'infrastructure routière doivent faire l'objet d'une collaboration avec les services

s'occupant de l'éducation routière. En outre, des procédures adéquates de sensibilisation et de formation du personnel de chantier en matière de protection de l'environnement devront être établies.

b. Mesures spécifiques

✓ Reboisements

Les différentes essences abattues le long de la route doivent être compensées. Les compensations se réaliseront sous forme de plantation d'alignement le long de la voie. La compensation des arbres abattus nécessitera l'achat de plants en estimant un taux de mortalité de 20%. Les plantations de végétaux et les travaux paysagers pourront être confiés à des services techniques compétents.

✓ Rétablissement des réseaux affectés

Le rétablissement des voies de communication a été convenablement assuré dans la conception du projet. De même, les réseaux électriques, téléphoniques et d'approvisionnement en eau seront rétablis par les concessionnaires respectifs.

La réalisation de l'étude d'impact environnemental et social nous a permis de faire un aperçu de l'impact du projet de « Réhabilitation de la gare de OUAGARINTER » sur le milieu environnant ainsi que sur les riverains. L'identification de ces impacts nous a permis de proposer des mesures de compensation et d'atténuation. Elle nous a permis également de voir l'intérêt capital et de faire des études environnementales pour les projets de construction.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

- ✚ Adama DIONE. *Estimation du Module réversible de Graves Non Traitées et modélisation par éléments finis de chaussées souples en vue d'un dimensionnement mécanistique-empirique*. Géotechnique routière. Thiès. Université de Thiès, 2015, 195p.
- ✚ François Noël CRES, EIER (2001), *Hydrologie Urbaine Quantitative-Assainissement Pluvial*, Septembre 2001, 127p ;
- ✚ ICTAVRU, *Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines*. Mars 2009.
- ✚ G. LIAUTAUD (CEBTP), *Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux*, Ministère de la coopération, 1980, 155p.
- ✚ Jean-Pierre MOUGIN, *Béton Armé aux États Limites 91 modifié 99 et DTU associés*, 2^e éd., Eyrolles, 2000, 283p.
- ✚ Nguyen VAN TUU, Bernard LEMOINE, Jacques POUPLARD, *Hydraulique Routière*, Ministère de la coopération et du développement de la république Française : BCEOM, 1981, 347p.
- ✚ SETRA, « Titre II : programmes des charges et épreuves des ponts routes », *Fascicule : conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, n°61*, (29 décembre 1971) p. 1-6

Site internet

- ✚ Données SRTM Nasa [en ligne], <https://earthdata.nasa.gov/nasa-shuttle-radar-topography-mission-srtm-version-3-0-global-1-arc-second-data-released-over-asia-and-australia/> consulté le 25/02/201

ANNEXES

ANNEXE I : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

I. Étude géotechnique

L'étude géotechnique consiste à :

1. Définir les caractéristiques de la portance des sols d'assise de la chaussée
1. Identifier les sites de carrière pour les granulats
2. Etudier les caractéristiques des matériaux
3. Evaluer la puissance de la carrière disponible
4. Mener l'étude du trafic
5. Le dimensionner de la chaussée

1. Caractéristiques et classification du sol de la plateforme

Pour l'étude, une reconnaissance de quatorze 14 sondages à OUAGARINTER ont été réalisés . Ces sondages nous donnent les caractéristiques physiques et mécaniques des sols en place (analyse granulométrique, limites d'Atterberg, essai de compactage Proctor modifié, et le poinçonnement CBR (Californian Bearing Ratio)).

La détermination de la portance du sol est fonction du CBR. Le guide CEBTP (Centre Expérimental de recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux publics), nous donne la classe de la portance en fonction du CBR. Le **Tableau 24** nous présente les caractéristiques de la portance du sol.

Tableau 24: classification du sol en fonction du sol (Guide CEBTP)

Indice de CBR	Classe
$CBR \leq 5$	S1
$5 \leq CBR \leq 10$	S2
$10 \leq CBR \leq 15$	S3
$15 \leq CBR \leq 30$	S4
$CBR \geq 30$	S5

Les études géotechniques qui ont été réalisées sur le site par le Laboratoire National du Bâtiment et des travaux publics ont fait ressortir les résultats suivants résumés dans le **Tableau 25** :

Tableau 25: Résultats des analyses géotechniques

	Analyse granulométrique					Limites d'Atterberg		Proctor Modifié		CBR 95% OPM
	Passants aux tamis					W _L	I _p	W OPM(%)	Γ _d OPM (t/m ³)	
	0.080m m	5mm	10mm	31.5 mm	D(mm)					
Nombre de valeurs	14	14	14	14	14	14	14	2	2	2
Valeur minimale	2,0	37,0	63,0	85,0	16,0	21	11	6,5	2,12	33
Valeur maximale	35,5	75,0	93,0	100,0	50,0	43	24	7,8	2,19	37
Valeur moyenne	19,3	62,5	84,0	97,3	28,8	34,4	17,8	7,2	2,16	35,0
Ecart type	13,4	13,1	10,2	5,0	10,0	6,7	3,7	0,9	0,05	2,8
Coefficient de variation	69,5	21,0	12,2	5,2	34,8	19,4	21,1	12,9	2,3	8,1

A la suite de ces résultats, nous obtenons un CBR moyen de 37 qui correspond à une classe de portance S5.

Cependant l'entreprise nous recommande de prendre les mêmes hypothèses que l'APD. Nous allons donc considérer une classe de portance S3 pour la suite de notre étude en se basant sur le CBR à 95% (Optimum Proctor Modifié). Ce choix a été préféré au S4 et S5 car il représente le cas le plus défavorable et respecte les caractéristiques de la plateforme. C'est aussi la classe la plus rencontrée et nous évite de faire des traitements de plateforme très coûteux.

2. Reconnaissance des sites d'emprunt potentiels et caractéristiques des matériaux

Dans cette partie, nous avons une synthèse de résultats pour la reconnaissance de sites d'emprunt.

Tableau 26:Récapitulatif des résultats d'identification des matériaux de sondage de l'emprunt N°1 A

Echantillon N°	Provenance	Nature	PK ou Profil	Sondages	Mélange / Profondeur	Granulométrie					Limites d'ATTERBERG		FXIP	Proctor Modifié		Immersion CBR 96H			Gonflement à 56 coups %	MO %	Classification HRB	Observations
						20,0	10,0	5,0	2,0	0,08	LL	IP		γd	w%	90%	95%	98%				
Exigences du CPT																						
132		GAL		1,2,3,4,5	Mélange unique	82,0	66,9	44,7	30,1	18,2	39,6	20,3	370	2,00	10,7	13	32	50	0,02	-		Fondation

Tableau 27:Récapitulatif des résultats d'identification des matériaux de sondage de l'emprunt N°1 B

Echantillon N°	Provenance	Nature	PK ou Profil	Sondages	Mélange / Profondeur	Granulométrie					Limites d'ATTERBERG		FXIP	Proctor Modifié		Immersion CBR 96H			Gonflement à 56 coups %	Classification HRB	Observations
						20,0	10,0	5,0	2,0	0,08	LL	IP		γd	w%	90%	95%	98%			
Exigences du CPT																					
56	"	Grave Latéritique Argileuse	3+900	4,5,6,7,8,9,10,11,12		92,3	74,9	42,2	21,9	14,2	31,9	15,3	217	2,28	6,2	14	42	62	0,03		Fondation
57	"	Grave Latéritique Argileuse	"	15,16,20		97,1	89,0	62,8	41,3	27,4	32,3	15,0	411	2,16	7,2	5	40	66	0,03		Forme
58	"	Grave Latéritique Argileuse	"	18,21,22,23		98,3	89,1	60,9	38,3	25,9	30,8	13,5	349	2,11	8,8	19	38	59	0,03		Forme

Tableau 28: Récapitulatif des résultats d'identification des matériaux de sondage de l'emprunt N°1 B bis

Echantillon N°	Provenance	Nature	PK ou Profil	Sondages	Profondeur	Granulométrie					Limites d'ATTERBERG		FXIP	Proctor Modifié		Immersion CBR 96H			Gonflement à 56 coups	Classification HRB	Observations
						20,0	10,0	5,0	2,0	0,08	LL	IP		γ _d	w%	90%	95%	98%	%		
Exigences du CPT																					
116	Emprunt N°1B BIS voie acces	GAL	3+900	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,13,17,18	-	92,0	78,6	58,5	42,8	27,5	33,6	17,4	479	1,99	9,0	13	43	61	0,02		Forme
113	"	GAL		14,15,16	-	87,1	63,7	43,0	26,4	10,4	38,9	20,3	211	2,05	7,4	11	34	53	0,02		Fondation
114	"	GAL		20,21,23	-	92,9	72,4	50,2	35,5	19,9	44,0	23,5	467	1,98	11,2	7	20	36	0,03		Forme
115	"	GAL		19,20,24,25	-	90,2	76,7	50,2	38,1	16,1	44,1	23,4	376	2,01	9,8	6	18	28	0,03		Forme
117	"	GAL	"	10,26,27,29,30	-	95,1	76,1	47,6	27,7	15,7	31,0	15,6	245	2,12	8,0	21	44	68	0,03		Fondation

3. Recommandations du CCTP et conclusion

Le Cahier de Clauses Techniques Particulières impose également les caractéristiques suivantes résumées au **Tableau 29**:

Tableau 29: Recommandations du CCTP

	Pour la couche de fondation	Pour la couche de base
Indice de plasticité	≤ 20	≤ 15
Densité sèche à l'OPM	$\geq 2t/m^3$	$\geq 2,1t/m^3$
Indice portant CBR à 95% de l'OPM	≥ 50	≥ 80

Au vu des spécifications techniques des différentes couches, nous pouvons conclure que le matériau d'emprunt convient uniquement pour effectuer la couche de fondation.

Aussi après décapage si l'on rencontre des sols de mauvaise qualité (classe de portance S1 et S2), ils seront purgés et restitués avec 35cm de matériaux de couche de forme (CBR > 15 à 95% OPM) de sorte à disposer d'une nouvelle plate-forme de classe de portance S3.

ANNEXE II : ÉTUDE GÉOMETRIQUE

Tableau 30 : Récapitulatif des tabulations - axe-rue1

Profil n°	Abscisse	Élément			Longueur d'application			Altitude		Point d'axe	
		Origine	Axe	Projet	Avant	Après	Total	TN	Projet	X	Y
P1	0.000	Extremité	AD	AD	0.000	12.500	12.500	299.620	299.620	661269.57	1363828.0
P2	25.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	299.639	299.722	661269.39	1363853.0
P3	50.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	299.789	299.825	661269.22	1363878.0
P4	75.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	299.884	299.927	661269.05	1363903.0
P5	100.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	300.048	300.029	661268.88	1363928.0
P6	125.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	300.213	300.131	661268.71	1363953.0
P7	150.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	300.245	300.234	661268.54	1363978.0
P8	175.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	300.314	300.336	661268.37	1364003.0
P9	200.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	300.514	300.438	661268.20	1364028.0
P10	225.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	300.625	300.541	661268.03	1364053.0
P11	250.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	300.808	300.643	661267.86	1364078.0
P12	275.000	Interv	AD	AD	12.500	12.500	25.000	300.718	300.745	661267.69	1364103.0
P13	300.000	Interv	AD	AD	12.500	8.854	21.354	300.922	300.848	661267.52	1364128.0
P14	317.707	Extremité	AD	AD	8.854	0.000	8.854	300.920	300.920	661267.40	1364145.7

Tableau 31 : Récapitulatif du calcul des profils en travers - axe-rue1

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Point d'axe			Côté	Fichier profil type	Point extrême du profil			Distance au pt d'axe (m)		Point d'entrée en terre			Distance au pt d'axe (m)	
			X	Y	Z			X	Y	Z	Largeur 2D	Largeur 3D	X	Y	Z	Largeur 2D	Largeur 3D
P1	0.000	12.500	661269.570	136382.8010	299.620	G	Profile route rue 1 BIS	661261.001	136382.7951	299.460	8.569	8.571	661261.001	136382.7951	299.460	8.569	8.571
						D	Profile route rue 1 BIS	661278.018	136382.8068	299.540	8.449	8.449	661278.018	136382.8068	299.540	8.449	8.449
P2	25.000	25.000	661269.399	136385.3009	299.722	G	Profile route rue 1 BIS	661260.949	136385.2952	299.641	8.450	8.451	661260.949	136385.2952	299.641	8.450	8.451
						D	Profile route rue 1 BIS	661277.828	136385.3067	299.655	8.429	8.429	661277.828	136385.3067	299.655	8.429	8.429
P3	50.000	25.000	661269.228	136387.8009	299.825	G	Profile route rue 1 BIS	661260.703	136387.7951	299.693	8.526	8.527	661260.703	136387.7951	299.693	8.526	8.527
						D	Profile route rue 1 BIS	661277.561	136387.8066	299.822	8.333	8.333	661277.561	136387.8066	299.822	8.333	8.333
P4	75.000	25.000	661269.058	136390.3008	299.927	G	Profile route rue 1 BIS	661260.717	136390.2951	299.918	8.341	8.341	661260.717	136390.2951	299.918	8.341	8.341
						D	Profile route rue 1 BIS	661277.316	136390.3065	299.974	8.259	8.259	661277.316	136390.3065	299.974	8.259	8.259
P5	100.000	25.000	661268.887	136392.8008	300.029	G	Profile route rue 1 BIS	661260.574	136392.7951	300.040	8.313	8.313	661260.574	136392.7951	300.040	8.313	8.313
						D	Profile route rue 1 BIS	661277.128	136392.8064	300.088	8.241	8.241	661277.128	136392.8064	300.088	8.241	8.241
P6	125.000	25.000	661268.716	136395.3007	300.131	G	Profile route rue 1 BIS	661260.564	136395.2951	300.249	8.152	8.153	661260.564	136395.2951	300.249	8.152	8.153
						D	Profile route rue 1 BIS	661276.720	136395.3062	300.348	8.004	8.007	661276.720	136395.3062	300.348	8.004	8.007
P7	150.000	25.000	661268.545	136397.8007	300.234	G	Profile route rue 1 BIS	661260.273	136397.7950	300.271	8.273	8.273	661260.273	136397.7950	300.271	8.273	8.273

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

						D	Profile route rue 1 BIS	661276.892	1363978.064	300.222	8.34 7	8.34 7	661276.892	1363978.064	300.222	8.347	8.347
P8	175.00 0	25.000	661268.375	1364003.006	300.336	G	Profile route rue 1 BIS	661260.353	1364002.951	300.541	8.02 2	8.02 5	661260.353	1364002.951	300.541	8.022	8.025
						D	Profile route rue 1 BIS	661276.627	1364003.062	300.387	8.25 3	8.25 3	661276.627	1364003.062	300.387	8.253	8.253
P9	200.00 0	25.000	661268.204	1364028.005	300.438	G	Profile route rue 1 BIS	661260.149	1364027.950	300.621	8.05 5	8.05 7	661260.149	1364027.950	300.621	8.055	8.057
						D	Profile route rue 1 BIS	661276.532	1364028.062	300.439	8.32 8	8.32 8	661276.532	1364028.062	300.439	8.328	8.328
P10	225.00 0	25.000	661268.033	1364053.005	300.541	G	Profile route rue 1 BIS	661260.019	1364052.950	300.751	8.01 4	8.01 7	661260.019	1364052.950	300.751	8.014	8.017
						D	Profile route rue 1 BIS	661276.375	1364053.062	300.532	8.34 2	8.34 2	661276.375	1364053.062	300.532	8.342	8.342
P11	250.00 0	25.000	661267.862	1364078.004	300.643	G	Profile route rue 1 BIS	661259.931	1364077.950	300.908	7.93 1	7.93 6	661259.931	1364077.950	300.908	7.931	7.936
						D	Profile route rue 1 BIS	661276.122	1364078.061	300.689	8.26 0	8.26 0	661276.122	1364078.061	300.689	8.260	8.260
P12	275.00 0	25.000	661267.692	1364103.004	300.745	G	Profile route rue 1 BIS	661259.716	1364102.949	300.981	7.97 6	7.97 9	661259.716	1364102.949	300.981	7.976	7.979
						D	Profile route rue 1 BIS	661275.843	1364103.059	300.863	8.15 2	8.15 2	661275.843	1364103.059	300.863	8.152	8.152
P13	300.00 0	21.354	661267.521	1364128.003	300.848	G	Profile route rue 1 BIS	661259.524	1364127.948	301.069	7.99 7	8.00 0	661259.524	1364127.948	301.069	7.997	8.000
						D	Profile route rue 1 BIS	661275.541	1364128.058	301.347	8.02 0	8.03 6	661275.541	1364128.058	301.347	8.020	8.036
P14	317.70 7	8.854	661267.400	1364145.710	300.920	G	Profile route rue 1 BIS	661259.166	1364145.654	300.983	8.23 4	8.23 4	661259.166	1364145.654	300.983	8.234	8.234
						D	Profile route rue 1 BIS	661275.317	1364145.764	301.195	7.91 7	7.92 2	661275.317	1364145.764	301.195	7.917	7.922

Tableau 32 : Récapitulatif des emprises et du décapage - axe-ruel

Profil n°	Abscisse	Longueur D'application on	Emprise (m)			Décapage du TN				
			Gauche	Droite	Totale	Epaisseur	Largeur	Surface (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P1	0.000	12.500	8.569	8.449	17.018	0.200	17.018	212.72	42.545	42.545
P2	25.000	25.000	8.450	8.429	16.880	0.200	16.880	421.99	84.398	126.943
P3	50.000	25.000	8.526	8.333	16.859	0.200	16.859	421.48	84.296	211.239
P4	75.000	25.000	8.341	8.259	16.600	0.200	16.600	415.00	83.000	294.239
P5	100.000	25.000	8.313	8.241	16.554	0.200	16.554	413.85	82.769	377.008
P6	125.000	25.000	8.152	8.004	16.156	0.200	16.156	403.90	80.780	457.789
P7	150.000	25.000	8.273	8.347	16.620	0.200	16.620	415.51	83.101	540.890
P8	175.000	25.000	8.022	8.253	16.275	0.200	16.275	406.87	81.374	622.264
P9	200.000	25.000	8.055	8.328	16.383	0.200	16.383	409.56	81.913	704.177
P10	225.000	25.000	8.014	8.342	16.356	0.200	16.356	408.89	81.779	785.956
P11	250.000	25.000	7.931	8.260	16.191	0.200	16.191	404.78	80.957	866.912
P12	275.000	25.000	7.976	8.152	16.127	0.200	16.127	403.18	80.636	947.548
P13	300.000	21.354	7.997	8.020	16.017	0.200	16.017	342.03	68.406	1015.954
P14	317.707	8.854	8.234	7.917	16.151	0.200	16.151	142.99	28.599	1044.552

Tableau 33 : Récapitulatif des cubatures déblai/remblai par profil - axe-rue1

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)	Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P1	0.000	12.500	0.56	0.56	1.12	13.957	13.957	2.09	2.35	4.44	55.439	55.439
P2	25.000	25.000	0.58	0.68	1.26	31.388	45.346	1.84	1.93	3.77	94.236	149.675
P3	50.000	25.000	0.61	0.77	1.38	34.578	79.923	1.72	1.28	3.00	74.937	224.611
P4	75.000	25.000	0.66	0.85	1.52	37.891	117.814	1.55	0.92	2.47	61.800	286.411
P5	100.000	25.000	0.73	0.89	1.63	40.640	158.454	0.94	0.67	1.61	40.233	326.644
P6	125.000	25.000	0.80	1.54	2.34	58.464	216.918	0.88	0.21	1.10	27.380	354.024
P7	150.000	25.000	0.89	0.79	1.69	42.171	259.089	0.47	0.92	1.39	34.838	388.862
P8	175.000	25.000	0.83	0.82	1.65	41.295	300.384	0.77	1.03	1.81	45.155	434.017
P9	200.000	25.000	1.07	0.94	2.01	50.231	350.615	0.26	0.34	0.60	15.057	449.073
P10	225.000	25.000	0.93	0.84	1.77	44.300	394.915	0.48	0.37	0.84	21.102	470.175
P11	250.000	25.000	1.73	0.85	2.58	64.516	459.431	0.05	0.26	0.31	7.763	477.938
P12	275.000	25.000	1.00	1.07	2.08	51.886	511.317	0.83	0.28	1.11	27.707	505.645
P13	300.000	21.354	1.01	1.91	2.92	62.322	573.639	0.26	0.26	0.53	11.217	516.861
P14	317.707	8.854	0.90	1.34	2.23	19.767	593.405	0.59	0.48	1.07	9.461	526.322

