



**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES RELATIVES A  
L'AMENAGEMENT DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE  
LA VILLE DE OUAGADOUGOU : CAS DE  
L'INTERCONNEXION RN1-RN2 LONG DE 17KM.**

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

**SPECIALITE : GENIE CIVIL – BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS**

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 21/07/2022 par

**Nelson NGUESSIE (20190110)**

**Encadrant (2iE) : Dr. Sountong-Noma Louis Arnaud OUEDRAOGO (Enseignant  
chercheur en Génie Civil,2iE)**

**Maître de stage : M. Garba HAMA, Ingénieur Génie Civil, GTAH**

Structure d'accueil du stage : Direction Générale des Infrastructures Routières (DGIR)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr Angelbert Chabi BIAOU

Membres et correcteurs :

- M. Moussa CHAIBOU
- M. Hassane SEINI MOUSSA

**Promotion [2021/2022]**

DEDICACE



## CITATION

« Les portes de l'avenir sont ouvertes à ceux qui savent les pousser. »

-Coluche

## REMERCIEMENTS

La réalisation de ce rêve n'aurait jamais été possible sans l'intervention de plusieurs personnes tant morale que physique. Je souhaite ainsi exprimer toute ma reconnaissance, ma gratitude envers :

- ✚ L'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Institut 2iE) pour l'accueil, la formation, le suivi et l'encadrement reçu ;
- ✚ Mon encadrant interne (2iE), Dr Sountong-Noma Louis Arnaud OUEDRAOGO, enseignant-chercheur en Génie Civil à l'institut 2iE, qui a toujours été disponible pour suivre l'accomplissement de ce travail ;
- ✚ Mon maître de stage, M. Garba HAMA, Ingénieur Génie Civil, pour sa disponibilité, Son écoute, assistance, ses conseils, sa rigueur, sa patience ont rendu possible la réalisation de nos objectifs ;
- ✚ La Direction Général des Infrastructure routières (DGIR) pour m'avoir accueilli comme stagiaire et avoir permis à ce que j'obtienne un thème de mémoire ;
- ✚ Toute ma famille et en particulier à ma grande sœur sans qui tout n'aurait été qu'un rêve, pour leurs multiples motivations, encouragements, assistance, conseils, prières, et le soutien aussi bien financier que moral ;
- ✚ Toute la communauté Camerounaise de 2iE, ainsi que tous mes promotionnaires ;
- ✚ Tous ceux-là qui ont contribué d'une quelconque manière au bon déroulement de ma formation.
- ✚ Les membres du jury d'évaluation qui prendront de leur temps pour apporter des remarques et suggestions pour l'amélioration de mon mémoire.

## RESUME

Dans le cadre de notre stage de fin de formation, nous avons obtenu un stage à la Direction Générale des Infrastructures Routières (DGIR), dont le travail porte essentiellement sur **l'étude technique détaillée d'un tronçon de route long de 17 km** du projet de construction des voies de contournement de la ville de Ouagadougou. Pour accomplir cette mission, nous avons dans un premier temps procédé à la conception géométrique de la route, où nous avons ressortir toutes les dimensions de la route à travers les documents tels que les profils en long terrain naturel et projet, mais aussi les profils en travers suivant la norme I.C.T.A.V.R.U (l'instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines) et les prescriptions du maître d'ouvrage. Le profil en travers est défini comme suit : chaussée 2×2×3,5 m, Piste cyclable 2×1,5 m, TPC 10 m, trottoir 1,5 m en zone urbaine, et cette même configuration sans trottoir en zone non urbaine. Ensuite nous avons mené des études de base (géotechnique, topographique, trafic...) pour ainsi dimensionner le corps de chaussée. Ce dimensionnement s'est fait suivant le guide CEBTP et nous avons obtenu la structure 5 cm de BB en couche de roulement, 15 cm de GB en base et 20 cm de litho stabilisation en fondation. La phase suivante a été de rétablir les écoulements naturels qui sont traversés par le projet. L'étude des conditions de mise en œuvre des ouvrages a favorisé l'implantation des dalots suite aux débits parfois très élevés ou alors par manque d'une hauteur suffisante de remblai dans certain cas. Nous avons alors sur le long du projet des dalots de sections variantes de 1×1×1 m à 5×3,5×3,5 m, des caniveaux de part et d'autre de la chaussée, de section 150 cm × 135 cm sur un linéaire de 10,8 km qui prend origine à l'intersection avec la route nationale n° 2 et des fossés de section h (0,6 m), b (1,5 m) également des deux côtés de la chaussée d'un linéaire de 23,2 km en zone non urbaine. Par la suite nous avons fait une estimation du coût du projet à la valeur de **21,817,095,750 FCFA (vingt-un milliards huit cent dix-sept millions quatre-vingt-quinze mille sept cent cinquante FCFA)**. En fin nous avons procédé au suivi des travaux où il était question de vérifier la conformité des travaux sur terrain avec ceux des plans d'exécutions. Il s'agissait de vérifier la qualité des matériaux, les épaisseurs, les portances et la non fissuration des couches de chaussée et des fonds de fouille des ouvrages.

### Mots clés :

---

- Structure
- Voies

## ABSTRACT

Within the framework of our training course of end of formation, we obtained an internship at the General Direction of the Road infrastructures (DGIR), whose work relates primarily to the detailed technical study of a 17 km long road section of the project of construction of the ways of by-passing of the town of Ouagadougou. To accomplish this mission, we first proceeded to the geometrical design of the road, where we brought out all the dimensions of the road through documents such as the long profiles of the natural ground and the project, but also the cross-sections according to the standard I.C.T.A.V.R.U (instruction on the technical conditions of development of the urban expressways) and the prescriptions of the project owner. The cross-section is defined as follows: 2×2×3.5 m roadway, 2×1.5 m bicycle lane, 10 m TPC, 1.5 m sidewalk in urban areas, and this same configuration without sidewalk in non-urban areas. Then we carried out basic studies (geotechnical, topographic, traffic...) to size the pavement body. This dimensioning was done according to the CEBTP guide and we obtained the structure 5 cm of BB in the wearing course, 15 cm of GB in the base and 20 cm of litho stabilization in the foundation. The next phase was to re-establish the natural flows that are crossed by the project. The study of the conditions of implementation of the works favored the implementation of gutter following the sometimes very high flow or lack of height of embankment in certain cases. We have then along the project gutters of varying sections from 1×1×1 m to 5×3,5×3,5 m, gutters of section 150 cm × 130 cm at the intersection with the national roads and ditches of section h (0,6 m), b (1,5 m) in non-urban area. We then estimated the cost of the project at thirty-eight billion five hundred and seventy-one million twenty-five thousand eight hundred and forty (38,571,025,840) FCFA. Finally, we proceeded to the follow-up of the works where it was a question of verifying the conformity of the works on the ground with those of the plans of executions. It was a question of verifying the quality of materials, thicknesses, bearing capacity and the non-cracking of the pavement layers and the bottom of the excavation of works.

Key words:

- 
- Structure
  - Roads

## LISTE DES ABREVIATIONS

BA : Béton Armé

BB : Béton Bitumineux

BCEOM : Bureau d'Etudes pour les Equipements d'outre-mer

BV : Bassin Versant

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyenne

CBR : Californian Bearing Ration

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

CIEH : Comité Inter africain d'Etudes Hydrauliques

DGIR : Direction Générale des Infrastructures Routières

EIES : Etudes d'Impacts Environnemental et Social

ELS : Etat Limite de Service

ELU : Etat Limite Ultime

GB : Grave Bitume

HA : Haute Adhérence

OMP : Optimum Proctor

PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social

PL : Poids Lourd

RN : Route Nationale

SETRA : Services d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

TDR : Termes De Références

TMJ : Trafic Moyen Journalier

TN : Terrain Naturel

TPC : Terre-Plein Central

## SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
CITATION .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>vi</b>
SOMMAIRE .....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xii
<b>I INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>II PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DE PROJET2</b>	
II.1 Présentation de la structure d'accueil .....	2
II.1.1 Attribution de la DGIR.....	2
II.1.2 Organisation de la DGIR.....	2
II.2 Présentation de la zone de projet .....	4
<b>III PRESENTATION DU PROJET .....</b>	<b>6</b>
III.1 Contexte et Justification.....	6
III.2 Objectifs de l'étude .....	7
III.2.1 Objectifs .....	7
III.3 Diagnostic /état des lieux .....	7
III.4 Données de base.....	8
<b>IV Méthodologie de conception et résultats attendus.....</b>	<b>11</b>
IV.1 Description de la méthodologie générale suivie pour réaliser l'étude de faisabilité	
11	
IV.2 Démarche adoptée pour la réalisation de l'étude .....	12

IV.3	Résultats attendus.....	12
V	ETUDE TECHNIQUE.....	12
V.1	Conception géométrique et dimensionnement structurel de la chaussée .....	12
V.2	Choix du type de route.....	13
VI	DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DE LA CHAUSSEE.....	18
VI.1	DETERMINATION DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE .....	18
VI.2	Choix des variantes .....	19
VI.3	Vérification des contraintes sur alize .....	19
VII	RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS NATURELS .....	20
VII.1	Etudes hydrologiques .....	20
VII.1.1	Evaluation des débits de projet.....	21
VII.1.1.1	Caractérisation des bassins versants.....	21
VII.1.1.2	Estimation des débits .....	22
VII.2	Etudes hydrauliques .....	28
VII.2.1	Choix de la nature des ouvrages .....	28
VII.2.2	Dimensionnement hydraulique des dalots .....	29
VII.2.3	Dimensionnement hydraulique des caniveaux .....	34
VII.2.4	Dimensionnement hydraulique des fossés.....	35
VIII	DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES HYDRAULIQUE .....	37
VIII.1	Prédimensionnement des dalots .....	37
VIII.2	Calcul des charges appliquées .....	38
VIII.3	Choix des goussets.....	39
VIII.4	Calcul des sollicitations .....	39
VIII.5	Dimensionnement béton armé du dalot .....	40
VIII.6	Calcul du mur en aile .....	41
VIII.6.1	Prédimensionnement .....	41

VIII.6.2	Calcul des armatures.....	43
VIII.7	Dimensionnement des caniveaux.....	43
IX	SIGNALISATION ET SECURITE – ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL/ PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL.....	45
IX.1	Signalisation et sécurité .....	45
IX.1.1	Signalisation temporaire.....	45
IX.1.2	La signalisation permanente.....	46
IX.2	Etude d'impact environnemental/ plan de gestion environnemental et social.....	49
IX.2.1	Rappel du cadre législatif régissant le projet (notice d'impact ou étude d'impact). .....	49
IX.2.2	Identification des sources d'impacts et rappel des composantes et phases du projet.....	49
IX.2.3	Evaluation des impacts.....	51
IX.3	Plan de gestion environnemental et social .....	55
X	ETUDE FINANCIERE – ETUDE DES COUTS .....	58
XI	SUIVIE D'EXECUTION.....	58
XI.1	Contrôle au niveau de la chaussée .....	59
XII	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	61
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIE .....	62
	ANNEXES .....	i

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:classe de portance des sols .....	10
Tableau 2:type de plate-forme.....	10
Tableau 3:classes de trafics .....	11
Tableau 4:caractéristique du tracé en plan pour les voies rapides urbaines .....	16
Tableau 5:caractéristique minimale pour le profil en long des voies rapides urbaines .....	17
Tableau 6: conception transversale de la route.....	17
Tableau 7:conditions de mise en œuvre des couches du corps de chaussée.....	18
Tableau 8: paramètres d'ajustement de la loi de GUMBEL .....	21
Tableau 9: caractéristique du bassin versant 1 .....	23
Tableau 10: itération avec la méthode de Richards.....	24
Tableau 11: paramètre pour un assemblage en série .....	25
Tableau 12:paramètre pour un assemblage en parallèle.....	25
Tableau 13: Récapitulatif des débits pour dalot .....	27
Tableau 14: Débits pour caniveaux .....	28
Tableau 15: Paramètres du choix de l'ouvrage .....	29
Tableau 16: Récapitulatif des sections de dalot.....	33
Tableau 17: Sections des caniveaux .....	35
Tableau 18: Vitesses d'écoulements admissible dans les fossés.....	36
Tableau 19: classe de pont.....	37
Tableau 20: Charges appliquées sur l'ouvrage .....	38
Tableau 21: section d'armature pour le dalot.....	40
Tableau 22: récapitulatif du prédimensionnement de mur en aile.....	42
Tableau 23: Armature des murs en aile .....	43
Tableau 24: tableau des marquages au sol .....	48
Tableau 25: Liste les composantes et activités sources d'impact .....	50
Tableau 26: Matrice de Fecto pour l'évaluation d'impact en phase de construction .....	52

Tableau 27: Matrice de Fecto pour l'évaluation d'impact en phase d'exploitation .....	54
Tableau 28: Mesures compensatrice et de bonification des impacts .....	55
Tableau 29: Récapitulatif du DQE .....	58