Tableau 34 : Cubatures déblai/remblai (dans l'emprise de la ligne 'projet') - axe-rue1

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais (dans l'emprise de la ligne Projet)					Remblais (dans l'emprise de la ligne Projet)				
			Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)	Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P1	0.000	12.500	0.56	0.56	1.12	13.957	13.957	1.73	2.07	3.80	47.540	47.540
P2	25.000	25.000	0.58	0.68	1.26	31.388	45.346	1.55	1.67	3.22	80.572	128.112
P3	50.000	25.000	0.61	0.77	1.38	34.578	79.923	1.40	1.07	2.47	61.786	189.897
P4	75.000	25.000	0.66	0.85	1.52	37.891	117.814	1.34	0.76	2.10	52.398	242.295
P5	100.000	25.000	0.73	0.89	1.63	40.640	158.454	0.75	0.52	1.27	31.634	273.929
P6	125.000	25.000	0.80	1.54	2.34	58.464	216.918	0.77	0.16	0.93	23.250	297.179
P7	150.000	25.000	0.89	0.79	1.69	42.171	259.089	0.27	0.72	0.98	24.552	321.731
P8	175.000	25.000	0.83	0.82	1.65	41.295	300.384	0.71	0.87	1.58	39.618	361.348
P9	200.000	25.000	1.07	0.94	2.01	50.231	350.615	0.19	0.15	0.33	8.343	369.691
P10	225.000	25.000	0.93	0.84	1.77	44.300	394.915	0.42	0.16	0.58	14.551	384.242
P11	250.000	25.000	1.73	0.85	2.58	64.516	459.431	0.01	0.10	0.12	2.928	387.170
P12	275.000	25.000	1.00	1.07	2.08	51.886	511.317	0.78	0.17	0.95	23.759	410.928
P13	300.000	21.354	1.01	1.91	2.92	62.322	573.639	0.21	0.23	0.44	9.484	420.412
P14	317.707	8.854	0.90	1.34	2.23	19.767	593.405	0.44	0.45	0.89	7.891	428.304

ANNEXE III : SIGNALISATION ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Tableau 35: quelques panneaux utilisés dans le projet

Type	Description	Nombre
	Arrêt obligatoire	6
	Lieu d'aménagement pour stationnement payant	15
	Vitesse limitée à 20	1
	Vitesse limitée à 30	2
	Circulation à sens unique	8
	Sens interdit	3
	Interdiction de tourner à gauche	3
	Interdiction de tourner à droite	3
	Passage pour piétons	18

ANNEXE IV : ETUDE HYDRAULIQUE

L'étude hydraulique concerne le dimensionnement hydraulique et structurel des ouvrages de franchissement et des caniveaux.

1. Dimensionnement hydraulique des caniveaux

Le dimensionnement hydraulique sera réalisé en sortie libre de telle sorte que la hauteur d'eau à l'aval du dalot à concevoir soit inférieur au bord supérieur du dalot tout en veillant qu'il n'y ait pas de ressaut hydraulique. Les ouvrages choisis pour l'assainissement de la chaussée sont des caniveaux de forme rectangulaire en béton armé. Nous avons choisi ce type de caniveau du fait de leur mise en œuvre plus simplifiée. Ils seront disposés de part et d'autre de la chaussée. Ces caniveaux sont conçus pour recueillir les eaux de pluies tombées sur la demie chaussée, sur le talus et celles provenant des quartiers périphériques et les eaux des bassins versants. La section des caniveaux étant rectangulaire, le fruit de berge est nul ($m=0$). La formule de Manning Strickler est celle retenue pour le calcul de nos sections hydrauliques.

Tableau 36: Détermination des vitesses maximum

Nature	Vitesse maximum en m/s
Sables fins argileux ou limons argileux	0.75
Limons ou argiles sableux (sable <50%)	0.90
Argiles compactes	1.10
Mélanges de graviers, sables et limons	1.50
Graviers, cailloux moyens	1.80
Zone rocheuses ou béton (conseil)	3.5

Pour la vitesse maximale, nous retiendrons la valeur maximale de $3.5\text{m}^3/\text{s}$ en nous référant au **Tableau 36**, car nos caniveaux seront réalisés en béton armé et la pente de 0,5%.

On fixe la pente projet I , la vitesse V et on fait varier y de sorte à avoir Q capable à Q réel.

- **Formules utilisées**

$$S = \frac{Q_{réel}}{V}$$

Largeur $b = 2y$

Surface mouillée $S_m = b \times y$

Périmètre mouillé $P_m = b + 2y$

Rayon hydraulique $R_h = \frac{by}{b + 2y}$

Le calcul détaillé du dimensionnement hydraulique du caniveau se fera avec le plus grand débit qui est de : 3,54

Données

$$V = 2,59 \text{ m/s}; I_{Projet} = 0,005 \text{ m/m}; Q = 3,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

Application

Après itération nous optons pour $y = 0.68 \text{ m}$

Choix de b : $b = 2 \text{ m}$

➤ Calcul de la Surface mouillée

$$S_m = b \times y \Rightarrow S_m = 2 \times 0,68 = 1,36 \text{ m}$$

• Calcul du périmètre mouillé

$$P_m = b + 2y \Rightarrow P_m = 2 + 2 \times 0,68 = 3,36 \text{ m}$$

• Calcul du rayon hydraulique

$$R_h = \frac{by}{(b + 2y)} \Rightarrow R_h = 0,68 \times \frac{2}{(2 + 2 \times 0,68)} = 0,41 \text{ m}$$

• Calcul de la revanche

C'est la hauteur libre considérée au-dessus du plan d'eau

$$r = 0,2 + \left(0,15 \times Q^{\frac{1}{3}}\right)$$

Nous fixerons notre revanche à $r = 0,20 \text{ m}$

On obtient ainsi les dimensions suivantes pour notre caniveau : $b=2\text{m}$ et $y=0,9\text{m}$.

Nous prendrons $b=2\text{m}$ et $y=1\text{m}$

• Calcul de la capacité du caniveau $Q_{capable}$

$$Q_{capable} = S_m \times K_s \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \rightarrow Q_{capable} = 2 \times 67 \times 0,50^{\frac{2}{3}} \times 0,005^{\frac{1}{2}}$$
$$Q_{capable} = 3,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Calcul de la vitesse réelle d'écoulement**

$$V = \frac{Q_{capable}}{S_m} \rightarrow V = \frac{3,54}{1,36}$$

$$V = 2,59 \text{ m/s}$$

Ainsi la vitesse obtenue est inférieure à la vitesse maximale

$$V_{max} = 3.5 \text{ m/s et } Q_{capable} > Q_{projet};$$

Le dimensionnement est donc vérifié.

- **Vérification de l'écoulement**

$$Fr = \frac{V}{(g \times y)^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow Fr = \frac{2,59}{(9,81 \times 1,1)^{\frac{1}{2}}} = 0,83$$

$$Fr < 1 \Rightarrow \text{le régime d'écoulement est fluvial}$$

Nous avons utilisé la même méthodologie pour la détermination des autres sections de caniveau.

Les résultats obtenus dans les **Tableau 37** et **Tableau 38**:

Tableau 37: Détermination de la section des caniveaux

Le Dimensionnement hydraulique des Caniveaux																
Caniveaux	L: Longueur (m)	Ks: Coefficient de rugosité	La pente I (%)	B: Largeur (m)	H:Tirant d'eau (m)	S: Surface mouillée (m ²)	P: Périmètre mouillé (m)	Rh : Rayon hydraulique (m)	R: Revanche	V: vitesse moyenne (m/s)	Vmax: Vitesse maximale (m/s)	D: Débitance = $Ks*S*R^{2/3}$	Qc: Débit calculé (M3/s)	Qp: Débit projeté (M3/s)	Sections calculées	
															B (m)	H (m)
C	875	67	0,005	2	0,68	1,36	3,36	0,41	0,20	2,59	3,00	50,02	3,54	3,54	2,0	0,9
C1G	320	67	0,005	1	0,60	0,60	2,20	0,27	0,2	1,99	3,00	16,85	1,19	1,19	1,00	0,80
C1D	320	67	0,005	0,8	0,50	0,40	1,80	0,22	0,2	1,74	3,00	9,86	0,70	0,70	0,80	0,70
C2G	320	67	0,005	1	0,51	0,51	2,03	0,25	0,2	1,90	3,00	13,82	0,98	0,98	1,00	0,71
C2D	320	67	0,005	0,8	0,18	0,14	1,15	0,12	0,2	1,17	3,00	2,33	0,16	0,16	0,80	0,38
C3G	129	67	0,005	0,8	0,37	0,29	1,53	0,19	0,2	1,57	3,00	6,52	0,46	0,46	0,80	0,57
C3D	129	67	0,005	1	0,78	0,78	2,57	0,31	0,2	2,15	3,00	23,78	1,68	1,68	1,00	0,98

Tableau 38: Sections des caniveaux retenues

Dimensions retenues	
Base B (m)	Hauteur H (m)
2	1
1,00	0,8
0,80	0,8
1,00	0,8
0,80	0,6
0,80	0,6
1,00	1,0

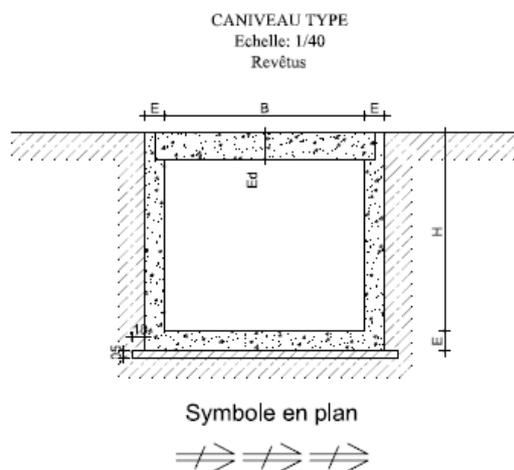
a. Dimensionnement hydraulique du dalot

Les différents dalots du projet sont les prolongements des caniveaux pour les traversées des rues adjacentes. Cela nous a conduit donc à garder les mêmes sections hydrauliques que celles des caniveaux.

ANNEXE V : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES CANNIVAUX

Nous allons présenter la note de calcul du caniveau de plus grande section $200 \times 100 \text{ cm}^2$ et adopter le même type de ferrailage pour la section inférieure pour des raisons de mise en œuvre.

1. Description



CARACTERISTIQUES			
B	H	E	Ed
70	60	15	15
80	80		
100	80		
100	100	15	20
120	100		
120	120		
150	100		
150	150		
200	100		
200	150		
300	200		25

Il s'agit d'un caniveau de 200×100 avec les caractéristiques ci-dessous :

- Epaisseur radier et piédroit = 15 cm
- Epaisseur de la dalette = 20cm
- Ouverture B du caniveau = 200 cm
- Hauteur H du caniveau= 100 cm

2. Normes et règlements de calcul

Les actions à prendre en compte dans le calcul des caniveaux sont définies par les textes réglementaires normatifs en particulier le titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (CPC) « Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art ».

Les sollicitations sont déterminées à partir de la méthode des tranchées.

Le calcul du ferrailage se fera suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et des constructions en béton armé de la méthode des ETATS LIMITES dites règles B.A.E.L 91 modifié 99.

3. Méthodes de calcul

Les calculs sont réalisés à partir de la méthode des tranchées pour la détermination des sollicitations et de la méthode des ETATS LIMITES B.A.E.L 91 modifié 99 pour les calculs béton armé.

Ces calculs suivent les différentes étapes données dans ces deux ouvrages.

Il n'a pas été utilisé de logiciel de calcul spécifique.

4. Caractéristiques des matériaux

→ Béton

- Classe C25/30 dosage 350kg/m³
- Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}}=25\text{Kn/m}^3$
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28}=25\text{ MPa}$
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28}=0.6+0.06f_{c8}=2.1\text{MPa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_b=1.5$

- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu} = 0.85 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = 14.16 \text{ MPa}$
- Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\sigma_{bc} = 0.6 f_{c28} = 15 \text{ MPa}$
 - Acier
- Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE500
- Limite d'élasticité $f_e = 500 \text{ MPa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1.15$
- Coefficient d'adhérence : $\eta = 1.6$
- Contrainte limite des aciers à l'ELS : $\sigma_s = \min \left(\frac{2}{3} f_e; 110 \sqrt{\eta \times f_{t28}} \right) + 250 \text{ MPa}$
- $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 434.78 \text{ MPa}$
 - Sol
- Poids volumique des terres : $\gamma_{sol} = 20 \text{ kN/m}^3$
- Coefficient de poussée : $k_a = 0.33$
- Contrainte admissible du sol de fondation : $\sigma_{sol} = 0.15 \text{ MPa}$

5. Principe de calcul des efforts et sollicitations

Les calculs seront faits pour une bande de 1 mètre linéaire de longueur de caniveau.

La fissuration est considérée comme préjudiciable car ouvrage enterré et exposé aux intempéries donc les calculs se feront à l'ELS.

6. Chargement

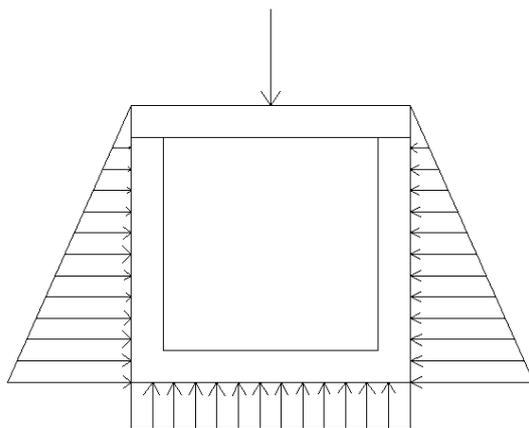


Figure 17 : Différentes charges appliquées au caniveau

Les charges considérées sur la Figure 17 sont :

- Le poids propre du caniveau (dalette, piédroit et radier)
- La poussée des terres sous le radier
- La poussée des terres sur le radier
- La surcharge d'une roue de 10 tonnes (Fascicule 61 Titre II). Dans la suite de l'étude, cette roue sera désignée par B_r

7. Dimensionnement de la dalle

La couverture est constituée d'une dalle en béton armé d'épaisseur 20 cm sur deux appuis. Donc cette dalle sera calculée comme une poutre en flexion simple de largeur $b=2,15$ et de hauteur $h=0,20$ m.

→ Calcul des sollicitations

La détermination des sollicitations de la dalle sera résumée dans le Tableau 39 :

Tableau 39 : Détermination des sollicitations

	Formule	Résultats	Unité
Poids au ml de la dalle : P_{dalle}	$P_d = \gamma_{\text{béton}} \times b \times h$ $P_d = 25 \times 2,15 \times 0,2$	10,75	kN/ml
Moment de flexion M_g dû au poids propre de la dalle	$M = \frac{P_{dalle} \times b^2}{8}$ $M = \frac{11 \times 2,15^2}{8}$	6,21	kN.m/ml
Charge d'une roue de 10T	$B_r = 10 \times 10$	100	kN/ml
Moment $M_{br} = M_q$ dû à la roue de $P_{roue}=10T$	$M_q = \frac{B_r \times b}{4}$ $M_q = \frac{100 \times 2,15}{4}$	5,75	kN.m/ml
Effort tranchant $T_{Br} = T_q$ dû à la roue	$T_q = \frac{B_r}{2}$		

	$Tq = \frac{100}{2}$	50	kN/ml
Effort tranchant du poids de la dalle Tg	$Tg = \frac{P_{dalle}}{2}$ $Tg = \frac{11}{2}$	5,5	kN/ml

→ Calcul des efforts aux états limites

La détermination des efforts de la dalle seront résumées dans le Tableau 40 :

Tableau 40 : efforts aux états limites

		Formules	Résultats	unité
ELU	Mu	1.35Mg+1.5Mq	89,01	kN.m/ml
	Tu	1.35Tg+1.5Tq	82,43	kN/ml
ELS	Mser	Mg+Mq	59,96	kN.m/ml
	Tser	Tg+Tq	55 ,50	kN/ml

→ Calcul des armatures

■ Calcul des armatures longitudinales

Comme la fissuration est préjudiciable, le calcul des armatures sera fait à l'ELS.

- Calcul de $\bar{\alpha}_1$

$$\bar{\alpha}_1 = \frac{15 \times \sigma_{bc}}{15 \times \sigma_{bc} + \sigma_s} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250}$$

$$\bar{\alpha}_1 = 0,47$$

- Calcul du moment Mrb

$$Mrb = \frac{1}{2} \times \alpha_1 \left(1 - \frac{\alpha_1}{3}\right) b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc}$$

$$M_{rb} = 0,5 \times 0,47 \times \left(1 - \frac{0,47}{3}\right) \times 1 \times (0,9 \times 0,20)^2 \times 15$$

$$M_{rb} = 0,10 \text{ MN.m} = 100 \text{ kN.m}$$

$M_{ser} < M_{rb}$, pas besoin d'acier comprimé. $A' = 0$.

- Calcul du bras de levier z_b

$$z_b = d \left(1 - \frac{\alpha_1}{3}\right)$$

$$z_b = 0,18 \left(1 - \frac{0,47}{3}\right)$$

$$z_b = 0,15 \text{ m}$$

- Calcul de la section d'acier

$$A_{ser} = \frac{M_{ser}}{z_b \times \sigma_s} = \frac{59,96 \times 10^{-3}}{0,15 \times 250}$$

$$A_{ser} = 15,82 \text{ cm}^2$$

- Calcul de A_{min} (Condition de non fragilité)

$$A_{min} = \max\left(\frac{b \times h}{1000}; 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b_0 d\right)$$

$$A_{min} = 0,23 \times \frac{2,1}{500} \times 1 \times 0,18$$

$$A_{min} = 1,73 \text{ cm}^2$$

$A_{ser} > A_{min}$ donc on choisit comme section d'acier $A_{ser} = 15,82 \text{ cm}^2$

■ Calcul des armatures transversales

La section des armatures transversales correspond au tiers de la section

On obtient ainsi :

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times 15,82$$

$$A_{st} = 5,27 \text{ cm}^2$$

8. Dimensionnement des piédroits

→ Charges appliquées sur les piédroits

Les piédroits sont soumis à leur poids propre, au poids de la dalle, à l'action de la roue Br sur la dalle et à la poussée des terres.