## LISTE DES FIGURES

Figure 1:organigramme de la DGIR (source : DGIR).....	3
Figure 2:carte de localisation de la zone de projet. ....	4
Figure 3: vérification de la structure de chaussée.....	19
Figure 4:délimitation des bassins versant.....	22
Figure 5: Ouvrage fonctionnant en sortie noyée .....	30
Figure 6: Ouvrage fonctionnant en sortie libre.....	30
Figure 7: coupe transversale du fossé.....	37
Figure 8: chargement de la structure .....	39
Figure 9: Moment fléchissant du au chargement .....	40
Figure 10:Panneau temporaire de danger .....	45
Figure 11:panneaux temporaires de déviation et de balisage .....	46
Figure 12:Signification des couleurs des panneaux .....	46
Figure 13: Essai de déflexion .....	59
Figure 14: essai de densitomètre à membrane.....	59
Figure 15: Carottage.....	60
Figure 16: Préparation essai Marshall .....	60
Figure 17:Prise de température.....	60
Figure 18: Essai de déflexion (couche de base) .....	60

## I INTRODUCTION

Dans le souci constant de désengorger les artères principale de la ville de Ouagadougou, et afin de répondre à l'éternelle problématique de mobilité et de fluidité sur les grands axes routiers, mais également de la sécurité des usagers de la route et des riverains, le gouvernement burkinabè dans son programme de modernisation des réseaux routiers urbains, a engagé des actions diverses tel que l'aménagement des artères principales et des entrées et sorties de la ville de Ouagadougou, la réalisation d'échangeurs et la reconstruction de plusieurs ouvrages de franchissement. Dans cet objectif de moderniser les infrastructures essentielles de transport et d'assurer de façon durable la sécurité et la fluidité dans la circulation routière, le projet de construction et de bitumage des voies de contournement de la ville de Ouagadougou a été initié. C'est alors dans le cadre de ce projet que nous avons mené l'étude du tronçon RN1-RN2 sous le thème : « **Etudes techniques détaillées relatives à la construction et à l'aménagement des voies de contournement de la ville de Ouagadougou : cas de l'interconnexion RN1-RN2 long de 17Km** ».

Afin de mieux structurer notre mémoire, les travaux ont été effectués en six (06) parties à savoir, les généralités sur le projet ( présentation de la structure d'accueil, du projet et de la zone de projet, méthodologie), conception géométrique de la route et dimensionnement de la structure de chaussée, rétablissement des écoulements naturels ( études hydrologiques et hydrauliques, dimensionnement structural des ouvrages), revue de l'étude d'impacts environnemental et social, l'évaluation du coût et le suivi des travaux.

## II PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DE PROJET

### II.1 Présentation de la structure d'accueil

La Direction Générale des Infrastructures Routières (D.G.I.R) est une structure administrative publique relevant du ministère des infrastructures du Burkina Faso. Elle est située au secteur n°6 de Ouagadougou, sur l'avenue Kadiogo. La D.G.I.R agit en tant que maître d'ouvrage et/ou maître d'ouvrage délégué dans la gestion et la réalisation des projets d'aménagement routier. En effet, c'est l'organe responsable de la mise en œuvre de la politique de développement des infrastructures routières au Burkina Faso.

#### II.1.1 Attribution de la DGIR

Au compte de ces attributions régies par l'arrêté N°2017-0047/MI/SG/DGIR, nous citons :

- La gestion administrative des projets de constructions neuves et de réhabilitation ;
- La mise en application des normes et stratégies de construction des routes du réseau classé ;
- Le contrôle technique ou de la supervision du contrôle des travaux de constructions neuves et de reconstructions (renforcement et/ou réhabilitation) des routes du réseau classé et des ouvrages spécifiques exécutés à l'entreprise en relation avec la DGNET ;
- La participation à la réception provisoire et définitive des travaux routiers du réseau classé pour le compte de l'administration ou d'un tiers ;
- De la vérification et du suivi de décomptes ;
- La préparation des marchés de travaux du réseau routier classé à soumettre à la DMP ;
- Le suivi des opérations de construction neuves d'infrastructure spécifiques ;
- L'analyse des dossiers d'exécution des projets d'aménagement et de construction d'infrastructures spécifiques réalisés par d'autres services techniques avant production des dossiers définitifs ;
- Toute autre mission confiée par le ministre et relevant de ses compétences.

#### II.1.2 Organisation de la DGIR

Pour bien fonctionner, la direction générale des infrastructures routières comporte en son sein des services tel que le service administratif et financier, le secrétariat particulier, le service passation et gestion des marchés, le service informatique, et de la documentation et deux directions connexes à savoir la direction des travaux routiers et la direction des ouvrages spécifiques.

❖ La direction des travaux routiers (DTR).

La DTR est chargée de la gestion administrative et technique, du contrôle technique ou de la supervision des travaux de constructions neuves et de reconstruction des routes du réseau classé et ouvrages d'art exécutés à l'entreprise, de la vérification et/ou du contrôle des quantités et des métrés qui découlent de l'exécution des Travaux, de la participation aux réceptions provisoires et définitives des travaux et de la gestion des décomptes.

❖ La direction des ouvrages spécifiques (DOS).

Elle a pour mission la gestion administrative et technique, du contrôle ou de la supervision des travaux des ouvrages spécifiques exécutés à l'entreprise, de la participation aux réceptions provisoires et définitives des travaux des ouvrages spécifiques pour le compte de l'administration et de la gestion des décomptes.

La figure ci-dessous présente l'organigramme de la DGIR

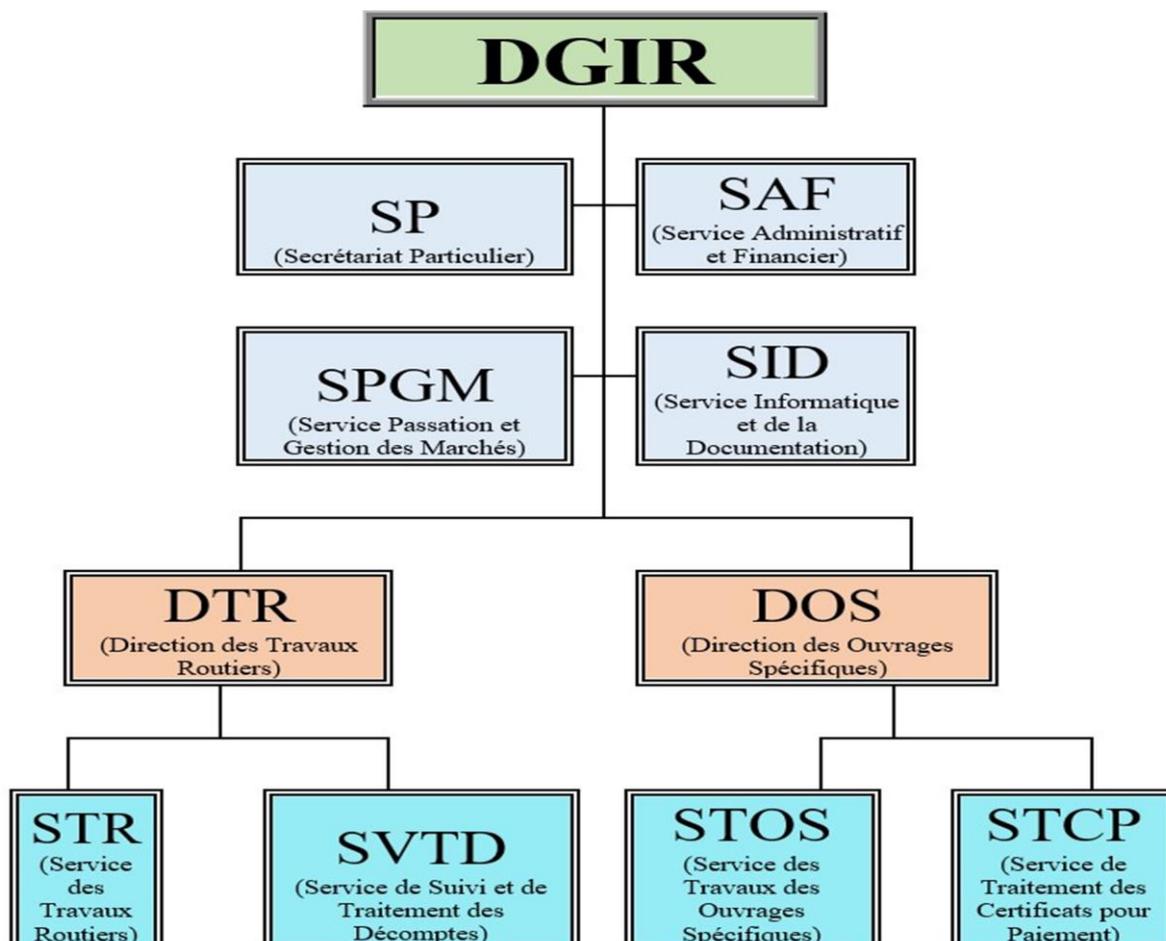


Figure 1:organigramme de la DGIR (source : DGIR)

## II.2 Présentation de la zone de projet

La zone du projet se situe dans la région du Centre et concerne principalement la province du Kadiogo. Cette province qui abrite la capitale du Burkina Faso est située globalement dans une fenêtre comprise entre 2°00' et 1°15' de longitude ouest, et entre 12°45' et 12°00' de latitude nord.

La province du Kadiogo couvre une superficie de 2 854 Km<sup>2</sup> et se subdivise en 5 arrondissements (Baskuy, Bogodogo, Boulmiougou, Nongr-Massom, Sig-nonghin) et six départements (Komki-Ipala, Komsilga, Koubri, Pabré, Saaba, Tanghin-Dassouri) renfermant 148 villages. Elle est limitée :

- Au nord, nord-ouest et à l'Est par la région du plateau central ;
- A l'ouest par la région du centre ouest ;
- Au sud par la région du centre sud.

Les voies de contournements prévues dans le cadre de ce projet ceinturent la ville de Ouagadougou et développe un linéaire de 125 Km environ. Le projet se subdivise principalement en deux branches à savoir, la branche nord qui va de la RN4 à la RN1 en traversant la RN3, RN22 et RN2, et la branche sud qui part de la RN4 à la RN1 en traversant la RN5 et RN6. Ci-dessous, la figure illustrant la localisation du projet de voies de

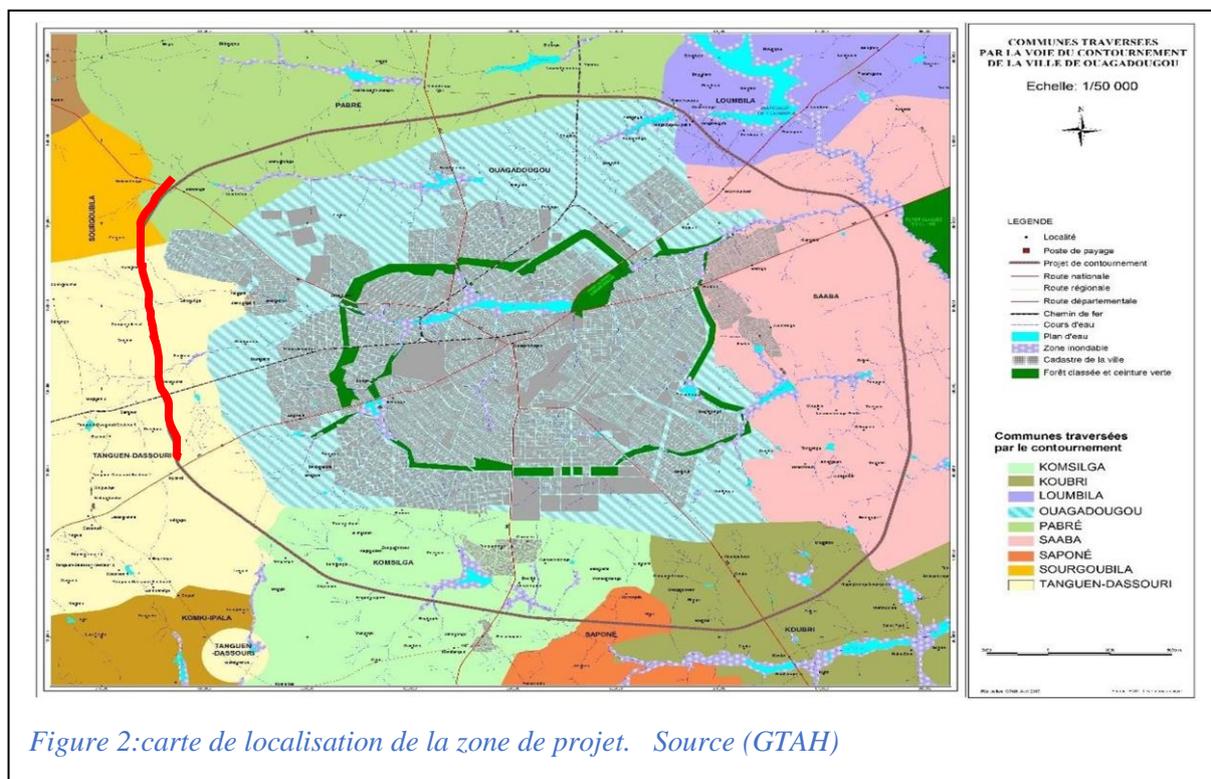


Figure 2: carte de localisation de la zone de projet. Source (GTAH)

contournement.

Dans le cadre du présent mémoire, notre étude se déroule dans la branche nord du contournement plus précisément l'axe reliant la RN1 à la RN2 et qui est situé entre Pabré et Bendatoega. La longueur du tronçon de route est d'environ 17km.