→ **Calcul des sollicitations**

La détermination des sollicitations du piédroit seront résumées dans le **Tableau 41** :

Tableau 41 : Détermination des sollicitations

	Formule	Résultats	Unité
Poids propre dû piédroit : P_p	$P_p = \gamma_{\text{béton}} \times b \times h$ $P_p = 25 \times 0,15 \times 1$	3,75	kN/ml
Effort normal dû à l'action de la roue Br : N_{br}	$N_{br} = P_{br=10} \times 10$	100	kN.m/ml
Effort normal dû au poids de la dalle : N_{dalle}	$N_{dalle} = \frac{P_{dalle}}{2}$ $N_{dalle} = \frac{10,75}{2}$	5,38	kN/ml
Poussée des terres P_t	$P_t = k_a \times \gamma_{\text{sol}} \times \frac{h^2}{2}$ $P_t = 0,33 \times 20 \times \frac{1,15^2}{2}$	4,36	kN/ml

→ **Calcul des efforts maximaux**

- Effort normal maximal dans le piédroit N_{\max} :

$$N_{\max} = P_p + N_{br} + N_{dalle}$$

$$N_{\max} = 100 + 5,38 + 3,76 = 109,13 \text{ kN/ml}$$

- Moment maximum à la base du piédroit

$$M_{\max} = P_t \times \frac{h}{3}$$

$$M_{\max} = 4,36 \times \frac{1}{3}$$

$$M_{\max} = 1,45 \text{ kN.m/ml}$$

→ **Calcul des armatures**

■ Calcul des armatures longitudinales

- Calcul de l'excentricité e

$$e = \frac{M_{max}}{N_{max}}$$

$$e = \frac{1,45}{109,13}$$

$$e = 0,013\text{m.}$$

- Calcul de M_{serA} :

$$M_{serA} = M_{max} + N_{max} \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

$$M_{serA} = 1,45 + 109,13 \left(0,135 - \frac{0,15}{2} \right)$$

$$M_{serA} = 10,911 \text{ kN.m/ml}$$

- Calcul du moment réduit Mrb

$$Mrb = \frac{1}{2} \times \alpha_1 \left(1 - \frac{\alpha_1}{3} \right) b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc}$$

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

$$Mrb = 363,49 \text{ kN.m}$$

$$M_{serA} < Mrb, \text{ pas besoin d'acier comprimé. } A' = 0.$$

- Calcul du bras de levier Z_b

$$Z_b = 0,135 \left(1 - \frac{\alpha_1}{3} \right)$$

$$Z_b = 0,135 \left(1 - \frac{0,47}{3} \right)$$

$$Z_b = 0,11 \text{ m}$$

- Calcul de la section d'acier

$$A_{ser} = \frac{M_{ser}}{z_b \times \sigma_s} = \frac{10,911 \times 10^{-3}}{0,11 \times 250}$$

$$A_{ser} = 3,84 \text{ cm}^2$$

- Calcul de la section d'acier réel A :

$$A = A_{ser} - \frac{N_{max}}{\sigma_{st}}$$

$$A = 3,84 \times 10^{-4} - \frac{109,13 \times 10^{-3}}{434,78}$$

$$A = 1,33 \text{ cm}^2$$

- Calcul de A_{min} (condition de non fragilité)

$$A_{min} = \max \left(\frac{bh}{1000}; 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b_0 d \right)$$

$$A_{min} = 1,30 \text{ cm}^2$$

$A_{min} < A$ donc on choisit comme section d'acier $A = 1,33 \text{ cm}^2$

- **Calcul des armatures transversales**

La section des armatures transversales correspond au tiers de la section

On obtient ainsi :

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times 1,33$$

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

9. Dimensionnement du radier

→ Charges appliquées sur le radier

Le radier est soumis à son poids propre, au poids de l'eau au débit maximum, et à la poussée des terres.

→ Calcul des sollicitations

La détermination des sollicitations du radier seront résumées dans le Tableau 42 :

Tableau 42 : Détermination des sollicitations au niveau du radier

	Formule	Résultats	Unité
Poids propre du radier : P_{radier}	$P_{radier} = \gamma_{béton} \times b \times h$ $P_{radier} = \gamma_{béton} \times 0,15 \times 2,15$	8,06	kN/ml

Poids de l'eau sur le radier P_{eau}	$P_{eau} = \gamma_{eau} \times 1 \times 0.8$ $P_{eau} = 2,15 \times 10 \times 1$	21,50	kN/ml
Poussée des terres sous le radier P_{tr}	$P_{tr} = 2 \times \frac{P_{radier} + P_{piedroit}}{l}$ $P_{tr} = 2 \times \frac{8,06 + 3,75}{2,15}$	10,99	kN/ml
Moment dû au poids propre du radier M_p	$M_p = \frac{P_{radier} \times l^2}{8}$ $M_p = \frac{8,06 \times 2,15^2}{8}$	4,66	kN.m/ml
Moment dû au poids de l'eau M_{eau}	$M_{eau} = \frac{P_{eau} \times l^2}{8}$ $M_{eau} = \frac{21,50 \times 2,15^2}{8}$	12,42	kN.m/ml
Moment dû à la poussée des terres sous le radier M_{tr}	$M_{tr} = \frac{P_{tr} \times l^2}{2}$ $M_{tr} = \frac{10,99 \times 2,15^2}{2}$	25,40	kN.m/ml
Effort max dans le radier N_{max}	$N_{max} = k_a \times \gamma_{sol} \times h$ $N_{max} = 0,33 \times 20 \times 0,15$	0,99	kN/ml

→ **Calcul des efforts maximaux**

- Effort normal maximal N_{max} :

$$N_{max} = 10,99 - 21,5 - 0,99$$

$$N_{max} = -11,50 \text{ kN/ml}$$

- Moment maximum

$$M_{max} = M_{tr} - M_p \text{ radier} - M_{eau}$$

$$M_{max} = -4,66 - 12,42 + 25,40$$

$$M_{max} = 8,32 \text{ kN.m/ml}$$

→ **Calcul des armatures**

- **Calcul des armatures longitudinales**

- Calcul de l'excentricité e

$$e = \frac{M_{max}}{N_{max}}$$

$$e = \frac{8,32}{11,50}$$

$$e = -0,72 \text{ m}$$

- Calcul de M_{serA} :

$$M_{serA} = M_{max} + N_{max} \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

$$M_{serA} = 8,32 - 11,50 \left(0,135 - \frac{0,15}{2} \right)$$

$$M_{serA} = 7,63 \text{ kN.m/ml}$$

- Calcul de M_{rb}

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \times \alpha_1 \left(1 - \frac{\alpha_1}{3} \right) b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc}$$

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

$$M_{rb} = 0,0545 \text{ MN}$$

$$M_{serA} < M_{rb}, \text{ pas besoin d'acier comprimé. } A' = 0.$$

- Calcul du bras de levier z_b

$$z_b = d \left(1 - \frac{\alpha_1}{3} \right) = 0,135 \left(1 - \frac{0,47}{3} \right)$$

$$z_b = 0,11 \text{ m}$$

- Calcul de la section d'acier

$$A_{ser} = \frac{M_{ser}}{z_b \times \sigma_s}$$

$$A_{ser} = \frac{7,63 \times 10^{-3}}{0,11 \times 250}$$

$$A_{ser} = 2,68 \text{ cm}^2$$

- Calcul de la section d'acier réel A :

$$A = A_{ser} - \frac{N_{max}}{\sigma_{st}}$$

$$A = 2,95 \times 10^{-4} - \frac{7,63 \times 10^{-3}}{434,78}$$

$$A=2,95\text{cm}^2$$

- Calcul de A_{\min}

$$A_{\min} = \max \left(\frac{bh}{1000}; 0.23 \frac{f_{t28}}{f_e} b_0 d \right)$$

$$A_{\min} = 0.23 \times \frac{2.1}{500} \times 1 \times 0,135$$

$$A_{\min} = 1.30\text{cm}^2$$

$A > A_{\min}$ donc on choisit comme section d'acier $A=2.95\text{cm}^2$

■ **Calcul des armatures transversales**

La section des armatures transversales correspond au tiers de la section.

On obtient ainsi :

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times 2,95$$

$$A_{st} = 0,98 \text{ cm}^2$$

10. Récapitulatif du dimensionnement du caniveau

Le choix de nos sections d'armatures longitudinales et transversales est résumé dans le **Tableau 43** :

Tableau 43: Sections d'acier du caniveau 200X100

	Dalette	Piédroit	Radier
Armatures principales en cm ²	15,823 cm ² Choix : 8 HA16 soit (16,08cm ²) Espacement 10cm	1,330 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	2,95 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
Armatures de répartition en cm ²	5,274 cm ² Choix : 4HA14 soit (6,16 cm ²) Espacement 25cm	0,444 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	0,98 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm

11. Section des autres caniveaux

En procédant de la même manière et en utilisant ces différentes formules, nous obtenons les résultats suivants résumés dans les **Tableau 44**, **Tableau 45** et **Tableau 46** pour les différents caniveaux obtenus plus haut :

Tableau 44: Sections d'acier du caniveau 100X100

	Dalette	Piédroit	Radier
Armatures principales en cm ²	7,838 cm ² Choix : 8 HA12 soit (9,05cm ²) Espacement 10 cm	1,335 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	3,06 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
Armatures de répartition en cm ²	2,615 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	0,445 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	1,02 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm

Tableau 45: Sections d'acier du caniveau 100X80

	Dalette	Piédroit	Radier
Armatures principales en cm ²	7,838 cm ² Choix : 8 HA12 soit (9,05cm ²) Espacement 10cm	1,304 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	2,76 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
Armatures de répartition en cm ²	2,615 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	0,435 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	0,92 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm

Tableau 46: Tableau 18 : Sections d'acier du caniveau 80X80

	Dalette	Piédroit	Radier
Armatures principales en cm ²	8,49 cm ² Choix : 8 HA12 soit (9,05cm ²) Espacement 10cm	1,304 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	2,52 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
Armatures de répartition en cm ²	2,833 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	0,435cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	0,84cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm

Tableau 47: Sections d'acier du caniveau 80X60

	Dalette	Piédroit	Radier
Armatures principales en cm ²	8,498 cm ² Choix : 8 HA12 soit (9,05cm ²) Espacement 10cm	1,304 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	2,28 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
Armatures de répartition en cm ²	2,833 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	0,435 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm	0,76 cm ² Choix : 4HA8 soit (2,01cm ²) Espacement 25cm

ANNEXE VI : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES DALOTS

I) Hypothèses de calcul

→ Normes utilisées pour les calculs

- B.A.E.L 91 révisé 99
- Fascicules 61 (titre II) concernant les charges d'exploitation-conception calcul et épreuve des ouvrages d'art.
- Formulaire des cadres simples de KLEINLOGEL

→ Caractéristiques des matériaux

■ Béton

- Dosage : 350kg/m³ de CPA 45 ou de classe équivalente
- Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}}=25\text{kN/m}^3$
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28}=25\text{ MPa}$
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28}=0.6+0.06f_{c28}=2.1\text{MPa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_b=1.5$
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu}=0.85\frac{f_{c28}}{\gamma_b}=14.17\text{MPa}$
- Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\sigma_{bc}=0.6f_{c28}=15\text{MPa}$

■ Acier

- Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE500
- Limite d'élasticité $f_e=500\text{Mpa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_s=1.15$
- Coefficient d'adhérence : $\eta=1.6$
- Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable :
$$\sigma_s=\min\left(\frac{2}{3}f_e; 110\sqrt{\eta \times f_{t28}}\right)=250\text{MPa}$$
- $\sigma_{st}=\frac{f_e}{\gamma_s}=435\text{Mpa}$

■ Sol

- Poids volumique des remblais : $\gamma_d=21\text{kN/m}^3$

- Coefficient de poussée : $k_a=0.33$
- Contrainte admissible du sol de fondation : $\sigma_{sol}=0.15\text{MPa}$

→ Principe de calcul des efforts et des sollicitations

Les calculs seront faits pour une bande de 1 mètre linéaire de longueur de dalot.

→ Etat limite de calcul considéré

La fissuration est considérée comme préjudiciable donc le calcul des armatures sera fait à l'état limite de service ELS.

II) Prédimensionnement des épaisseurs du dalot

Par souci d'uniformité, on adoptera la même épaisseur pour le tablier, les piédroits et le radier.

L'épaisseur de la traverse supérieure peut être déterminée par la formule suivante :

$$e = \frac{l}{32} + 0,125 \text{ où } l \text{ désigne l'ouverture biaise de l'ouvrage.}$$

$$e = \frac{2}{32} + 0.125$$

$$e = 0,187 \text{ m}$$

On choisira **$e=0,25\text{m}$** comme épaisseur.

III) Caractéristiques du dalot

- Dalot cadre de $1 \times 2 \times 1$
- Largeur du dalot = 26m (largeur de la chaussée $+2 \times 0.5\text{m}$)
- Largeur roulable $L_r = 7\text{m}$
- Largeur chargeable $L_c = 7\text{m}$
- Nombre de voies $n = \text{entier} \left(\frac{L_c}{3} \right) = \text{entier} \left(\frac{7}{3} \right) = 2 \text{ voies}$
- Classe du pont : pont de 1ère classe car $L_r \geq 7\text{m}$
- Epaisseur du béton bitumineux sur le dalot = 5cm

1) Schéma statique du cadre simple

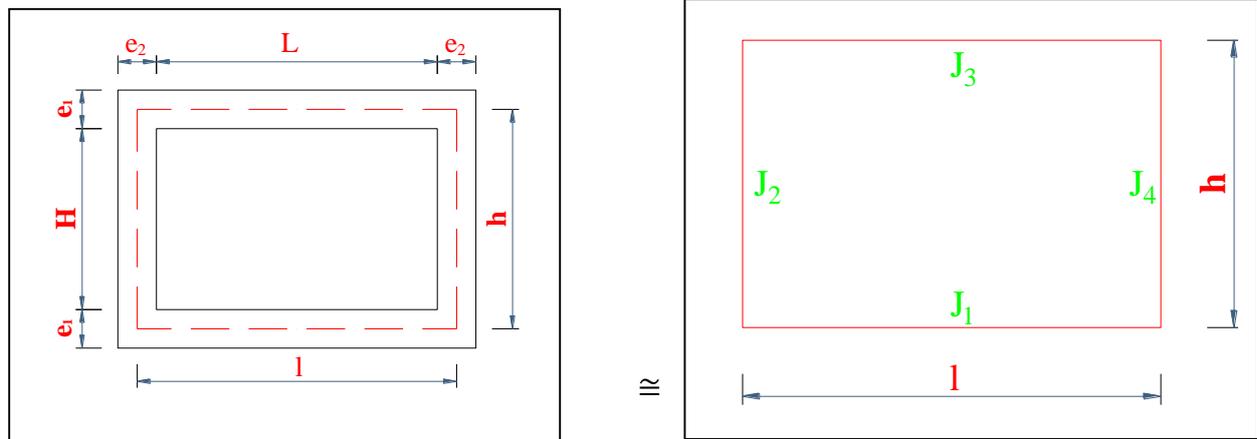


Figure 18 : Schéma statique du cadre simple

Avec :

$$l = 2 + 2 \times \frac{0,25}{2} = 2,25\text{m}$$

$$h = 1 + \frac{0,25}{2} \times 2 = 1,25\text{m}$$

$$J_1 = J_2 = J_3 = J_4 = \frac{b \times e^3}{12} = \frac{1 \times 0,3^3}{12} = 0,00225\text{m}^4$$

2) Calcul des constantes

$$k_1 = \frac{J_3}{J_1}$$

$$k_1 = \frac{0,001302}{0,001302} = 1,00$$

$$k_2 = \frac{J_3}{J_2} \times \frac{h}{L}$$

$$k_2 = \frac{0,000667}{0,000667} \times \frac{1,25}{2,25} = 0,556$$

$$K_1 = 2 \times k_2 + 3$$

$$K_1 = 2 \times 0,556 + 3 = 4,111$$

$$K_2 = 3 k_1 + 2 k_2$$

$$K_2 = 3 \times 1 + 2 \times 0,556 = 4,111$$

$$K3 = 3k2 + 1 - \frac{k1}{5}$$

$$K3 = 3 \times 0,556 + 1 - \frac{1}{5} = 2,467$$

$$K4 = \frac{6k1}{5} + 3k2$$

$$K4 = \frac{6 \times 1}{5} + 3 \times 0,556 = 2,867$$

$$F1 = K1 \times K2 - k2^2$$

$$F1 = 4,111 \times 4,111 - 0,556^2 = 16,593$$

$$F2 = 1 + k1 + 6 \times k2$$

$$F2 = 1 + 1 + 6 \times 0,556 = 5,333$$

Les différentes constantes obtenues seront résumées dans le Tableau 48:

Tableau 48 : récapitulation des valeurs des constantes

Constantes	Valeurs
k1	1
k2	0,556
K1	4,111
K2	4,111
K3	2,467
K4	2,867
F1	16,593
F2	5,333

IV) Calcul des sollicitations au sein des différents éléments de structure du cadre simple sous l'action des différentes charges qui s'y appliquent :

A) CHARGES PERMANENTES

1) Charges permanentes sur le tablier

- Poids propre du tablier : $Pt = e \times 25 \times 1$

$$P(t) = 25 \times 0,25 \times 1 = 6,250 \text{ kN/ml}$$

- Poids du béton bitumineux au-dessus du tablier : $Pr = e \times 24 \times 1$

$$P(bb) = 24 \times 0,05 \times 1 = 1,2 \text{ kN/ml}$$

- Poids propre des gardes corps

$$P(gr) = \frac{25 \times 0,5 \times 0,25 \times 2}{7} = 2,009 \text{ kN/ml}$$

- La charge permanente sur le tablier est :

$$g = P(t) + P(bb) + P(gr)$$

$$g = 6,250 + 1,2 + 2,009 = 9,459 \text{ kN/ml}$$

2) Calcul des moments sur appuis

La Figure 19 schématise les moments sur appuis du tablier

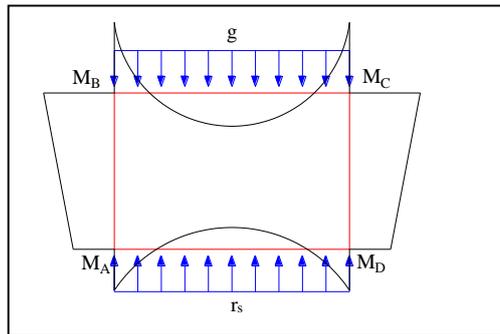


Figure 19 : Moment sur appuis du tablier

- $M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4F_1}(k_1.K_1 - k_2) = -\frac{9,459 \times 2,25^2}{4 \times 16,593}(1 \times 4,111 - 0,556) = -2,565$

$$M_A = M_D = -2,565 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_B = M_C = -\frac{gl^2}{4F_1}(K_2 - k_1.k_2) = -\frac{9,459 \times 2,25^2}{4 \times 16,593}(4,11 - 1 \times 0,556) = -2,565$

$$M_B = M_C = -2,565 \text{ kN.m/ml}$$

3) Détermination des Moments à mi-travées

- $M_{(B-C)} = \frac{gl^2}{8} + M_B = \frac{9,459 \times 2,25^2}{8} - 2,565 = 3,420 \text{ kN.m/ml}$

$$M_{(B-C)} = 3,420 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_{(A-D)} = \frac{gl^2}{8} + M_A = \frac{9,459 \times 2,25^2}{8} - 2,565 = 3,420 \text{ kN.m/ml}$

$$M_{(A-D)} = 3,420 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_{(A-B)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-2,565 - 2,565}{2} = -2,565 \text{ kN.m/ml}$

$$M_{(A-B)} = -2,565 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_{(C-D)} = \frac{M_C + M_D}{2} = \frac{-2,565 - 2,565}{2} = -2,565 \text{ kN.m/ml}$

- $M_{(C-D)} = -2,565 \text{ kN.m}$

4) Détermination des Efforts normaux

- $N_{(A-D)} = N_{(B-C)} = \frac{M_B - M_A}{h'}$

$$N_{(A-D)} = N_{(B-C)} = 0$$

- $N_{(A-B)} = N_{(C-D)} = \frac{gl}{2} = \frac{9,459 \times 2,25}{2} = 10,641$

$$N_{(A-B)} = N_{(C-D)} = 10,641 \text{ kN}$$

A-2) Charges permanentes et sollicitations dues aux piédroits

$$\text{Poids propre des piédroits : } P = 25 \times 1,25 \times 0,25 \times 1 = 7,813 \text{ kN}$$

$$\text{La réaction du sol est : } R_s = \frac{2P}{l'} = \frac{2 \times 7,813}{2,25} = 6,944 \text{ kN/ml}$$

1) Moments sur appuis

La Figure 20 schématise les moments sur appuis du piédroit :

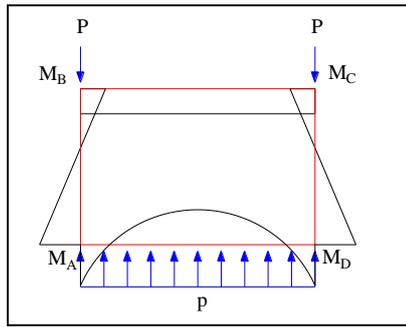


Figure 20 : Moment sur appuis des piédroits

- $M_A=M_D= -\frac{P \times l \times k1 \times K1}{2F1} = -\frac{7,813 \times 2,25 \times 1 \times 4,11}{2 \times 16,593} = -2,178$