➤ Végétations, sols et relief

Les écosystèmes de la zone sont caractérisés par des savanes boisées, arborées et arbustives. Ils proviennent de la transformation de formations végétales de forêts claires suite aux actions conjuguées de la péjoration climatique et de l'anthropisation.

Le relief de la zone de projet s'étant sur une pénéplaine façonnée dans un massif précambrien et se caractérise par un relief monotone dans la majeure partie des cas avec des dénivellations peu marquées. On y retrouve une altitude moyenne variant de 270 à 370 m et quelques singularités marquée par la présence de points hauts constitués par des collines birimiennes ou d'affleurements de roches nues s'y observent.

Quant à la nature des sols, on distingue quatre types de sols :

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions : Lessivés sur matériaux sableux, sablo-argileux ou argilo-sableux ;
- Les sols peu évolués d'érosion sur matériaux gravillonnaires : Ce sont des sols à texture généralement sableuse très grossière en surface, avec de très nombreuses concrétions ;
- Les sols bruns eutrophes vertiques : On les rencontre en proportion très faible sur les tronçons étudiés ;
- Les sols hydromorphes minéraux à pseudogley sur matériaux à textures variées : Ce sont des sols engorgés en surface ou sur l'ensemble du profil. Ces sols sont rencontrés surtout au niveau des plaines alluviales bordant le réseau hydrographique (Massili et ses affluents). (Source : Rapport d'APD fourni par l'entreprise)

➤ Hydrographie

Le réseau hydrographique que rencontre les différentes voies de contournement appartient au bassin du fleuve Nakambé (ex Volta blanche) et ses nombreuses ramifications. Situer plus précisément dans le sous bassin du Massili, la zone du projet est drainée par un réseau

hydrographique dense constitué essentiellement de bas-fonds et d'affluents périodiques à régime pluvial tropical fortement tributaire des précipitations.

### III PRESENTATION DU PROJET

#### III.1 Contexte et Justification

Dans sa nouvelle stratégie de développement du secteur des transport pour la période 2000 à 2010, le gouvernement du Burkina Faso a élaboré un programme fixant de manière réaliste et pragmatique les objectifs du secteur pour les cinq années à venir. Ces objectifs permettent entre autres d'assurer une bonne structuration du réseau national afin de lui permettre de jouer pleinement son rôle dans les actions de développement économique et des échanges commerciaux. Cela nécessite un maintien du réseau dans un bon état afin de réduire les couts d'exploitation des véhicules et d'accroitre la sécurité des usagers. Cette politique permettra ainsi de renforcer les activités productrices et commerciales entre régions d'une part, et avec les pays limitrophes d'autre part.

La nécessité de promouvoir le commerce et les échanges, l'importance du développement des villes, la position du Burkina Faso en tant que pays enclavé et l'aspiration à un accès facile et sans contraintes aux services et au équipements publics, le transport apparait comme étant un secteur au cœur de l'ensemble de ces problématiques de développement et est considéré par les pouvoirs publics comme étant une des principales priorités.

Cependant, l'urbanisation rapide et non maitrisé à laquelle s'ajoute un fort taux de pression démographique et un accroissement du trafic ont rendu problématique la gestion de la circulation. En effet, l'accroissement important du trafic dans la ville de Ouagadougou observé au coup de ces dernières années est à l'origine de l'apparition des problèmes de congestion au niveau des principales artères de la ville. Cette congestion est ressentie avec acuité dans la partie centrale de la ville qui d'une part concentres plusieurs activités économiques (bureaux, services, commerces, loisirs, ...) et d'autre part est le siège d'un trafic de plus en plus important favorisé par l'inexistence d'une route de contournement adaptée.

Le boulevard circulaire actuel qui joue un rôle très important en matière de prise en charge du trafic (principale voie d'échange entre Ouagadougou et les autres villes du Burkina Faso d'une part et entre Ouagadougou et l'étranger d'autre part) n'est pas bouclé du côté nord. Ce

handicap de taille fait qu'une partie importante du trafic de transit Est-Ouest s'effectue par la voirie centrale de la ville et contribue ainsi à sa saturation. Par ailleurs, il faudra noter que le boulevard des Tansoba constitue non seulement la principale voie de jonction Ouagadougou-Est et Ouagadougou-Ouest pour les véhicules de transport de marchandises, mais aussi l'une des grandes artères de circulation emprunté par une grande partie de la population de la ville demeurant dans les quartiers périphériques de la zone de projet. Si cette situation perdure, on assistera dans un future proche a une asphyxie du centre-ville et a une situation tout à fait contraire à celle qui doit être observée, à savoir : un centre-ville agréable à fréquenter avec une circulation peu dense et des espaces dédiés aux piétons et aux modes de déplacements non ou peu polluants (vélos et transport public).

Ainsi, le gouvernement du Burkina Faso à travers le ministère des infrastructures met en œuvre le projet de construction et de bitumage des voies de contournement de la ville de Ouagadougou d'un linéaire de 125Km et s'étend du nord au sud.

## III.2 Objectifs de l'étude

### III.2.1 Objectifs

#### ➤ Objectif général

L'objectif général de cette étude est de proposer des solutions techniques pour la construction et l'aménagement du tronçon de route reliant la nationale n°1 à la nationale n°2 dans le cadre du projet de construction des voies de contournement de la ville de Ouagadougou.

#### ➤ Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de cette étude se définissent comme suit :

- L'élaboration des documents de géométrie (tracé en plan, profil en long, profil en travers ;
- Le dimensionnement structural de la chaussée ;
- Le dimensionnement des ouvrages d'assainissement (dalots, caniveaux) ;
- L'évaluation du coût du projet ;
- Le suivie des travaux d'exécution.

## III.3 Diagnostic /état des lieux

Le tracé du projet de construction de la voie de contournement est nouveau et il n'existe aucun ouvrage le long de celui-ci. L'étude d'APD montre que le couloir du tracé du tronçons

faisant l'objet de notre étude traverse la cité de Bassinko et la colline sacrée de Nyimdi, ce qui pourra favoriser le changement du couloir. Le tronçon débute au village de Nyimdi, et traverse les villages (Poédogo, Tensouka, Nabitenga I, Sankouy, Gouma, Koankin II, Zékounga, Tinsouka) pour finir au village de Sabtenga.

L'accès pour les engins est très difficile suite à la présence sur le site des arbres et arbustes par endroit, mais aussi des affleurements rocheux qui constituent des potentiels carrières de matériaux granulaire pour la réalisation de notre projet. Il a été aussi identifié le long du tronçon des emprunt latérique.

### III.4 Données de base

Les données préliminaires ou de base nécessaires à l'étude du projet et qui ont été fournies par la structure d'accueil sont essentiellement les données topographiques et cartographiques, géotechniques, climatiques et des données de trafic.

#### ✓ Etude cartographique

Cette étude s'est basée essentiellement sur la photo-interprétation faite à base des photos aériennes complétées par des données de lotissement. Les photographies ont été callées sur des points connus (avec comme référence de base la borne GPS99 de l'IGB) et interprétées au stéréoscope. Le consultant a également utilisé des images satellitaires (Landsat ETM 2000, Quick Bird et Google Earth), la carte au 1/50 000<sup>e</sup> de la ville de Ouagadougou de 1980, et celle au 1/100 000<sup>e</sup> éditée en 2000, exploitées les visites effectuées sur le terrain afin de compléter et actualiser les différentes informations de base sur les réseaux routier et hydrographique, les affleurements rocheux significatifs.

#### ✓ Etude topographique

Le couloir (polygone et emprise) défini sur la carte a été implanté et levé en détails en vue de ressortir les contraintes physiques naturelles et anthropiques qui s'y trouvent. Les données de terrain ainsi collectées ont été traitées à l'aide des logiciels COVADIS TOPO, PISTE et AUTOCAD. Ce travail a permis de relever la situation réelle des concessions, des passages d'eau, les monticules et escarpements, l'allure du terrain naturel, des fermes et les zones de culture, les cimetières, les arbres et les pistes inter villages. Dans la suite des travaux, certaines parties de ce couloir ont subi des modifications donnant lieu à des travaux complémentaires de terrain

Les listings des coordonnées (X, Y, Z) rattachées au nivellement général du Burkina Faso, est constitué des sommets de la polygonale avec chacun deux (02) bornes de déports de part et d'autre de l'axe, ainsi que de dix-neufs (19) bornes GPS implantés.

✓ Etude géotechnique

Il était question pour nous ici d'effectuer des travaux de terrain donc la reconnaissance des sols au travers des puits exécutés manuellement et en quinconce le long du tracé et à des intervalles de 250m, de repérer des emprunts et des carrières pouvant nous approvisionner en matériaux de chaussée et également d'ouvrages d'assainissement. Au total 67 puits ont été réalisés le long du tronçon avec des profondeurs d'environ 80 cm sous le niveau du terrain naturel. On note la présence des affleurements de roche au PK 2+700 et au PK 7+300.

Après cette phase de terrain viens l'étude au laboratoire. Des échantillons remaniés prélevés dans chaque puits ont été amenés au laboratoire pour analyse visuelle et essais afin de déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques. Il s'agit des essais de :

- Analyse granulométrique
- Equivalent de sable et/ou limites d'Atterberg
- Proctor modifié-CBR (10, 25 et 56 coups) immergé pendant quatre jours.
- Essais mécaniques sur les échantillons de roche prélevés.

Les résultats issus de ces études géotechniques sont consignés en annexe 2

Cette étude nous permettra pour le dimensionnement, et avec les recommandations du CCTP (couche de forme de 30 cm d'épaisseur et CBR à 95% de l'OPM d'une valeur min de 20 MPa) de choisir des emprunts pour la réalisation de la couche de forme et ainsi classé le sol support et la plate-forme. D'après les tableaux de classification de CEBTP ci-dessous, nous avons un sol support de classe S4 et une plate-forme de type pf3 pour notre CBR de 27,4 MPa.

Tableau 1:classe de portance des sols

CLASSE DE PORTANCE	CBR (MPa)
S1	CBR <5
S2	5<CBR<10
S3	10<CBR<15
S4	15<CBR<30
S5	CBR>30

Source :(guide de dimensionnement du CEBTP)

Tableau 2:type de plate-forme

Module (MPa)	20	50	120	200
Classe de portance	Pf1	Pf2	Pf3	Pf4

Source :(SETRA LCPC)

#### ✓ Etude du trafic

L'étude du trafic a consisté à estimer le trafic cumulé des essieux équivalent de treize (13) tonnes devant emprunter la chaussée sur sa durée de vie théorique. Le trafic tient compte du trafic journalier poids lourd supérieurs à cinq (05) tonnes à la date de mise en service probable et de son évolution. Le sens le plus chargé comprend deux (02) voies dont une voie lente qui est d'office la voie la plus chargée à prendre en compte. L'étude du trafic mené par l'entreprise fait ressortir un trafic de 350 PLs/j à la date de mise en service qui était supposé être 2014. Il convient donc, par manque de donnée actualisé de faire une projection de ce trafic pour la nouvelle date théorique de mise en service 2023.

#### ✚ Evaluation du trafic équivalent NE

$$NE = N \times CAM$$

Avec N (nombre cumulé de poids lourd pour la periode de calcul) =  $365 \times MJA \times C$ , et en absence de donnée nous utiliserons le CAM par défaut qui est de 0,8

$C$  (facteur de cumul) =  $\frac{(1+\tau)^p-1}{\tau}$  Avec  $\tau$  (5%) le taux d'accroissement et  $p$  la durée de vie probable de la chaussée.

$$TJMA(2023) = TJMA(2014) \times (1+\tau)^9 = 350 \times (1+0,05)^9$$

$$TJMA(2023) = 542,96 \text{ soit } 543 \text{ PLs/j}$$

Ne disposant pas d'information précise sur la distribution par voie du trafic poids lourds, le coefficient de répartition de 90% sera appliqué pour déterminer le trafic sur la voie lente.

D'où TJMA (2023) sur la voie lente est de 489 PLs/j

$$N = 365 \times 489 \times \frac{(1+0,05)^{15}-1}{0,05} = 3851449,92 \text{ PLs soit } 3851450 \text{ PLs}$$

$$\text{Alors NE} = 365 \times 489 \times \frac{(1+0,05)^{15}-1}{0,05} \times 0,8 \quad \text{NE} = 3081160 \text{ PLs}$$

Ce qui correspond à un trafic de classe T3 suivant le guide de dimensionnement CEBTP.

Tableau 3: classes de trafics

Classe de trafic	N équivalent PL (CEBTP)	Trafic équivalent (véh/j)
T <sub>1</sub>	< 5×10 <sup>5</sup>	<300
T <sub>2</sub>	5×10 <sup>5</sup> à 1,5×10 <sup>6</sup>	300 à 1000
T <sub>3</sub>	1,5×10 <sup>6</sup> à 4×10 <sup>6</sup>	1000 à 3000
T <sub>4</sub>	4×10 <sup>6</sup> à 10 <sup>7</sup>	3000 à 6000
T <sub>5</sub>	10 <sup>7</sup> à 2×10 <sup>7</sup>	6000 à 12000

Source : (guide de dimensionnement CEBTP)

## IV Méthodologie de conception et résultats attendus

### IV.1 Description de la méthodologie générale suivie pour réaliser l'étude de faisabilité

La réussite de notre étude doit passer par une méthodologie rigoureuse et bien élaborée afin de satisfaire, non seulement aux exigences du maître d'ouvrage mais aussi des usagers qui emprunteront cette route. Pour cela nous procéderons comme suit :

- Etudes préliminaires ou de bases (collecte et traitement des données)
- Conception et dimensionnement de la chaussée ainsi que des ouvrages d'assainissements.
- Etude financière

➤ Suivi d'exécution

#### IV.2 Démarche adoptée pour la réalisation de l'étude

Les études techniques débuteront par le traitement des données topographiques ainsi que la conception géométrique au moyen des logiciels AutoCAD et Piste 5 afin de ressortir les documents de géométrie du projet. Ensuite nous mènerons les études géotechniques et de trafic, qui nous permettront de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée. Cette structure sera alors vérifiée au moyen du logiciel ALIZE. Afin de mettre rétablir les écoulements naturels et assainir la chaussée, nous procéderons à la conception et au dimensionnement des ouvrages d'assainissement. Ces calculs se feront suivant les règles de dimensionnement béton armé BAEL91 modifié 99. Enfin nous estimerons le coût du projet.