$M_A= M_D= -2,178 \text{ kN.m/ml}$

- $M_B=M_C= \frac{P \times l \times k1 \times k2}{2F1} = \frac{7,813 \times 2,25 \times 1 \times 0,556}{2 \times 16,593} = 0,294$

- $M_B=M_C = 0,294 \text{ kN.m/ml}$

2) Moments en mi- travées

- $M_{(B-C)}= \frac{M_B+M_C}{2} = \frac{0,294+0,294}{2} = 0,294$

$M_{(B-C)}=0,294 \text{ kN.m/ml}$

- $M_{(A-D)}= \frac{R_s \times l^2}{8} + M_A= \frac{6,944 \times 2,25^2}{8} - 2,178= 2,217$

$M_{(A-D)}= 2,217 \text{ kN.m/ml}$

- $M_{(A-B)}= \frac{M_A+M_B}{2} = \frac{0,294-2,178}{2} = -0,942$

$M_{(A-B)}= -0,942 \text{ kN.m/ml}$

- $M_{(C-D)}= \frac{M_C+M_D}{2} = \frac{0,294-2,178}{2} = -0,942$

$M_{(C-D)}= -0,942 \text{ kN.m/ml}$

3) Efforts normaux

- $N_{(A-D)}= N_{(B-C)}= \frac{3 \times P \times l \times k1 \times (1+k2)}{2 \times h \times F1} = \frac{3 \times 7,813 \times 2,25 \times 1 \times (1+0,556)}{2 \times 1,25 \times 16,593} = 1,978 \text{ kN}$

$$N_1 = -N_3 = 1,978 \text{ kN}$$

- $N_{(A-B)} = N_{(C-D)} = P = 7,813 \text{ kN}$

A-3) Charges permanentes et sollicitations dues au radier

Poids propre du radier : $Pr = e \times 25 \times 1$

$$P(t) = 25 \times 0,25 \times 1 = 6,250 \text{ kN/ml}$$

Charges permanente sur le radier g :

$$g = Pr = 6,250 \text{ kN/ml}$$

1) Calcul des moments sur appuis

La Figure 21 schématise les moments sur appuis du radier :

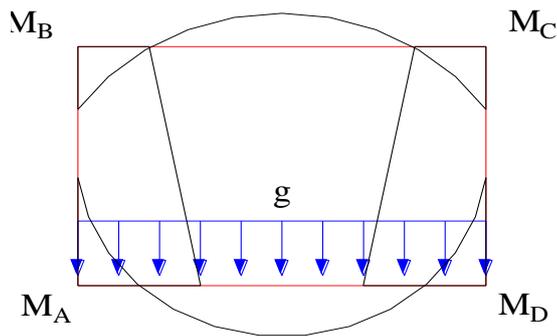


Figure 21 : Moment sur appuis du radier

- $M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4F_1}(k_1.K_1 - k_2) = -\frac{6,250 \times 2,25^2}{4 \times 16,593}(1 \times 4,111 - 0,556) = -1,695$

$$M_A = M_D = -1,695 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_B = M_C = -\frac{gl^2}{4F_1}(K_2 - k_1.k_2) = -\frac{6,250 \times 2,25^2}{4 \times 16,593}(4,11 - 1 \times 0,556) = -1,695$

$$M_B = M_C = -1,695 \text{ kN.m/ml}$$

2) Détermination des Moments à mi-travées

- $M_{(B-C)} = \frac{gl^2}{8} + M_B = \frac{6,250 \times 2,25^2}{8} - 1,695 = 2,260 \text{ kN.m/ml}$

$$M_{(B-C)} = 2,260 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_{(A-D)} = \frac{gl^2}{8} + M_A = \frac{6,250 \times 2,25^2}{8} - 1,695 = 2,260 \text{ kN.m/ml}$

$$M_{(A-D)} = 2,260 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_{(A-B)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-1,695 - 1,695}{2} = -1,695 \text{ kN.m/ml}$

$$M_{(A-B)} = -1,695 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_{(C-D)} = \frac{M_C + M_D}{2} = \frac{-1,695 - 1,695}{2} = -1,695 \text{ kN.m/ml}$

$$M_{(C-D)} = -1,695 \text{ kN.m/ml}$$

3) Détermination des Efforts normaux

- $N_{(A-D)} = N_{(B-C)} = \frac{M_B - M_A}{h}$

$$N_{(A-D)} = N_{(B-C)} = 0$$

- $N_{(A-B)} = N_{(C-D)} = \frac{gl}{2} = \frac{6,250 \times 2,25}{2} = 7,031$

$$N_{(A-B)} = N_{(C-D)} = 7,031 \text{ kN}$$

A-3) Calcul des sollicitations sous l'action des poussées des terres

La **Figure 22** schématise les sollicitations sous l'action des poussées des terres :

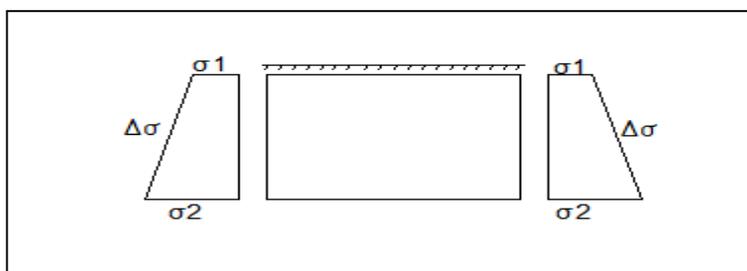


Figure 22 : Sollicitations sous l'action des poussées des terres

✚ Poussée des terres à la tête de σ_1

$$\sigma_1 = \gamma d * (e_{bb} + \frac{e_1}{2})$$

$$\sigma_1 = 24 \times (0,05 + \frac{0,25}{2}) = 4,2 \text{ kN/m}^2$$

✚ Poussée des terres à la tête de σ_2

$$\sigma_2 = ka * \gamma d * \left(h + e_{bb} + \frac{e_1}{2} \right)$$

$$\sigma_2 = 0,333 \times 24 \left(1,25 + \frac{0,25}{2} + 0,05 \right) = 11,286 \text{ kN/m}^2$$

✚ Delta σ

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 7,086 \text{ kPa}$$

1) Moments sur appuis

- $$M_A = M_D = -\frac{k^2(k^2+3)}{4F_1} \times \sigma_1 \times h^2 - \frac{k^2(3k^2+8)}{20F_1} \times \Delta\sigma \times h^2$$

$$= -\frac{0,556(0,556+3)}{4 \times 16,593} \times 4,2 \times 1,25^2 - \frac{0,556(3 \times 0,556+8)}{20 \times 16,593} \times 7,086 \times 1,25^2$$

$$M_A = M_D = -0,374 \text{ kN.m/ml}$$

- $$M_B = M_C = -\frac{k^2(3k^1+k^2)}{4F_1} \times \sigma_1 \times h^2 - \frac{k^2(7k^1+2k^2)}{20F_1} \times \Delta\sigma \times h^2$$

$$= -\frac{0,556(3 \times 1 + 0,556)}{4 \times 16,593} \times 4,2 \times 1,25^2 - \frac{0,556(7 \times 1 + 2 \times 0,556)}{20 \times 16,593} \times 7,086 \times 1,25^2$$

$$M_B = M_C = -0,346 \text{ kN.m/ml}$$

2) Moments à mi- travées

- $$M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = \frac{\sigma_1 \times h^2}{8} + \frac{\Delta\sigma \times h^2}{12} + \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$= \frac{4,2 \times 1,25^2}{8} + \frac{7,086 \times 1,25^2}{12} + \frac{-0,374 - 0,346}{2}$$

$$M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = 1,383 \text{ kN.m/ml}$$

- $$M_{(A-D)} = \frac{M_A + M_D}{2}$$

$$M_{(A-D)} = -0,374 \text{ kN.m/ml}$$

- $$M_{(B-C)} = \frac{M_B + M_C}{2}$$

$$M_{(B-C)} = -0,346 \text{ kN.m/ml}$$

3) Efforts normaux

- $$N_{(A-B)} = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_2}{6} \times h + \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l}$$

$$= \frac{4,2 + 2 \times 11,286}{6} \times 1,25 + \frac{-0,346 + 0,374}{1,25} + 0$$

$N_1 = 5,601 \text{ kN}$

- $N_{(A-B)} = N_{(C-D)} = 0$

- $$N_3 = \frac{2\sigma_1 + \sigma_2}{6} \times h + \frac{M_A - M_B}{h} + \frac{M_C - M_B}{l}$$

$$= \frac{2 \times 4,2 + 11,286}{6} \times 1,25 + \frac{-0,374 + 0,346}{1,25} + 0$$

$N_3 = 4,078 \text{ kN}$

B) Charges d'exploitation ou charges variables

Les charges d'exploitation sont déterminées à partir des systèmes de charge A et B distincts et indépendants.

B-1) Calcul des surcharges sous l'action du système A

Pour ce système, la chaussée supporte une charge uniforme d'intensité A(l). La longueur et la largeur sont choisies de manière à produire les effets maximums dans les éléments à calculer. Après calcul, nous obtenons les résultats du **Tableau 49** :

Tableau 49 : Les surcharges sous le système A

Calcul des surcharges sous l'action du système A	
Charge uniforme A(l) (kN/m ²)	25,40
Coefficient a1	1,00
Coefficient a2	1,00
Charge A1(kN/	25,40
Charge A2 (kN/m ²)	25,40

B-2) Calcul des surcharges sous l'action du système B

a) Cas du sous-système Bc

Le système Bc est un convoi composé d'une file de deux camions de 30 tonnes chacun schématisé sur la **Figure 23**. Selon le 61 titre II, on ne peut pas disposer plus de file que de voies, même si cela est possible.

Dans notre cas, nous pouvons disposer 2 files de 2 essieux de 12T chacun cote à cote.

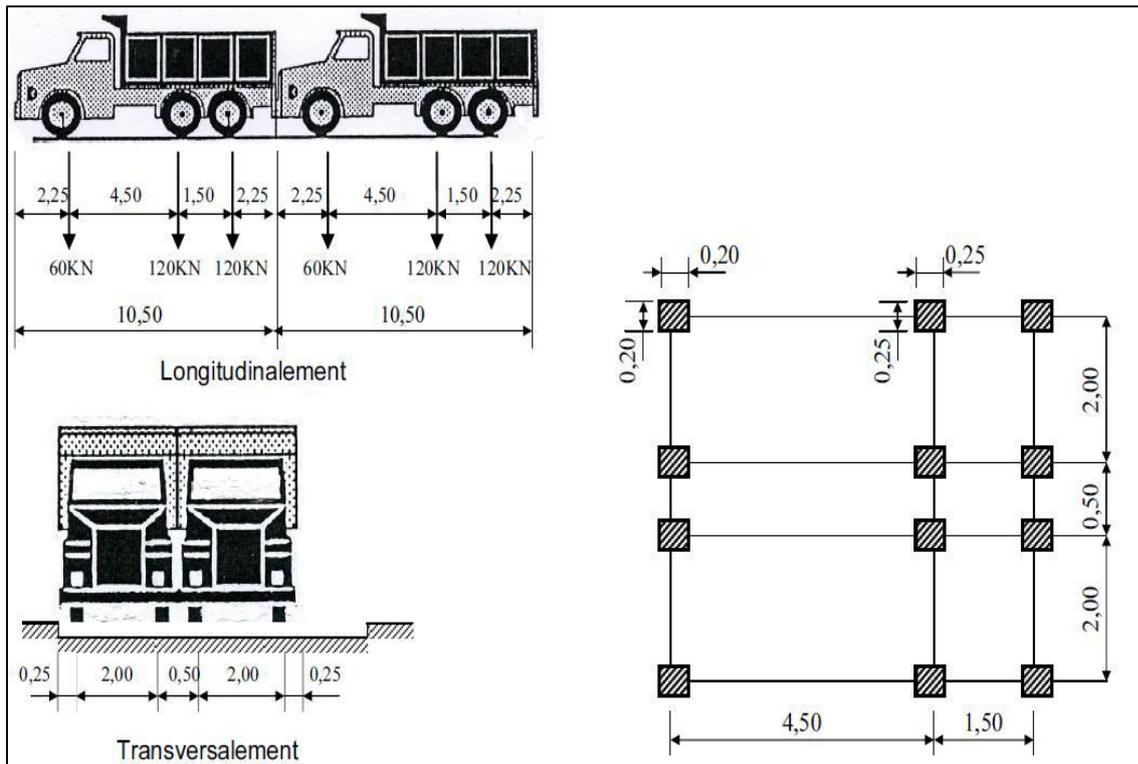


Figure 23 : Surcharge sous le système Bc

La détermination de la charge roulante de calcul Q_{bc} est résumée dans le **Tableau 50** :

Tableau 50 : Les surcharges sous le système Bc

Détermination de la charge roulante Q_{bc}	
Nombre de files de camions à disposer transversalement	2
Encombrement latéral d'un camion	2,5m

Nombre d'impact de roues sur l'ouvrage	8
Coefficient de majoration	1,1
Encombrement total des camions	5m
Valeur de la charge roulante Qbc	42,667kN/m ²
« L » pour le calcul du coefficient dynamique	7m
« G » pour le calcul du coefficient dynamique	148,978
« Q » pour le calcul du coefficient dynamique	528,00kN
Coefficient dynamique δ	1,449
Charges roulante Qbc sur 1ml	69,338 kN/m

Encombrement total des camions (elt)

Nombre de files × encombrement latéral d'un camion = 2 × 2,5 = 5m

Valeur de la charge roulante qBC

$$qBC = \frac{qr \times n}{elt \times l}$$

$$qBC = \frac{(60 \times 8)}{5 \times 2,25}$$

$$qBC = 42,667 \text{ kN/m}^2$$

Paramètres de calcul du coefficient dynamique

$$"L" = (l_r ; l) = \max(7 ; 2,25) = 7m$$

$$G = l \times L \times g_{tablier}$$

$$G = 2,25 \times 7 \times 9,459 = 148,978 \text{ kN}$$

$$Q = n \times qr \times C_{BC} = 8 \times 60 \times 1,1 = 528 \text{ kN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,2 \times 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{148,978}{1,449}} = 1,449$$

$$\delta = 1,449$$

$$D'où Q_{Bc} = 42,667 \times 1,449 \times 1,1 = 67,985 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{Bc} = 67,985 \text{ kN/m}^2$$

Sur 1mètre linéaire, on aura: $Q_{bc} = 67,985 \text{ kN/m}$

b) Cas du sous-système Bt

C'est un tandem de deux essieux de 16 tonnes chacun soit $S=640\text{kN}$ illustré sur la **Figure 24**. Selon les prescriptions du fascicule 61 titre II, nous ne pouvons disposer plus deux tandems quel que soit la largeur de la voie. Comme pour le système Bc, les charges de ce système Bt sont affectées d'un coefficient de pondération bt égale à 1.00 dans le cas des dalots de première classe.

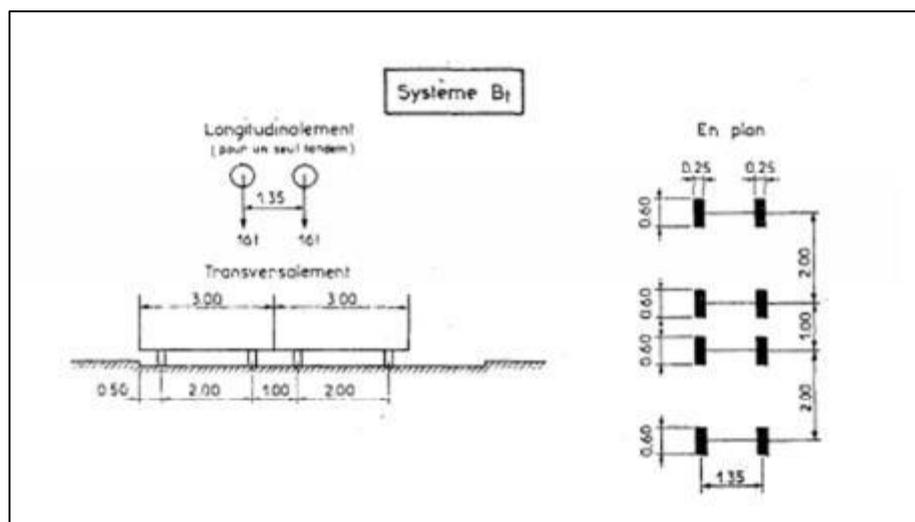


Figure 24 : Surcharge sous le système Bt

La détermination de la charge roulante de calcul Q_{bc} est résumée dans le Tableau 51 :

Tableau 51 : Les surcharges sous le système Bt

Détermination de la charge roulante Qbt	
Nombre de file de camions à disposer transversalement (= nbre de voies)	2
Encombrement latéral d'un camion.	3,00
Nombre d'impact roues sur l'ouvrage	8
Poids défavorable d'une roue d'impact	80,000 kN
Coefficient majorateur de la charge Bt	1,000
Encombrement total des camions	6 m
Valeur de la charge roulante qBt	47,407 KN/m ²
"L" Pour le calcul du coefficient dynamique	7,000 m
"G" Pour le calcul du coefficient dynamique	148,978 kN
"Q" Pour calcul du coefficient dynamique	640,000 kN
Calcul du coefficient dynamique δ	1,477
Valeur de la charge roulante qBtcalcul	70,038kN/ml

Encombrement total des camions (elt)

Nombre de file × encombrement latéral d'un camion = 2 × 3 =6

Valeur de la charge roulante qBt

$$q_{BC} = \frac{qr \times n}{elt \times l}$$

$$q_{BC} = \frac{(80 \times 8)}{6 \times 2,25}$$

$$q_{BC} = 47,407 \text{ kN/m}^2$$

Paramètres de calcul du coefficient dynamique

$$"L" = (l_r ; l) = \max(7 ; 2,25) = 10\text{m}$$

$$"G" = l \times P_{tab} = 2,25 \times 9,459 = 148,978 \text{ kN}$$

$$"Q" = n \times qr \times C_{BC} = 8 \times 80 \times 1 = 640 \text{ kN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{Q}}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,2 \times 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{148,978}{640}} = 1,477$$

$$\delta = 1,477$$

D'où $Q_{Bt} = 47,407 \times 1,477 \times 1 = 70,038 \text{ kN/m}^2$

$$Q_{Bt} = 70,038 \text{ kN/m}^2$$

Sur 1mètre linéaire, on aura: $Q_{bt} = 70,038 \text{ kN/m}$

B-3) Choix de la surcharge routière la plus contraignante

Après comparaison, nous constatons que le système B_t est le plus défavorable avec $q_{Bt} = 70,038 \text{ kN/m}^2$ soit $q = 70,038 \text{ kN/m}$ en l'appliquant sur 1 mètre linéaire.

Cette surcharge sera utilisée pour notre étude.