#### IV.3 Résultats attendus

Dans le cadre de cette étude, nous attendons les documents suivants :

- Les plans de géométrie (tracé en plan, profil en travers et profil en long) ;
- Les épaisseurs et matériaux constitutif de la structure de chaussée ;
- Les plans de ferrailage des ouvrages d'assainissement ;
- Une revue d'étude d'impact environnementale et social ;
- Le coût du projet.

### V ETUDE TECHNIQUE

#### V.1 Conception géométrique et dimensionnement structurel de la chaussée

La conception géométrique d'une route est l'ensemble des activités de bureau qui permettent de proposer des paramètres nécessaires et convenable afin d'assurer le confort et la sécurité des usagers devant emprunté cette route. Ces activités vont du choix du tracé jusqu'à l'estimation du coût du projet en passant par l'établissement et les calculs des différents plans permettant la parfaite définition du projet routier. Les conditions techniques dans lesquelles doivent être aménagées les différentes infrastructures routières sont définies par des normes. Faute de réglementations locale, la conception de nos routes respecte les réglementations françaises qui sont les suivantes :

- I.C.T.A.A.L : l'instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.

- I.C.T.A.R.N : l'instruction sur les conditions techniques d'aménagement des routes nationales.
- I.C.T.A.V.R.U : l'instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines.

Le respect des normes ci-dessus ainsi que des termes de références, nous permettent de choisir le type de route à étudier et ainsi décrire le projet au moyen des documents tel que le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

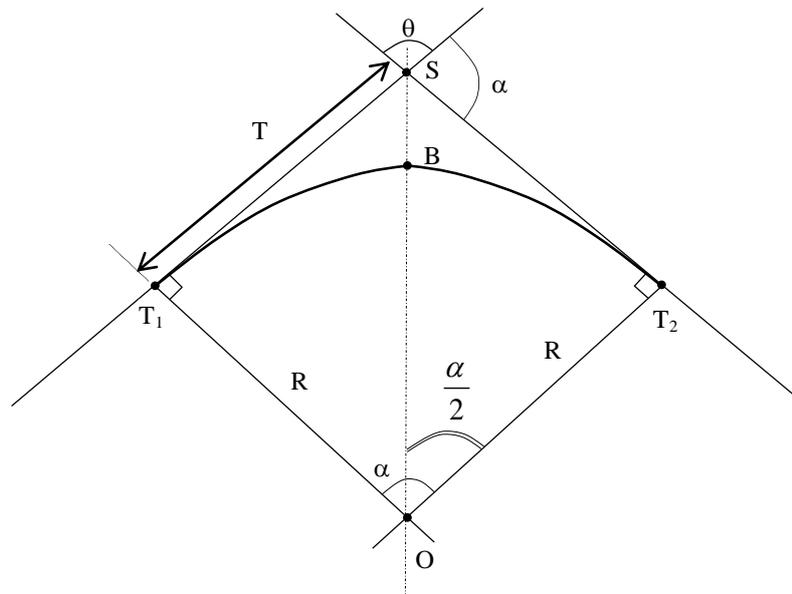
## V.2 Choix du type de route

A chaque type de route est associé des paramètres de base bien défini. Il convient donc de bien choisir le type de route. La norme la mieux adapté à notre projet est l'ICTAVRU car le TDR a fixé la vitesse de référence à 100 km/h et notre route traverse des zones urbaines. La conception suivra les paramètres du type de voie A et de catégorie A100.

### ✚ Le tracé en plan

Le tracé en plan peut être défini comme une vue aérienne de la route. Il est constitué d'une succession d'alignements droits reliés entre eux par des arcs et/ou des courbes circulaires ou paraboliques. Il existe deux types de raccordements :

- Raccordement simple



R : Rayon de raccordement  $T_i$  : Points de tangence

BS : Bissectrice

$\theta$  : Angle au sommet S : Sommet de raccordement

T : Tangente  $\alpha$  : Angle au centre

$$\overline{ST_1} = \overline{ST_2} = T \quad D_\alpha = \text{Arc}(T_1BT_2)$$

Les différentes relations trigonométriques donnent les formules ci-dessous :

a) *Calcul de l'angle au centre :  $\alpha$*

D'après la figure ci-dessus, on a  $200 = \alpha + \theta \Rightarrow \alpha = 200 - \theta$  (gr)

L'angle au centre est :  $\alpha = 200 - \theta$  (gr)

b) *Calcul de la tangente : T*

$$\text{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{T}{R} \Rightarrow T = R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{La tangente est : } T = R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}$$

c) *Calcul du développement de l'arc du cercle :  $D_\alpha$*

Nous savons qu'un tour de cercle de rayon R ( $2\pi R$ ) vaut 400gr, ce qui implique que pour un balayage d'un angle  $\alpha$  (en grade), on a :

$$2\pi R \longrightarrow 400 \text{ grades}$$

$$D_\alpha \longrightarrow \alpha$$

$$D_\alpha = \frac{\pi}{200} R \cdot \alpha \text{ (gr)}$$

d) *Calcul de la bissectrice :  $\overline{SB}$*

$$\overline{SO} = \overline{SB} + R \Rightarrow \overline{SB} = \overline{SO} - R \quad (1) \quad \text{et} \quad \text{Cos} \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{\overline{SO}} \quad (2)$$

$$(2) \Leftrightarrow \overline{SO} = \frac{R}{\text{Cos} \frac{\alpha}{2}} \quad (3)$$

En remplaçant (3) dans (1) on obtient :  $\overline{SB} = \overline{SO} - R = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R = R \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$

La bissectrice est :  $\overline{SB} = R \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$

- Raccordement progressif : par la table de KRENZ – OSTERLOH
  - a) Détermination du dévers dans la courbe.
  - b) Calcul de la longueur minimale de correction de dévers.