B-4) Calcul des sollicitations sous l'action du système B_t

Nous avons représenté sur la Figure 25 les sollicitations sous l'action du système B_t :

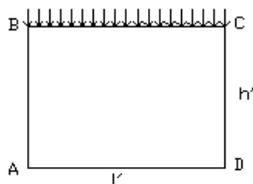


Figure 25 : Sollicitations sous l'action B_t

1) Détermination des Moments sur appuis

$$\bullet \quad M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4F_1}(k_1.K_1 - k_2) = -\frac{70,038 \times 2,25^2}{4 \times 16,593}(1 \times 4,111 - 0,556) = -18,986$$

$$M_A = M_D = -18,986 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = M_A = M_D = -18,986 \text{ kN.m/ml}$$

2) Détermination des Moments à mi-travées

$$\bullet \quad M_{(B-C)} = \frac{gl^2}{8} + M_B = \frac{70,038 \times 2,25^2}{8} - 18,986 = 25,326 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B-C)} = 25,326 \text{ kN.m/ml}$$

- $M_{(A-D)} = \frac{gl^2}{8} + M_A = \frac{70,038 \times 2,25^2}{8} - 18,986 = 25,326 \text{ kN.m/ml}$

$M_{(A-D)} = 25,326 \text{ kN.m/ml}$

- $M_{(A-B)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-18,986 - 18,986}{2} = -18,986 \text{ kN.m/ml}$

$M_{(A-B)} = -18,986 \text{ kN.m/ml}$

- $M_{(C-D)} = \frac{M_C + M_D}{2} = \frac{-18,986 - 18,986}{2} = -18,986 \text{ kN.m/ml}$

$M_{(C-D)} = -18,986 \text{ kN.m/ml}$

3) Détermination des Efforts normaux

- $N_{(A-D)} = N_{(B-C)} = \frac{M_B - M_A}{h'}$

$N_{(A-D)} = N_{(B-C)} = 0$

- $N_{(A-B)} = N_{(C-D)} = \frac{gl}{2} = \frac{70,038 \times 2,25}{2} = 78,793$

$N_{(A-B)} = N_{(C-D)} = 10,641 \text{ kN}$

B-5) Calcul des sollicitations sous l'action des surcharges routières de remblai d'accès

Nous avons représenté sur la Figure 26 les sollicitations sous des surcharges routières de remblai d'accès :

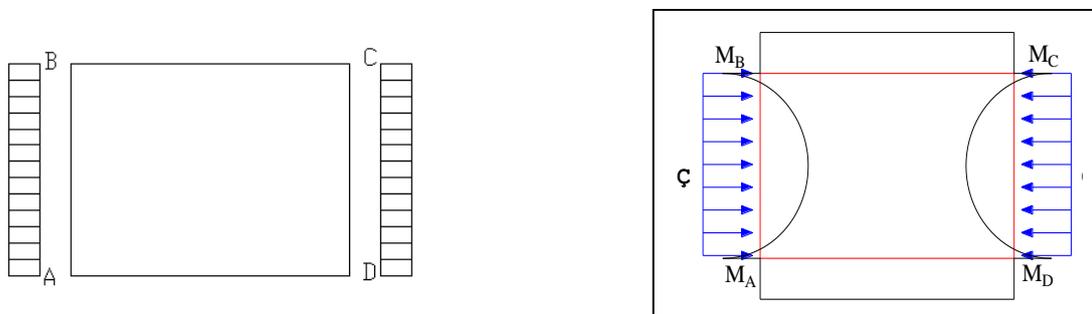


Figure 26 : Sollicitations sous l'action des surcharges routières de remblai d'accès

Cette surcharge est de $q=10\text{kN/m}^2$.

a) Calcul de la charge

- la contrainte horizontale σ est $\sigma=ka \times q=3,33\text{kN/m}^2$
- la résultante $R= \sigma \times h =4,29 \text{ kN/m}^2$

b) Moments aux appuis

- $M_A=M_D= M_B=M_C= -\frac{k2(k2+3)}{4F1} \times \sigma \times h^2$

$$M_A=M_D= M_B=M_C = -\frac{0,556(0,556+3)}{4 \times 16,593} \times 3,33 \times 1,25^2 = -0,153 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_A=M_D =M_B=M_C = -0,153 \text{ kN.m/ml}$$

c) Moments en mi-travées

- $M_{(A-B)}=M_{(C-D)}=\frac{\sigma \times h^2}{8} + \frac{M_A+M_B}{2} = \frac{3,33 \times 1,25^2}{8} - 0,153 = 0,491 \text{ kN.m}$

$$M_{(A-B)}=0,491 \text{ kN.m}$$

- $M_{(B-C)} = M_{(A-D)}=\frac{M_B+M_C}{2} = -0,153 \text{ kN.m/ml}$

$$M_{(B-C)} = M_{(A-D)}=-0,153 \text{ kN.m/ml}$$

d) Efforts normaux

- $N_{A-B}=N_{C-D} = 0\text{kN}$

- $N_{A-D}=N_{B-C} = \frac{\sigma \times h}{2} = \frac{3,33 \times 1,25}{2} = 2,063\text{kN}$

$$N_1=N_3=2,063 \text{ kN}$$

B-6) Charges variables des remblais d'accès 1 coté

Nous avons représenté sur la **Figure 27** les charges variables des remblais d'accès 1 coté :

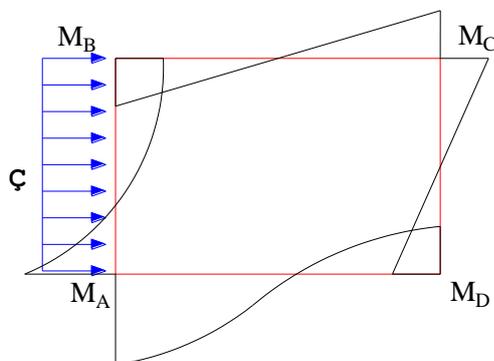


Figure 27 : Charges variables des remblais d'accès 1 coté.

 Charges variables sur remblais

$$\sigma (q) = 0,333 \times 10 = 3,33 \text{ kN/m}^2$$

 Détermination des inconnues hyperstatiques : Moments d'appui

$$M_A = \frac{\frac{\sigma \times h^2}{4}(-k_2 \times (k_2 + 3))}{(2 \times F_1)} - \frac{K_3 + k_2}{F_2}$$

$$M_A = \frac{3,33 \times 1,25^2}{4}(-0,556 \times (0,556 + 3)) / (2 \times 16,593) - (2,467 + 0,556) / 5,33$$

$$M_A = -0,807 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_D = (\sigma \times h^2) \div (4) (-k_2 \times (k_2 + 3)) / (2 \times F_1) + (K_3 + k_2) \div F_2$$

$$M_D = \frac{3,33 \times 1,25^2}{4}(-0,556 \times (0,556 + 3)) / (2 \times 16,593) + (2,467 + 0,556) / 5,33$$

$$M_D = 0,654 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = (\sigma \times h^2) \div (4) (-k_2 \times (k_2 + 3 \times k_1)) / (2 \times F_1) + (K_4 - k_2) \div F_2$$

$$M_B = \frac{3,33 \times 1,25^2}{4}(-0,556 \times (0,556 + 3 \times 1)) / (2 \times 16,593) + (2,86 - 0,556) / 5,33$$

$$M_B = 0,482 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_C = (\sigma \times h^2) \div (4) (-k_2 \times (k_2 + 3 \times k_1)) / (2 \times F_1) - (K_4 - k_2) \div F_2$$

$$M_C = \frac{3,33 \times 1,25^2}{4}(-0,556 \times (0,556 + 3 \times 1)) / (2 \times 16,593) - (2,86 - 0,556) / 5,33$$

$$M_C = -0,635 \text{ kN.m/ml}$$

 Les moments à mi-portée

$$\circ M_{(A-B)} = \frac{\sigma \times h^2}{8} + \frac{(M_A + M_B)}{2}$$

$$M_{(A-B)} = \frac{3,33 \times 1,25^2}{8} - \frac{(-0,807 + 0,482)}{2} = 0,482 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{AB} = 0,482 \text{ kN.m/ml}$$

$$\circ M_{(C-D)} = \frac{(M_C + M_D)}{2} = 0,009 \text{ kN.m}$$

$$\circ M_{(B-C)} = M_{(A-D)} = \frac{(M_C + M_B)}{2} = -0,077 \text{ kN.m/ml}$$

 Les efforts normaux

$$\circ N_{(A-D)} = \sigma \times h - N_{(C-D)} = 3,33 \times 2,25 - 0,497$$

$$N_{(A-D)} = 3,094 \text{ kN}$$

$$\circ N_{(B-C)} = \frac{(MB + MC)}{l}$$

$$N_{(B-C)} = \frac{0,654 - 0,635}{2,25}$$

$$N_{(B-C)} = 1,031 \text{ kN}$$

$$\circ N_{(C-D)} = N_{(A-B)} = \frac{MD + MB}{l}$$

$$N_{(C-D)} = N_{(A-B)} = -0,497 \text{ kN}$$

B-6) Calcul des sollicitations sous l'action des forces de freinage

D'après le fascicule 61 titre II la force de freinage est utilisée uniquement lorsque le moment max est dû au système Bc. Et elle équivaut à la moitié de la charge totale d'un camion d'essieu 12t. Elle est illustrée sur la **Figure 28**.

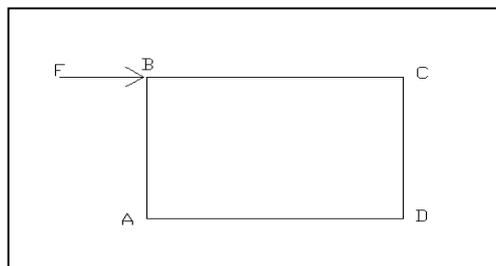


Figure 28 : Sollicitations sous l'action des forces de freinage

Dans les autres cas, comme dans le nôtre où le moment max est dû au système Bt on peut ignorer l'effet de la force de freinage.

Ces calculs nous ont permis d'obtenir les résultats suivants résumés dans le Tableau 52 :

Tableau 52 : Récapitulatif des sollicitations

		Piédroits			Tablier		Piédroits			Radier	Radier	Piédroits		Table
		MA	M(A-B)	MB	M(B-C)	MC	M(C-D)	MD	M(A-D)	N(AD)	N(AB)	N(CD)	N(BC)	
Tablier	1	-2,565	-2,565	-2,565	3,420	-2,565	-2,565	-2,565	3,420	0,000	10,641	10,641	0,000	
Piédroits	2	-2,178	-0,942	0,294	0,294	0,294	-0,942	-2,178	2,217	1,978	7,813	7,813	-1,978	
Radier	3	-1,695	-1,695	-1,695	2,260	-1,695	-1,695	-1,695	2,260	0,000	7,031	7,031	0,000	
Poussée terre	4	-0,374	1,383	-0,346	-0,346	-0,346	1,383	-0,374	-0,374	5,601	0,000	0,000	4,078	
Charge B (Bc;Bt;Br)	5	-18,995	-18,995	-18,995	41,551	-18,995	-18,995	-18,995	25,326	0,000	147,737	147,737	0,000	
Remblai 2 coté	6	-0,153	0,491	-0,153	-0,153	-0,153	0,491	-0,153	-0,153	2,063	0,000	0,000	2,063	
Remblai 1 coté	7	-0,807	0,482	0,482	-0,077	-0,635	0,009	0,654	-0,077	3,094	-0,497	0,497	1,031	
Freinage	8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

Charges Permanentes	1+2+3+4	-6,812	-3,819	-4,312	5,629	-4,312	-3,819	-6,812	7,523	7,578	25,485	25,485	2,101
Charges Variables V1	5+6	-19,148	-18,504	-19,148	41,398	-19,148	-18,504	-19,148	25,173	2,063	147,737	147,737	2,063
Charges Variables V2	5+7	-19,802	-18,513	-18,513	41,474	-19,630	-18,986	-18,341	25,250	3,094	147,240	148,233	1,031
Charges Variables V3	5+8	-18,995	-18,995	-18,995	41,551	-18,995	-18,995	-18,995	25,326	0,000	147,737	147,737	0,000
Charges Variables V4	5+6+8	-19,148	-18,504	-19,148	41,398	-19,148	-18,504	-19,148	25,173	2,063	147,737	147,737	2,063
Charges Variables V5	5+7+8	-19,802	-18,513	-18,513	41,474	-19,630	-18,986	-18,341	25,250	3,094	147,240	148,233	1,031
Max de charges variables		-19,802	-18,995	-19,148	41,551	-19,630	-18,995	-19,148	25,326	3,094	147,737	148,233	2,063

Sollicitation (ELS)		-30,575	-26,613	-27,290	55,490	-27,868	-26,613	-29,790	37,914	11,291	202,769	203,365	4,576
		MA	M(A-B)	MB	M(B-C)	MC	M(C-D)	MD	M(A-D)	N(AD)	N(AB)	N(CD)	N(BC)
			Piédroits		Tabier		Piédroits		Radier	Radier	Piédroits		Tabier

C/ Calcul des armatures des éléments du dalot

1) Armatures du tablier

a) Armatures en travée

$$M_{ser} = G + 1,20 \times S$$

$$M_{ser} = 5,629 + 1,2 \times 41,551 = 55,49 \text{ kN.m/ml}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,849$$

$$y_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,849 \times 0,225 = 0,191 \text{ m}$$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,225 - \frac{0,191}{3} = 0,161 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \bar{\sigma}_{ser} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,161 \times 0,191 \times 15 = 231,138 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow$ pas d'acier comprimé ;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{55,49 \times 10^{-3}}{0,161 \times 250} = 13,759 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,225 \times \frac{2,1}{500} = 2,174 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$;

La section d'acier retenu est $A_{st} = 13,759 \text{ cm}^2$

Acier transversaux:

La section des armatures transversales correspond au tiers de la section.

On obtient ainsi :

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times 13,759$$

$$A_{st} = 4,586 \text{ cm}^2$$

b) Armatures sur appuis

$$M_{ser} = 30,575 \text{ kN.m/ml}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,849$$

$$y_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,849 \times 0,225 = 0,191 \text{ m}$$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,225 - \frac{0,191}{3} = 0,161 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \bar{\sigma}_{ser} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,161 \times 0,191 \times 15 = 231,138 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow$ pas d'acier comprimé ;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{27,868 \times 10^{-3}}{0,161 \times 250} = 6,91 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,225 \times \frac{2,1}{500} = 2,174 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{stmin} ;$$

La section d'acier retenu est $A_{st} = 6,910 \text{ cm}^2$

Acier transversaux:

La section des armatures transversales correspond au tiers de la section.

On obtient ainsi :

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times 6,910$$

$$A_{st} = 2,303 \text{ cm}^2$$

2) Armatures des piédroits

$$M = 26,613 \text{ kN.m/ml}$$

$$N = 203,365 \text{ kN/ml}$$

$$ea = \max(2 \text{ cm} ; H/250)$$

$$\rightarrow ea = 2 \text{ cm}$$

$$e1 = \frac{M}{N} + ea = \frac{-26,613}{203,365} + 0.02 = 15,086 \text{ cm}$$

a) Sollicitations ultimes corrigées pour le flambement

Longueur de flambement

$$lf = 0,6 \times l_0 = 0,6 \times 1,25 \text{ m} = 62,50 \text{ cm}$$

$$\frac{lf}{h} = \frac{62,50}{0,25 \times 100} = 2,5$$

Excentricité du 2nd ordre :

$$e_2 = d - \frac{h}{2} = 0,225 - \frac{0,25}{2} = 0,109 \text{ cm}$$

Excentricité :

$$e_t = e_1 + e_2$$

$$e_t = 15,086 + 0,109$$

$$e_t = 15,196 \text{ cm}$$

Sollicitations ramenées au centre de gravité des aciers tendus

$$e_A = e_t + \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

$$e_A = 15,196 + \left(0,225 - \frac{0,25}{2}\right) \times 100$$

$$e_A = 25,196 \text{ cm}$$

$$M_{ser A} = N_{ser} \times e_A$$

$$M_{ser A} = 25,196 \times 10^{-2} \times 203,365 = 51,239 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{u A} = N_u \times e_A$$

$$M_{u A} = 68,799 \text{ kN.m/ml}$$

Calcul des sections d'armatures :

Moment réduit :

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{68,799}{51,239} = 1,343$$

$$\mu_{lu} = 0,341 \times \gamma - 0,1776 = 0,280$$

Nous avons une section partiellement comprimée.

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} = 0,096$$

$\mu_u \leq \mu_{lu} \rightarrow$ pas d'acier comprimé ;

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,096}) = 0,126$$

$$Z_u = d(1 - 0,4 \alpha_u) = 0,225(1 - 0,4 \times 0,126) = 0,214 \text{ m}$$

$$A = \frac{M_u A}{z_u A \times \sigma_s} = \frac{68,799 \times 10^{-3}}{0,214 \times 435} = 7,40 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A - \frac{N_u}{\sigma_s} = 0,000740 - \frac{202,769 \times 10^{-3}}{435} = 2,73 \text{ cm}^2$$

Acier transversaux:

La section des armatures transversales correspond au tiers de la section.

On obtient ainsi :

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times 2,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = \mathbf{0,91 \text{ cm}^2}$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 2,292 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenu est **2,174 cm²**

$$A_{st} = \max(A_{st} \text{ à ELU}; A_{st} \text{ à ELS}) = \mathbf{2,174 \text{ cm}^2}$$

3) Armatures du radier

c) Armatures en travée

$$M_{ser} = G + 1,20 \times S$$

$$M_{ser} = 7,523 + 1,2 \times 25,326 = 37,914 \text{ kN.m/ml}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,849$$

$$y_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,849 \times 0,225 = 0,191 \text{ m}$$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,225 - \frac{0,191}{3} = 0,161 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \bar{\sigma}_{ser} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,161 \times 0,191 \times 15 = 231,138 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow$ pas d'acier comprimé ;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{37,914 \times 10^{-3}}{0,161 \times 250} = 9,401 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,225 \times \frac{2,1}{500} = 2,174 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$;

La section d'acier retenu est $A_{st} = 9,401 \text{ cm}^2$

Acier transversaux:

La section des armatures transversales correspond au tiers de la section.

On obtient ainsi :

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times 9,401$$

$$A_{st} = 3,134 \text{ cm}^2$$

d) Armatures sur appuis

$$M_{ser} = 30,575 \text{ kN.m/ml}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,849$$

$$y_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,849 \times 0,225 = 0,191 \text{ m}$$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,225 - \frac{0,191}{3} = 0,161 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \bar{\sigma}_{ser} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,161 \times 0,191 \times 15 = 231,138 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow$ pas d'acier comprimé ;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{30,575 \times 10^{-3}}{0,161 \times 250} = 7,581 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,225 \times \frac{2,1}{500} = 2,174 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$;

La section d'acier retenu est $A_{st} = 7,581 \text{ cm}^2$

Acier transversaux:

La section des armatures transversales correspond au tiers de la section.

On obtient ainsi :

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{st} = \frac{1}{3} \times 7,581$$

$$A_{st} = 2,303 \text{ cm}^2$$

Le récapitulatif des sections d'acier du dalot obtenues suite au dimensionnement est résumé dans le **Tableau 53**.

Tableau 53: Sections d'acier du dalot 1X200cmX100cm

		Tablier	Piédroit	Radier
Entre travée	Armatures principales en cm ²	13,759 cm ² Choix : 10 HA14 soit (15,39cm ²) Espacement 10cm	Longitudinaux 2,73 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²)	9,401 cm ² Choix : 10HA12 soit (11,31cm ²) Espacement 10cm
	Armatures de répartition en cm ²	4,586 cm ² Choix : 4 HA14 soit (6,16cm ²) Espacement 25cm	Espacement 25cm Répartition 0,91 cm ²	3,134 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
Sur appuis	Armatures principales en cm ²	6,910 cm ² Choix : 10 HA10 soit (7,85cm ²) Espacement 10cm	Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm	7,581 cm ² Choix : 10 HA10 soit (7,85cm ²) Espacement 10cm
	Armatures de répartition en cm ²	2,303 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm		2,303 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm

En procédant de la même manière, nous avons obtenu également les sections suivantes pour nos différents dalots résumées dans les

Tableau 54, Tableau 55, Tableau 56 et Tableau 57:

Tableau 54:Sections d'acier du dalot 1X100cmX100cm

		Tablier	Piédroit	Radier
Entre travée	Armatures principales en cm ²	6,584 cm ² Choix : 6 HA12 soit (6.79cm ²) Espacement 15cm	Longitudinaux Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²)	5,031 cm ² Choix : 6 HA12 soit (6.79cm ²) Espacement 15cm
	Armatures de répartition en cm ²	1,861 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²)	Espacement 25cm Répartition	1,67 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²)

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages
hydrauliques et des voies d'accès »

		Espacement 25cm	0,725 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²)	Espacement 25cm
Sur appuis	Armatures principales en cm ²	2,637 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	Espacement 25cm	2,97 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
	Armatures de répartition en cm ²	0,879 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm		0,99 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm

Tableau 55: Sections d'acier du dalot 1X100cmX80cm

		Tablier	Piédroit	Radier
Entre travée	Armatures principales en cm ²	5,584 cm ² Choix : 6 HA12 soit (6.79cm ²) Espacement 15cm	Longitudinaux 2,174 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²)	4,386 cm ² Choix : 6 HA12 soit (6.79cm ²) Espacement 15cm
	Armatures de répartition en cm ²	1,861 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm	Espacement 25cm Répartition 0,725 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²)	1,462 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm
Sur appuis	Armatures principales en cm ²	2,17 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	Espacement 25cm	2,375 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
	Armatures de répartition en cm ²	0,879 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm		0,792 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm

Tableau 56: Sections d'acier du dalot 1X80cmX80cm

		Tablier	Piédroit	Radier
Entre travée	Armatures principales en cm ²	5,569 cm ² Choix : 6 HA12 soit (6.79cm ²) Espacement 15cm	Longitudinaux 2,174 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	4,209 cm ² Choix : 6 HA12 soit (6.79cm ²) Espacement 15cm
	Armatures de répartition en cm ²	1,861 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm	Répartition 0,725 cm ²	1,403 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm
Sur appuis	Armatures principales en cm ²	2,17 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm	2,412cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
	Armatures de répartition en cm ²	0,879 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm		0,804 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm

Tableau 57: Sections d'acier du dalot 1X80cmX60cm

		Tablier	Piédroit	Radier
Entre travée	Armatures principales en cm ²	4,525 cm ² Choix : 6 HA12 soit (6.79cm ²) Espacement 15cm	Longitudinaux 2,174 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	3,574 cm ² Choix : 6 HA12 soit (6.79cm ²) Espacement 15cm
	Armatures de répartition en cm ²	1,508 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm	Répartition 0,725 cm ²	1,191 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

Sur appuis	Armatures principales en cm ²	2,174 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm	Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm	2,174 cm ² Choix : 4HA10 soit (3.14cm ²) Espacement 25cm
	Armatures de répartition en cm ²	0,879 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm		0,725 cm ² Choix : 4 HA8 soit (2.01cm ²) Espacement 25cm

ANNEXE VII : ÉTUDE DES COÛTS

N°	Désignation des ouvrages	Uté	Qté	Prix U.	Prix total
0	Installation générale et repli du chantier		1	78 780 000	78 780 000
	Sous total 0				78 780 000
100	TRAVAUX PRÉPARATOIRES				
101	Nettoyage de l'emprise de tous éléments entravant la mise en œuvre des travaux y compris toutes sujétions	m2	15 140	1 042	15 775 880
102	Abattages d'arbres de circonférence supérieure à 1 m y compris toutes sujétions	ENS	1	4 075 500	4 075 500
103	Travaux de purges et substitution de sol de mauvaise qualité y compris toutes sujétions	m3	15 140	12 436	188 281 040
104	Déblais meubles mis en dépôt définitif y compris toutes sujétions	m3	1 636	4 238	6 933 368

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

105	Remblai ordinaire provenant d'emprunt y compris toutes sujétions	m3	1 420	10 948	15 546 160
107	Préparation de la plateforme y compris toutes sujétions	m ²	15 140	789	11 945 460
	<i>Sous total 100</i>				242 557 408
200	CHAUSSEES, ACCOTEMENTS, AMORCES				
201	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation en matériaux graveleux latéritiques naturels y compris toutes sujétions	m3	6 482	12 528	81 206 496
202	Fourniture et mise en œuvre de la couche de base en matériaux latéritiques naturels améliorés par litho stabilisation y compris toutes sujétions	m3	6 482	28 600	185 385 200
	<i>Sous total 200</i>				266 591 696
300	REVETEMENT SUR CHAUSSEE, ACCOTEMENTS, AMORCES				

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

301	Fourniture et mise en œuvre de l'imprégnation y compris toutes sujétions	m2	7 304	1 152	8 414 208
302	Fourniture et mise en œuvre d'un enduit superficiel bicouche y compris toutes sujétions	m2	6 409	1 998	12 805 182
303	Fourniture mise en œuvre du béton bitumineux y compris toutes sujétions	m2	7 304	8 729	63 756 616
304	Fourniture mise en œuvre de pavés de 8 cm y compris toutes sujétions	m2	3 636	14 804	53 827 344
305	Revêtement en béton armé ép. =20cm y compris toutes sujétions	m2	1 963,10	45 203	88 738 009
	<i>Sous total 300</i>				227 541 359
400	ASSAINISSEMENT-DRAINAGE (y compris toutes sujétions)				
401	Démolition de caniveaux existants (toutes dimensions confondues)	ml	50	136 416	6 820 800

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

402	Réalisation de nouveaux caniveaux rectangulaires en béton armé de dimensions variables	m3	979,99	273 808	268 329 102
403	Réalisation de nouveaux dalots longitudinaux en béton armé de dimensions variables	m3	489,85	501 021	245 425 137
	<i>Sous total 400</i>				520 575 039
TOTAL					1 336 045 502

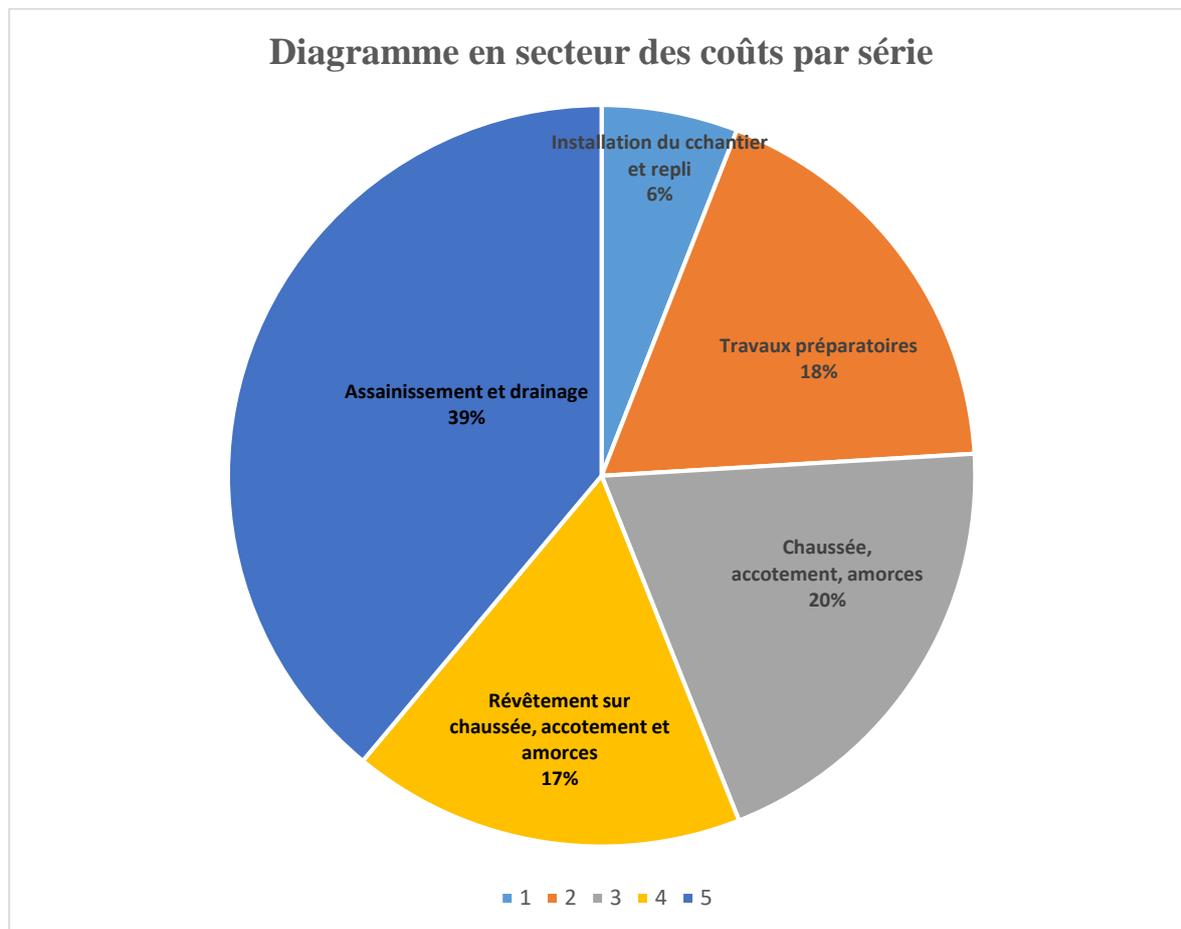


Figure 29: Diagramme en secteur des coûts par série

ANNEXE VIII : ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES)

Tableau 58 : Matrice de Léopold (identification des impacts)

Activités sources d'impacts	Phases du projet	Construction			Exploitation		
		Effets négatifs	Effets positifs	Effet nul	Effets négatifs	Effets positifs	Effet nul
Dégradation de l'environnement			■		■		
Déboisement			■		■		
Pollution de l'air			■			■	
Rejet de gaz le long des routes			■		■		
Amélioration des conditions de vie de la population locale à travers l'assainissement de la zone			■			■	
Destruction de la végétation		■			■		
Destruction de la faune		■			■		
Perturbation du réseau hydrique				■			■
Erosion des sols			■		■		
Poussières			■		■		
Pollution sonore			■			■	

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

L'exploitation des carrières sur l'évolution pédologique des zones d'emprunt						
--	--	---	--	--	--	--

Tableau 59 : Matrice de Fecteau (évaluation des impacts)

Milieu récepteurs		Impacts	Nature	Intensité	Etendue	Durée	Importance absolue
Environnement biophysique	Sol	Erosion du sol	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
		Dégradation des zones d'emprunt	Négative	Moyenne	Locale	Longue	Majeur
	Eau	Stagnation des zones d'emprunt par excavation	Négative	Forte	Ponctuelle	Moyenne	Moyenne
		Perturbation du régime hydrologique	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
		Pollution des eaux par les hydrocarbures et déchets solides	Négative	Faible	Locale	Moyenne	Moyenne

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

	Air	Pollution de l'air par la poussière	Négative	Moyenne	Régionale	Moyenne	Moyenne
		Pollution de l'air par le rejet des gaz (CO, NO2)	Négative	Faible	Régionale	Longue	Majeure
	Faune	Perte d'animaux par accident	Négative	Faible	Locale	Longue	Majeure
	Flore	Pertes d'arbres	Négative	Faible	Locale	Longue	Majeure
	Paysage	Modification du paysage	Négative	Faible	Locale	Longue	Majeure
Environnement humain ou socio-économique	Santé	Propagation des IST et VIH/SIDA	Négative	Moyenne	Régionale	Longue	Majeure
		Amélioration des évacuations sanitaires	Positive	Forte	Régionale	Longue	Majeure
	Sécurité	Amélioration de la fluidité routière	Positive	Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Accidents de travail	Négative	Faible	Locale	Longue	Majeure
	Economie	Création d'emploi	Positive	Moyenne	Locale	Longue	Majeure

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

		Développement d'activités économiques	Positive	Forte	Locale	Longue	Majeure
		Pertes de revenu des personnes	Négative	Faible	Locale	Longue	Moyenne

Tableau 60 : Plan de gestion environnemental et social (PGES)

Activité / Lieu	Aspect	Facteur / Domaine	Impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en oeuvre	Surveillance
Gestion du matériel roulant / Base / Atelier mécanique.	-Stockage des produits liquides polluants et Fuite d'huiles et d'hydrocarbures lors des entretiens mécaniques sur la base et les ateliers mécaniques -Rejets issus des zones de maintenance, de	Eau / Sols	-Pollution des eaux et du sol par des composés nocifs pour l'environnement et les populations	-Bacs ou aires de rétention étanches pour tout stockage des produits liquides polluants (carburants, lubrifiants, additifs). -Débourbeur /déshuileur (séparateur d'hydrocarbures) sur les caniveaux de récupération des dalles de	- 100% de traitement des déversements accidentels ; - 90% des Huiles et combustibles liquides usagés sont recyclés.	- Directeur de Travaux ; -Responsable Matériel	Responsable QSE

	<p>vidanges des véhicules au niveau de l'atelier mécanique et du poste de lavage des véhicules</p> <p>- Rejet d'eau issu du Nettoyage des véhicules chargés en matières en suspension</p>		<p>-Pollution par des matières en suspension</p>	<p>stations carburant, aires des lavages et zones ateliers.</p> <p>-Atelier sur dalle béton, couvert d'une charpente métallique pour réduire les risques de ruissellement des eaux pluviales.</p> <p>-Aire de lavage raccordée à un bac décanteur/déshuileur</p>			
Activité / Lieu	Aspect	Facteur / Domaine	Impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en oeuvre	Surveillance

Gestion du matériel roulant Base / Chantier	Fuite d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules / engins en fonctionnement normal -Fuite d'huiles et de carburant lors des entretiens mécaniques sur chantier avec le camion d'entretien	Eau / Sols	Pollution des eaux et du sol par des composés nocifs pour l'environnement et les populations	-Mettre en place un kit anti-pollution sur la zone travaux ; -Formation/ information de l'ensemble du personnel sur la conduite à tenir en cas d'urgence ; -Stocker la terre polluée et tout autre déchet dangereux dans une zone aménagée pour ce type de déchets.	- 100% de traitement des déversements accidentels	- Directeur de Travaux ; - Conducteurs de Travaux - Chef d'atelier mécanique	- Responsable QSE - Conducteurs de Travaux - Chefs d'équipe
---	---	------------	--	---	---	--	---

Gestion du matériel roulant / Base	Génération et stockage de déchets dangereux tels que : filtres à huile et gasoil, chiffons souillés, emballages souillés par les huiles et carburants, produits chimiques (emballages, résidus, périmés),	Eau / Sols	Pollution par des composés nocifs pour l'environnement ou les populations	-Mise en place d'une procédure de gestion des déchets spécifiques au projet ; -Information / Formation de l'ensemble du personnel sur le sujet.	-100% des Filtres à gasoil, filtres à huile sont recyclés. -100% des Emballages, absorbants, chiffons contaminés, matériaux filtrants sont mise en décharge après stabilisation.	Responsable QSE	Responsable QSE
Activité /Lieu	Aspect	Facteur / Domaine	Description de l'impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en oeuvre	Surveillance

<p>Gestion du matériel roulant / Base / Atelier mécanique.</p>	<p>-Génération de batteries et de pneus usagés et stockage (écoulement d'acide).</p> <p>-Génération de pièces mécaniques, équipements, engins, citernes, ferrailles rebutés.</p>	<p>Eau / sol</p>	<p>Pollution par des composés nocifs pour l'environnement ou les populations</p>	<p>-Mise en place d'une procédure de gestion des déchets spécifique au projet,</p> <p>-Information / Formation de l'ensemble du personnel sur le sujet.</p>	<p>-100% des batteries usagées sont recyclés ;</p> <p>-100% des pneus sont Recyclés après tri ou mis en décharge au CTVD.</p> <p>-100% des métaux (et leur alliage) sont recyclé après tri ou mis en décharge au CTVD.</p>	<p>Responsable QSE</p>	<p>Responsable QSE</p>
--	--	------------------	--	---	--	------------------------	------------------------

Gestion du matériel roulant / Base	Incendie sur véhicule impactant le voisinage : propagation de flamme, fumées épaisses, projections.	Population	-Propagation de l'Incendie - Explosion au voisinage	-Mise en place d'une procédure incendie ; - Déploiement de dispositifs anti-incendie ; - Formation du personnel à l'utilisation des extincteurs ; -Réalisation d'exercices.	-100% du personnel permanent est formé à l'utilisation d'extincteur, -Au moins Deux exercices sont réalisés par an.	Responsable QSE	Responsable QSE
Activité / Lieu	Aspect	Facteur	Impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en ouvre	Surveillance

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

Gestion du matériel roulant	Trajets de véhicules générant des envols de poussières surtout en cas d'excès de vitesse	Population	Nuisances dues aux poussières-	-Arrosage -Limitation de la vitesse sur le chantier	-Aucune plainte de la population pour motif de poussières liées aux travaux	Conducteur de travaux	Responsable QSE
Gestion du matériel roulant / Base vie / Chantier	Utilisation de l'eau pour le nettoyage des véhicules ; Utilisation de l'eau pour les besoins du personnel sur Place	Ressources naturelles	Diminution de la ressource en eau	-Aménagements adaptés aux usages de l'eau pompée (Tout en respectant les besoins en eau de la population) -Sensibilisation de l'ensemble du personnel au respect de la ressource en eau	-Présence de dispositif efficace de suivi des consommations en eau (compteurs, pointage citerne) au niveau de 100% des sources d'approvisionnement en eau du projet.	Responsable QSE	Responsable QSE

				(limitation des consommations au strict nécessaire...).			
Utilisation de motopompe	Pompage d'eau	Eaux	Pollution des eaux par déversement des produits dangereux (carburants, huiles de vidange...)	-Mise en place de merlon autour de la motopompe ; -Mettre à disposition 1 kit anti-pollution	100% des déversements accidentels des produits dangereux au niveau des motopompes sont maîtrisés.	Directeur de Travaux	Responsable QSE
Activité /Lieu	Aspect	Facteur	Description de l'impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en oeuvre	Surveillance

Base vie	Installation du chantier	Sol	Pollution du sol par la production de déchets.	Mettre en place des poubelles et une décharge	90 % de déchets sont contenus dans les poubelles et la décharge.	Directeur de Travaux	Responsable QSE
Base vie	Installation du chantier	Eaux / sol	Pollution du sol et des eaux par production des matières fécales ou d'ordre biologique	Mettre en place des sanitaires et les entretenir	-100% des toilettes sont bien entretenue ; -100% des déchets provenant des toilettes sont cédés à une structure agréée pour le traitement de ces déchets.	Directeur de Travaux	- Responsable QSE - Chefs de Chantier - Chefs d'équipe
Base vie / Aire de préfabrication	Production du béton	Sol	Pollution du sol	-Mettre en place un bassin de décantation ; -Curage régulier du bassin de décantation et	-100% des déchets issus de la production de béton sont recyclés ou mise en décharge contrôlé.	- Directeur de Travaux - Conducteur de Travaux	Responsable QSE

				<p>élimination des déchets ; - Aménager un espace pour recevoir les résidus de béton ;</p> <p>-Aménager un espace pour le nettoyage des matériels</p>			
Activité / Lieu	Aspect	Facteur	Impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en ouvre	Surveillance
Base vie	Génération de déchets D'infirmierie et de	Eau / Sols	Pollution par des composés nocifs pour l'environnement	-Mise en place d'une procédure de gestion des déchets	100% des déchets biomédicaux sont cédés à des structures agréées.	-Responsable QSE, -Infirmier	- Responsable QSE

	médicaments périmés		ou les populations	spécifiques au projet -Information / Formation de l'ensemble du personnel sur le sujet			
Montage et repli des installations de chantier	Génération de déchets souillés lors du démontage des installations techniques	Eaux / sol	Pollution par des composés nocifs pour l'environnement ou les populations	-Mise en place d'une procédure de gestion des déchets spécifique au projet -Information / Formation de l'ensemble du personnel sur le sujet	Zéro déchet sur le site après le repli des installations de chantier	-Responsable QSE	Responsable QSE

Emprunts et dépôts	-Prélèvement de matériaux pour les travaux ; - Débroussaillage / Décapage	Paysage	-Dénaturation paysagère ; -Destruction de la végétation	-Réhabilitation des zones d'emprunt ; -Pas d'engazonnement ou de comblement des zones exploitées prévu	100% des zones d'emprunt et de dépôt sont réhabilités avec talutage des bords de l'emprunt	Conducteur de travaux	Responsable QSE
Activité / Lieu	Aspect	Facteur	Impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en oeuvre	Surveillance
Emprunts et dépôts	Stockage /dépôt de matériaux	Population	Impact des conditions de vie des populations avoisinantes	-Choix et conception des zones de dépôts, -Autorisation de dépôt dans les zones de dépôt	0 plainte de la population pour motif d'occupation illégale de sa parcelle comme zone de dépôt	Conducteur de travaux	Responsable QSE

				appartenant aux populations.			
Installations informatiques	Génération de déchets électroniques, électriques et piles	Eau / Sols	Pollution par des composés nocifs pour l'environnement ou les populations	-Mise en place d'une procédure de gestion des déchets spécifiques au projet -Information / Formation de l'ensemble du personnel sur le sujet	100% des déchets électroniques sont recyclés ou cédés au CTVD.	-Responsable QSE	Responsable QSE
Laboratoire	Rejets de produits chimiques suite aux essais (liste	Eau / Sols	Pollution par des composés nocifs pour l'environnement	-Gestion des eaux usées via une fosse septique pour le traitement des eaux - Drain	Aucun rejet de produits chimiques suite aux essais dans la nature..	-Responsable Laboratoire	Responsable QSE

Activité / Lieu	Aspect	Facteur	Impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en oeuvre	Surveillance
Travaux / Terrassement	-Excavation et nettoyage de terre, -Remblayage et mise en place des gabions,	Air Population	Pollution atmosphérique, Nuisances dues au bruit	-Distribuer les masques anti-poussières, -Entretien des voies d'accès au chantier ; -Maintenance et contrôle des	O plainte de la population pour cause de nuisance dû à la poussière et au bruit.	-Responsable QSE ; - Conducteur de travaux.	- Responsable QSE

	Circulation des camions, véhicules et engins surtout en cas d'excès de vitesse			engins et véhicules.			
Travaux	Circulation des camions, véhicules et engins surtout en cas d'excès de vitesse	Population	Accidents de circulation	-Mise en place de balises et panneaux de signalisation sur les pistes d'accès et à l'intérieur des chantiers pour limiter les accidents de la circulation, -L'observation stricte des mesures de sécurité pour minimiser les	0 accident de circulation.	-Conducteur de travaux.	Responsable QSE

Activité / Lieu	Aspect	Facteur	Impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en oeuvre	Surveillance
Travaux	Afflux de main d'œuvre	Personne	Propagation des IST et du SIDA lié au brassage des populations	-Distribution de préservatifs -Information, formation et sensibilisation de la population au port de préservatifs, à la lutte contre les IST et le VIH/SIDA et	0 cas de VIH SIDA liés au projet	Responsable QSE	Responsable QSE

				promotion du dépistage volontaire. Sensibilisation sur les grossesses non désirées			
Travaux	Afflux de main d'œuvre	Personne	Création d'emplois salariés en phases des travaux	Employer prioritairement la main d'œuvre locale	10% des employés sont recrutés localement.	-Directeur de travaux.	Responsable Qualité
Travaux	Afflux de main d'œuvre	Personne	Opportunités d'affaires et augmentation du revenu pour les entreprises locales	Privilégier les entreprises locales dans le recrutement des tâcherons et sous-traitants	10% d'entreprises sous-traitantes sont recruté localement	-Directeur de travaux.	Responsable Qualité

Activité / Lieu	Aspect	Facteur	Impact potentiel	Mesures préconisées	Indicateurs de suivi	Responsabilité	
						Mise en oeuvre	Surveillance
Travaux	Réalisation des travaux	Patrimoine historique, culturel et archéologique	Destruction du patrimoine historique et culturel	-En cas de découverte de patrimoine culturel et des vestiges archéologiques, coordination avec les autorités administratives, les partenaires locaux et les experts archéologues des instituts de recherche pour élaborer un plan	100% d'objets découverts sont cédés aux autorités administratives, ou aux experts archéologues	-Directeur de travaux.	Responsable QSE

« Etudes techniques et détaillées des infrastructures de la gare OUAGARINTER à Ouagadougou : cas des ouvrages hydrauliques et des voies d'accès »

				d'atténuation adéquat			
--	--	--	--	--------------------------	--	--	--

ANNEXE IX : PLAN DE COFFRAGE- PLANS D'EXECUTION

- PROFILS EN LONG
- PROFILS EN TRAVERS
- PROFIL EN TRAVERS TYPE
- PLAN DES CANIVEAUX
- PLANS DES DALOTS
- PLAN D'ENSEMBLE DU PROJET

Profil n°: P1

Abscisse : 0.000 m

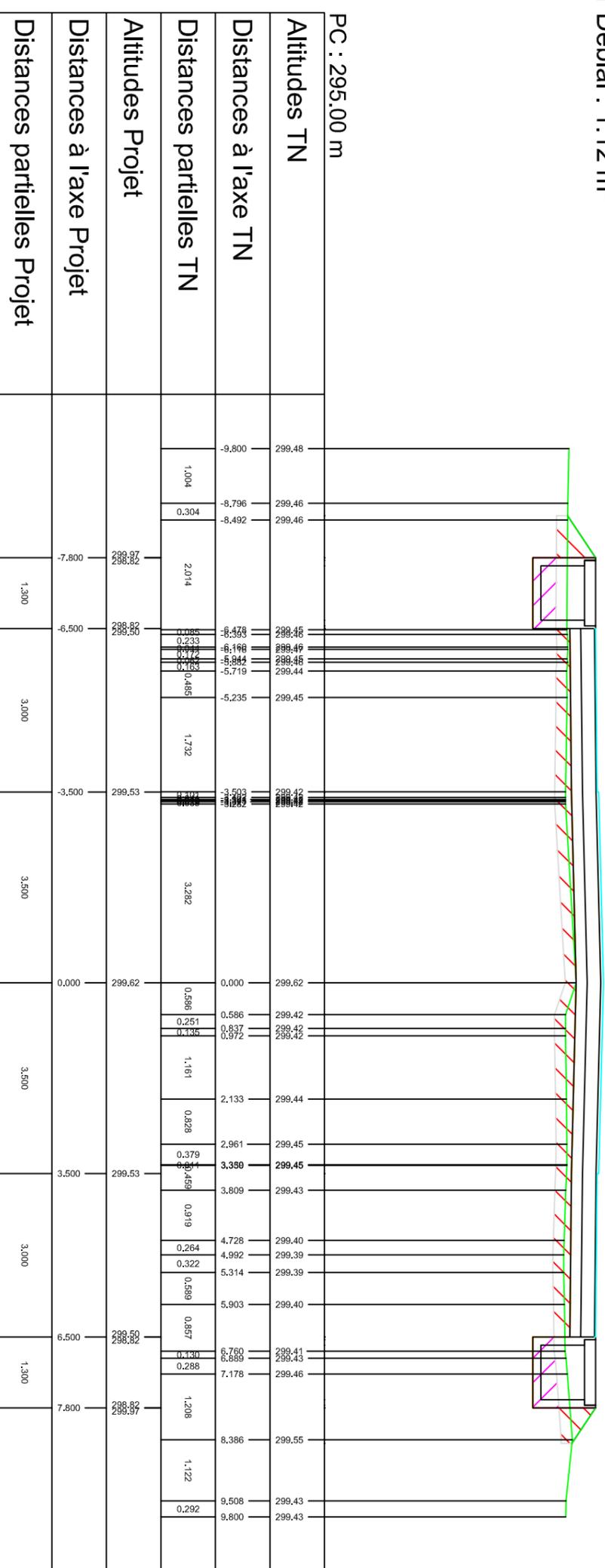
Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par Covadis

Profil en long n° : 1

Remblai : 4.44 m²
Déblai : 1.12 m²



KIEMA Pulchérie Tégawendé

Master 2

Génie civil / ROA

Travaux d'aménagement de la gare
routière OUGARINTER

Dossier technique d'exécution

PROFIL EN TRAVERS

Date:

01/06/2019

Profil n°: P2

Abscisse : 25.000 m

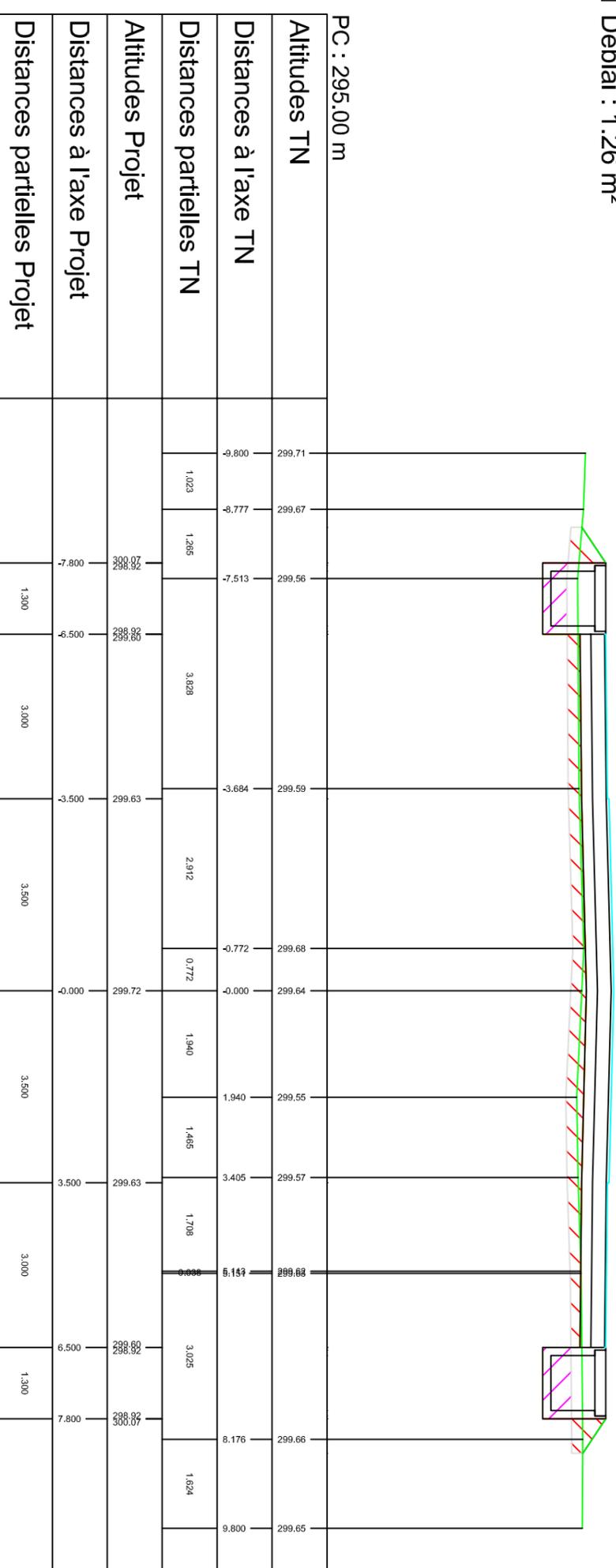
Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par Covadis

Profil en long n° : 1

Remblai : 3.77 m²
Déblai : 1.26 m²



PC : 295.00 m



KIEMA Pulchérie Tégawendé

Master 2

Génie civil / ROA

Travaux d'aménagement de la gare
routière OUGARINTER

Dossier technique d'exécution

PROFIL EN TRAVERS

Date:

01/06/2019

Profil n° : P7

Abscisse : 150.000 m

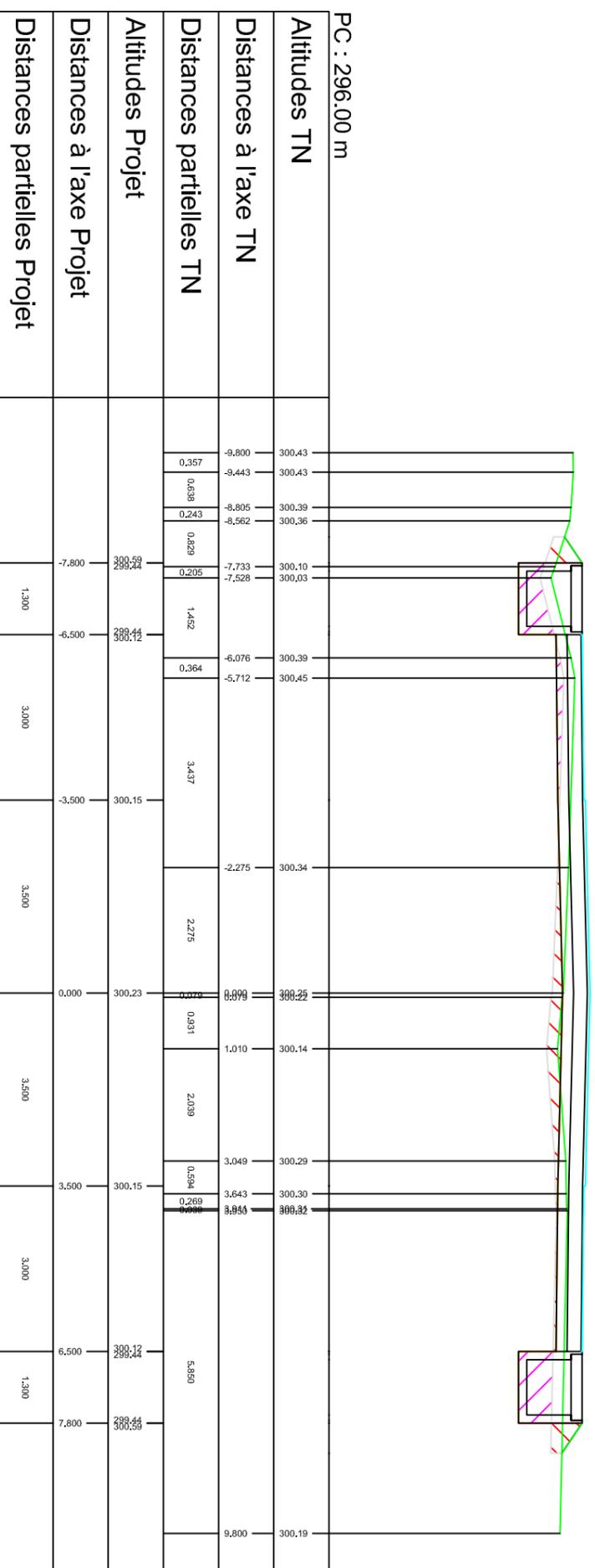
Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par Covadis

Profil en long n° : 1

Remblai : 1.39 m²
Déblai : 1.69 m²



KIEMA Pulchérie Tégawendé

Master 2

Génie civil / ROA

Travaux d'aménagement de la gare
routière OUGARINTER

Dossier technique d'exécution

PROFIL EN TRAVERS

Date:

01/06/2019

Profil n° : P8

Abscisse : 175.000 m

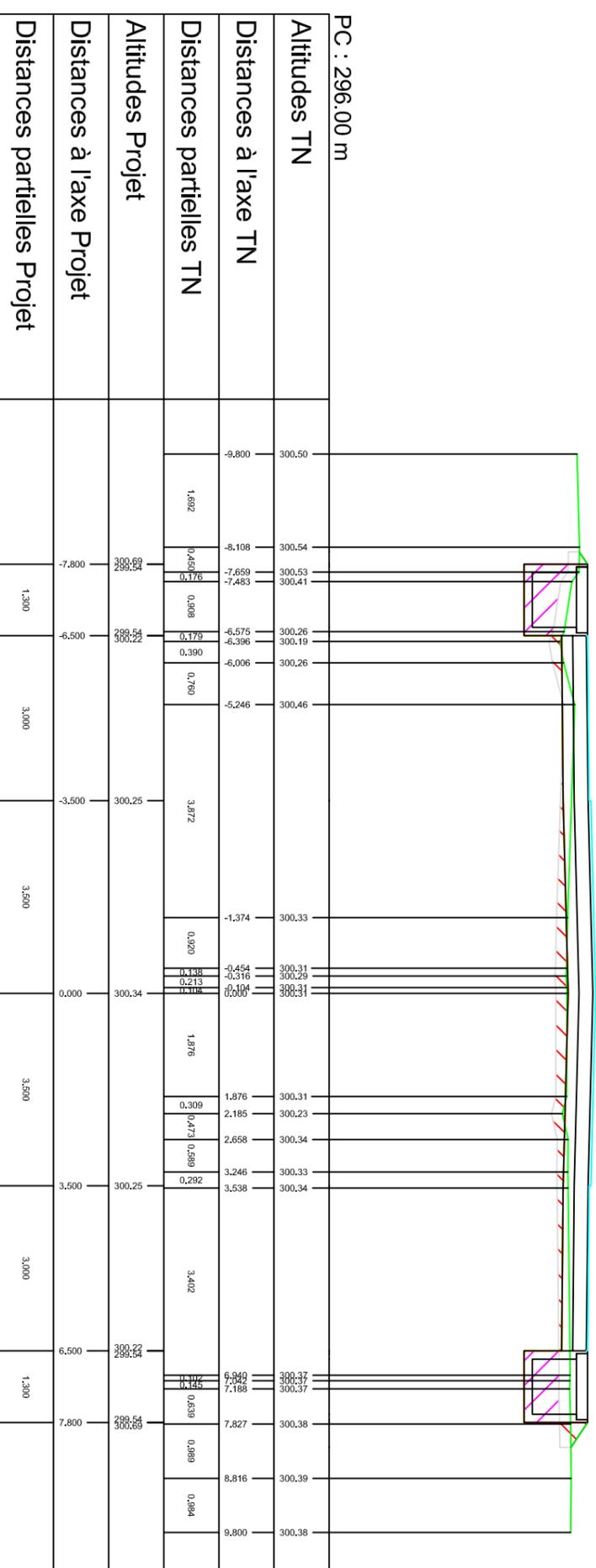
Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par Covadis

Profil en long n° : 1

 Remblai : 1.81 m²
 Déblai : 1.65 m²

**KIEMA Pulchérie Tégawendé****Master 2****Génie civil / ROA****Travaux d'aménagement de la gare** **routièrè OUGARINTTER****Dossier technique d'exécution****PROFIL EN TRAVERS****Date:****01/06/2019**

Profil n°: P13

Abscisse : 300.000 m

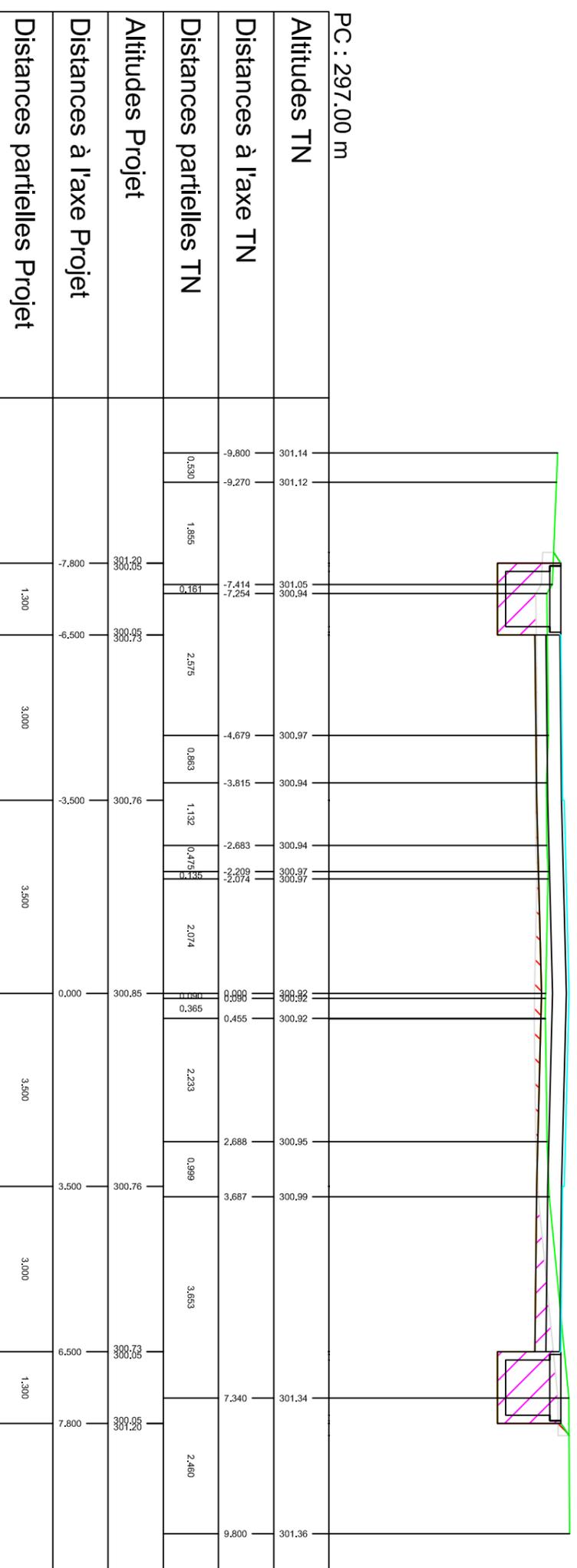
Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par Covadis

Profil en long n° : 1

-  Remblai : 0.53 m²
-  Déblai : 2.92 m²

**KIEMA Pulchérie Tégawendé****Master 2****Génie civil / ROA**

Travaux d'aménagement de la gare
routière OUGARINTER

Dossier technique d'exécution

PROFIL EN TRAVERS

Date:

01/06/2019

Profil n° : P14

Abscisse : 317.707 m

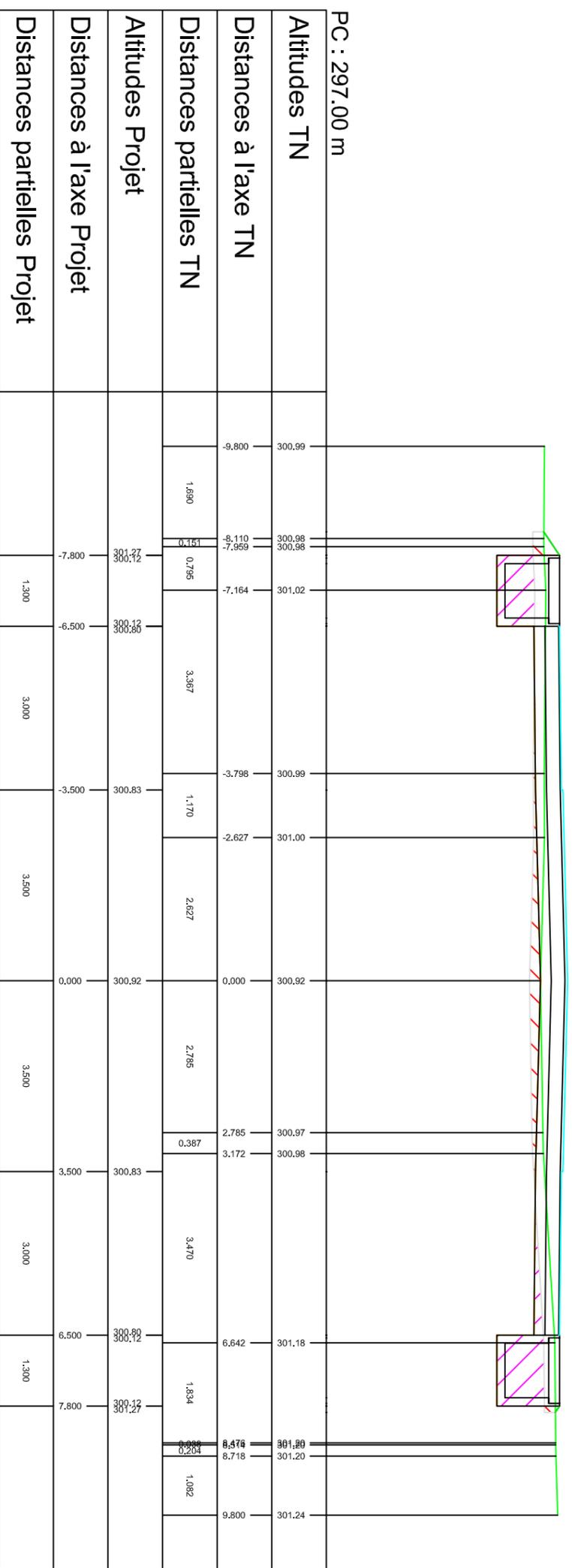
Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par Covadis

Profil en long n° : 1

 Remblai : 1.07 m²
 Déblai : 2.23 m²



PC : 297.00 m



KIEMA Pulchérie Tégawendé

Master 2

Génie civil / ROA

Travaux d'aménagement de la gare
routière OUGARINTER

Dossier technique d'exécution

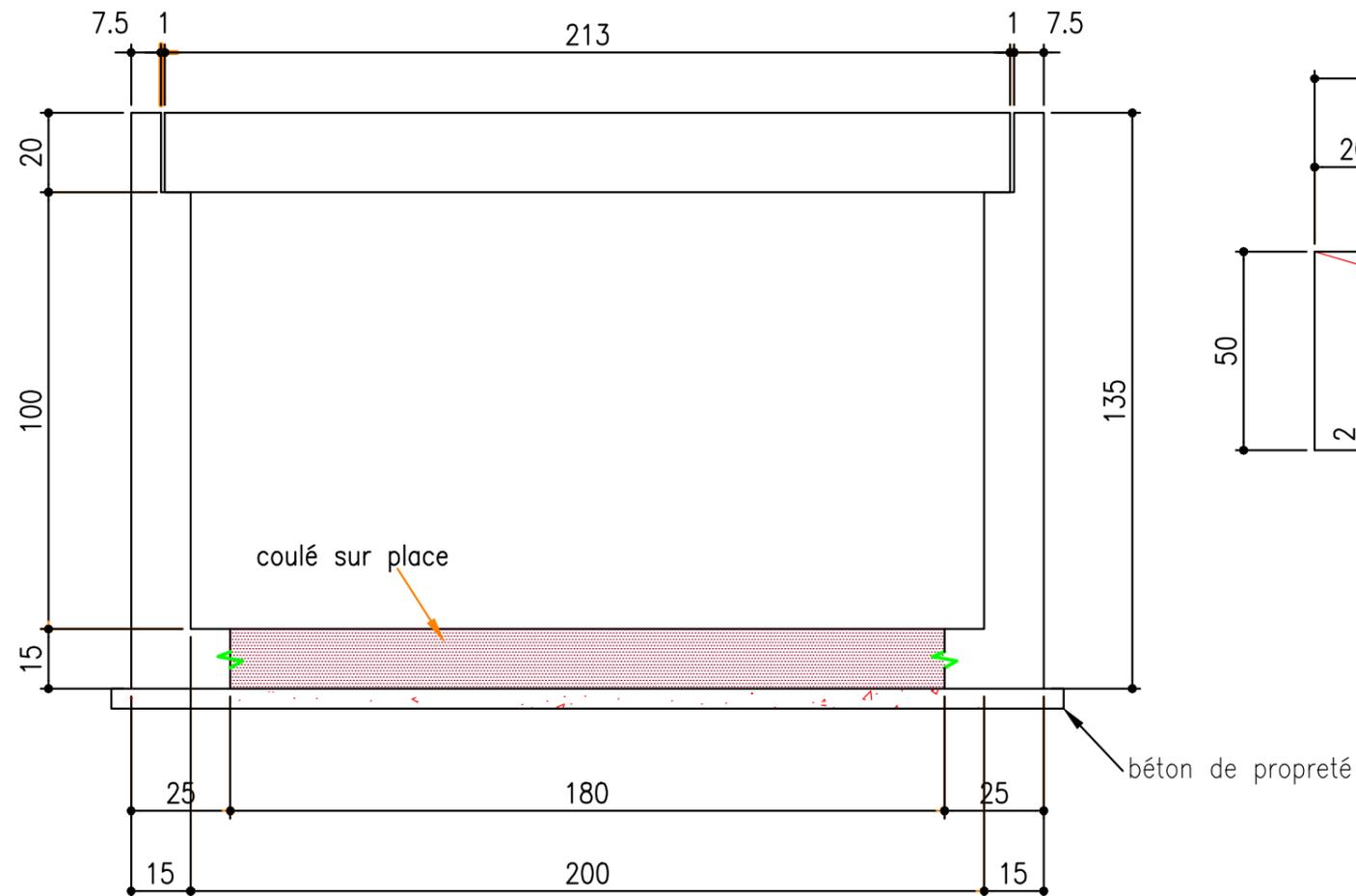
PROFIL EN TRAVERS

Date:

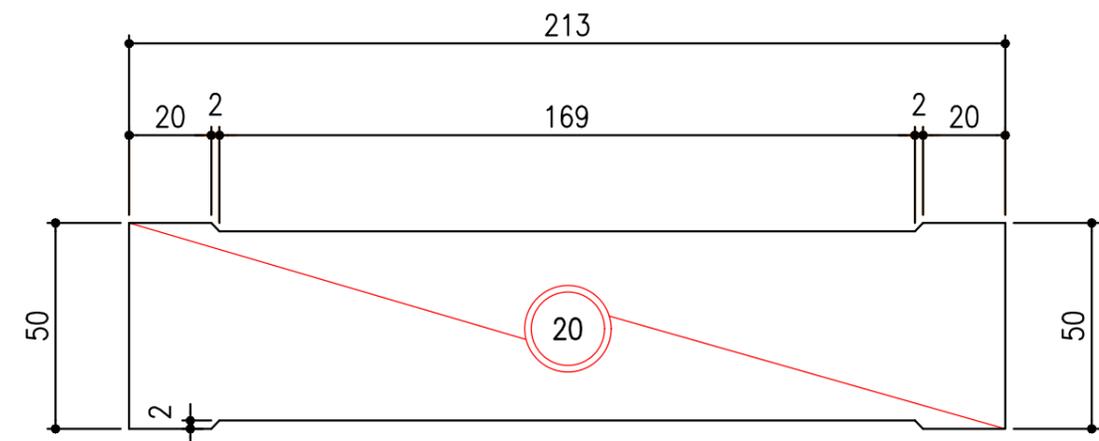
01/06/2019

Caniveau: 200cmX100cm

Coupe courante



VUE EN PLAN - DALLE



KIEMA Pulchérie Tégawendé

***Master 2
Génie civil / ROA***

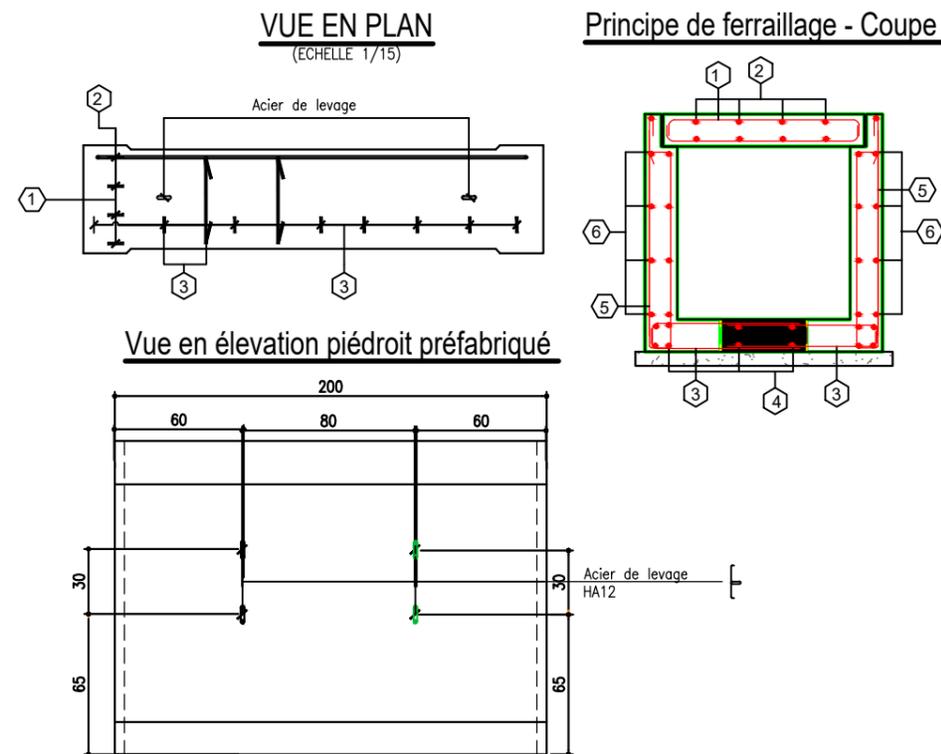
Travaux d'aménagement de la gare
routière OUAGARINTER

Dossier technique d'exécution

CANIVEAU 200cmX100cm

Date:
01/06/2019

Caniveau 200cmx100cm



POSITION	Ø mm	NOMBRE PIÈCES	LONGUEUR m	ESPACEMENT cm	FACONNAGE L = cm	LONGUEUR TOTALE m	POIDS kg/m	POIDS kg	OBSERVATIONS
1	16	8	2.35	12.5	14 14	23.50	1.209	13.14	Dalette Element façonné sur 50 cm
2	14	4	0.72	20	14 14	15.84	0.395	6.26	
3	10	56	1.54	16	9 9	86.24	0.888	76.58	Radier Element de 200 cm
4	8	22	2	20	200	44.00	0.395	17.38	
5	12	28	2.84	16	3 5 9	79.52	0.888	70.61	Piédroits Element façonné sur 200 cm
6	8	36	2.09	20	9 9	75.24	0.395	29.72	



KIEMA Pulchérie Tégawendé

Master 2
Génie civil / ROA

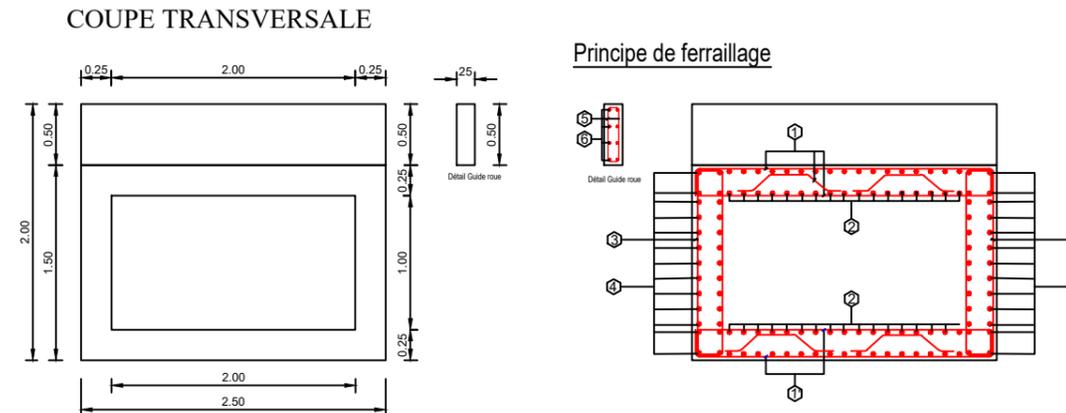
Travaux d'aménagement de la gare
routière OUAGARINTER

Dossier technique d'exécution

CANIVEAU 200cmX100cm

Date:
01/06/2019

DALOT 200X100



POSITION	Ø mm	NOMBRE PIÈCES	LONGUEUR m	ESPACEMENT cm	FACONNAGE L = cm	LONGUEUR TOTALE m	POIDS kg/m	POIDS kg	OBSERVATIONS
1	14	24	1.38	12.5	19 100 19	69.00	1.209	83.42	Tablier Element façonné sur 1ml
2	10	14	2.82	15	19 244 19	45.12	0.617	27.84	
1'	10	18	1.38	12.5	19 100 19	69.00	1.209	83.42	Radier Element façonné sur 1ml
2'	12	10	2.82	15	19 244 19	45.12	0.395	17.82	
3	10	4	3.84	12.5	19 19 154 154 19 19	69.12	0.888	61.38	Piédroits Element façonné sur 1ml
4	8	4	1.38	15	19 100 19	44.16	0.617	27.25	
5	10	15	1.95	20	14 14 69 69 14 15	50.70	0.617	31.28	Guides roues Element façonné sur 1ml
6	8	10	2.82	20	19 2.44 19	45.12	0.395	17.82	



KIEMA Pulchérie Tégawendé

**Master 2
Génie civil / ROA**

Travaux d'aménagement de la gare
routière OUAGARINTER

Dossier technique d'exécution

DALOT 200cmX100cm

**Date:
01/06/2019**

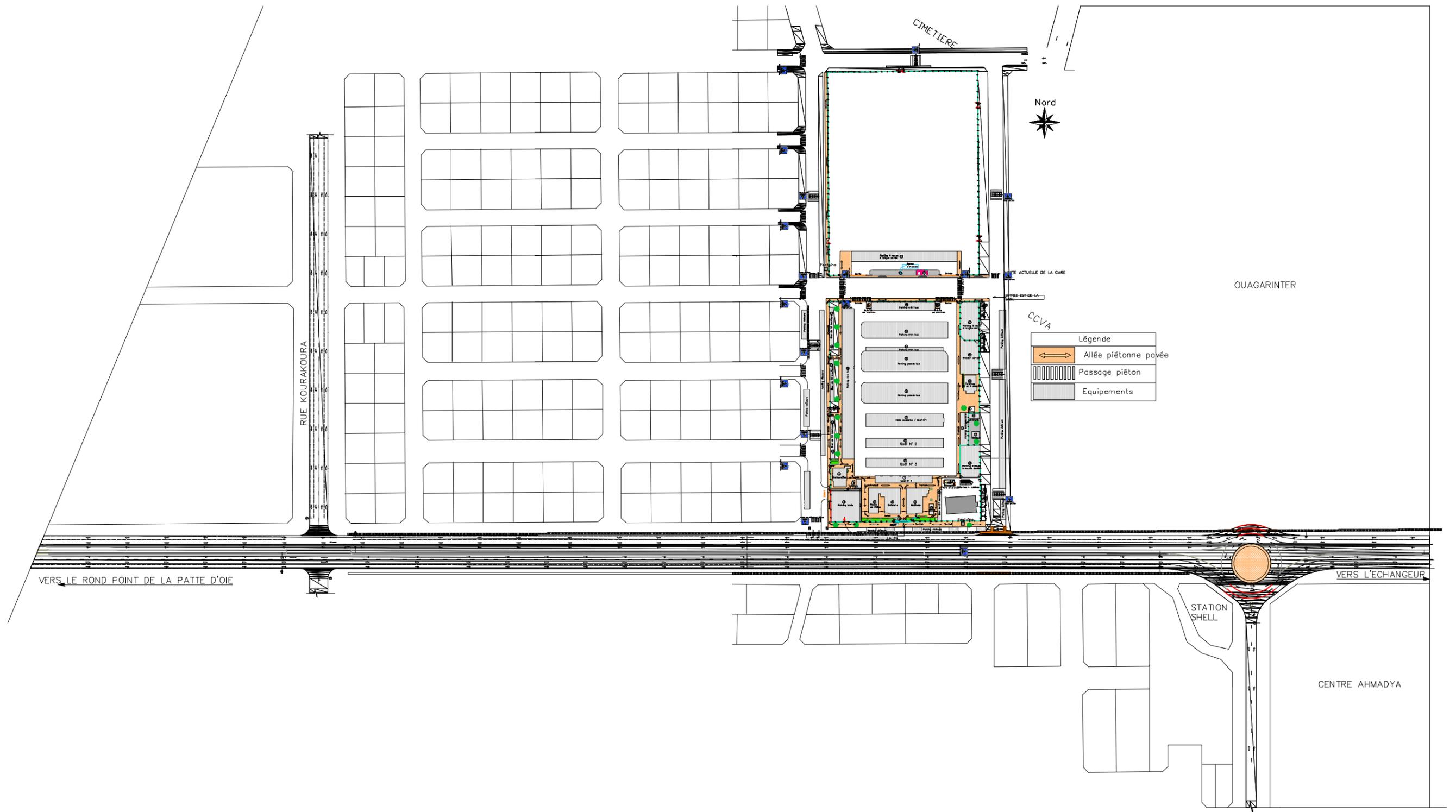


Planche n°04

BURKINA FASO
Unité – Progrès – Justice

Date:
Juin 2017

Projet de Développement Durable de Ouagadougou
Financement : Agence Française de Développement

Echelle:
1/500

PLAN DE CIRCULATION PIETONNE

Appui à Maîtrise d'Ouvrage:
Groupement/ Gedes - Transitec - Urbanplan - Allnext

Maître d'Ouvrage : Commune de Ouagadougou

Travaux d'aménagement de gares routières publiques dans la ville de Ouagadougou

Travaux d'aménagement de la gare routière de Ouaga inter – Ouagadougou.

Maître d'oeuvre : Archi – Consult / Modulo
Agence d'Architecture, d'Aménagement et de Décoration 01 BP 5199 Ouaga 01
Tel: 25 31 89 89 Fax: 25 33 13 64
e-mail: archi.damika@yahoo.fr