$$L_{\text{mini}} = \frac{(d+3)VR}{7,2} < A < \frac{R}{2}$$

c) Calcul de  $\frac{L_{\text{mini}}}{R}$

d) Choisir toute clothoïde dont  $\frac{L}{R} > \frac{L_{\text{mini}}}{R}$

e) Vérifier les conditions suivantes :

❖  $L \text{ clothoïde} > L_{\text{mini}}$

❖  $\frac{R}{3} < A < \frac{R}{2} \iff \frac{1}{3} < \frac{A}{R} < \frac{1}{2}$

❖  $\Delta R \geq 0,5; \tau \geq 3^\circ$

Le tracé étant nouveau, il a été fait de sorte à être le plus économique possible en évitant les zones de grande dépression ainsi que les zones construites. La définition de l'axe en plan s'est faite au moyen du logiciel Autocad et les coordonnées de cet axe ont été exportées dans le logiciel piste pour l'élaboration des autres profils. La longueur développée de l'axe en plan est de 17541,356 m. Le tableau ci-dessous présente les valeurs limites considérer pour la conception de l'axe en plan et en fonction de la vitesse de référence (100 Km/h pour notre projet).

Tableau 4: caractéristique du tracé en plan pour les voies rapides urbaines

Catégories	A80	A100
Rayon non déversé (dévers : $\delta = -2,5\%$ )	400 m	800 m
Rayon au devers minimal (dévers : $\delta = 2,5\%$ )	300 m	500 m
Rayon minimal (dévers : $\delta = 5\%$ )	240 m	425 m

Source : ICTAVRU

#### Conception du profil en long

Le profil en long représente une coupe verticale effectuée en suivant l'axe du tracé en plan. Il donne des renseignements sur les altitudes et les pentes de la route. Il est obtenu en utilisant le fond de plan altimétrique sur lequel a été tracé l'axe du tracé en plan. On distingue :

##### ➤ Le profil en long du terrain naturel

C'est la représentation sur un plan vertical des différents points (en x et z) du terrain naturel suivant l'axe du tracé en plan. Il est généré par le logiciel piste sur la base des levées topographiques. Pour les différents points obtenus le long de l'axe en plan, l'altitude du terrain naturel est obtenue par lecture directe ou par interpolation sur le fond de plan altimétrique.

##### ➤ Le profil en long du projet (ligne rouge)

C'est la représentation des éléments définissants en altitude la route suivant le cheminement du tracé en plan. L'élaboration de ce profil se fait en tenant compte du relief, l'épaisseur des couches de chaussée, les cotes de calage des ouvrages d'assainissement et du cout que pourrai engendrer les cubatures.

Les pentes et rampes du profil en long sont raccordées par des éléments circulaires ou paraboliques. Les raccordements en point haut sont appelé des raccordements en angle saillant et ceux en point bas sont des raccordements en angle rentrant.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs minimales dans l'élaboration des profils en long.

Tableau 5: caractéristique minimale pour le profil en long des voies rapides urbaines

Catégorie	U 60	U 60 et A 80	A 100
Déclivité moyenne $\pi$	6%	6%	5%
Rayon normal en angle saillant	2500 m	6000 m	10000 m
Rayon minimal en angle saillant	1500 m	3000 m	6000 m
Rayon normal en angle rentrant	1500 m	2000 m	3000 m
Rayon minimal en angle rentant	800 m	1000 m	1500 m

Source : ICTAVRU

La réalisation du profil en long a été conditionné par certaines contrainte comme :

- ✓ La cote de calage des ouvrages hydraulique.
- ✓ Les purges ou substitutions à réaliser sur le sol support
- ✚ Conception du profil en travers

Les profils en travers sont des coupes verticales effectué perpendiculairement à l'axe du tracé en plan. Ils nous renseignent sur les dimensions transversale (largeur et devers de la chaussée, largeur et devers des accotements, formes et sections des fossés latéraux, pente des talus). Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de nos profils en travers.

Tableau 6: conception transversale de la route

DESIGNATION	Dimensions
<b>Chaussée</b>	2×2×3,5 m
<b>Piste cyclable</b>	2×1,5 m
<b>TPC</b>	10 m
<b>Pente transversale (devers)</b>	2,5%
<b>Pente des talus en remblais</b>	3H/2V
<b>Pente des talus en déblai</b>	1H /1V
<b>Fossé triangulaire en terre</b>	2×1,5 m

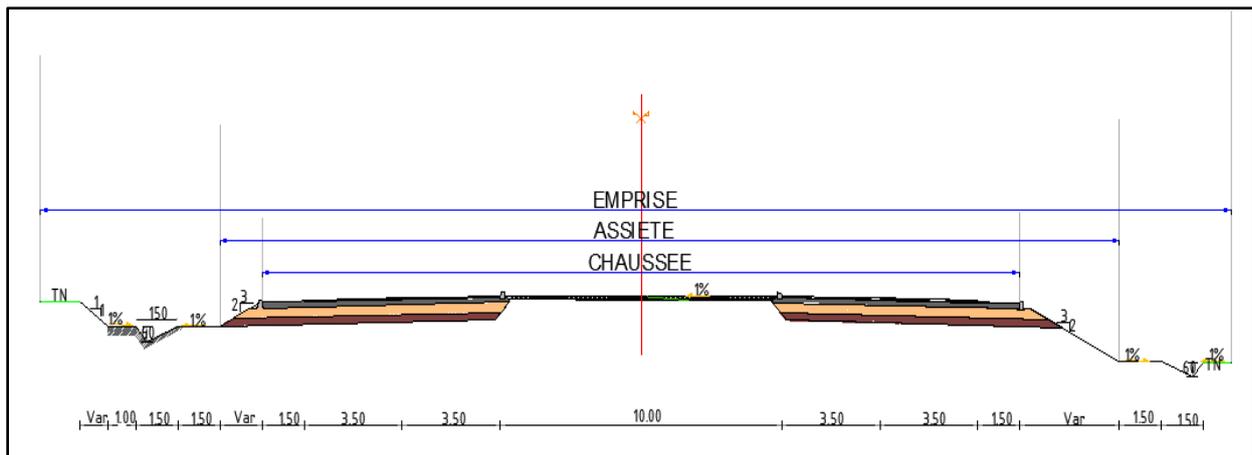


Figure 3: Coupe schématique de la route

- Aménagement des voies d'entrée et de sortie de la route

Le long du projet, il existe des voies permettant aux populations riveraines d'entrer ou de sortir des voies du projet. Des amorces seront aménagées sur une longueur d'environ 20 m avec un raccordement circulaire de rayon 8 m au contact avec la chaussée.

## VI DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DE LA CHAUSSEE

Le dimensionnement de la structure de chaussée sera essentiellement basé sur le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP). Suivant cette méthode, l'étude et la connaissance de certains paramètres d'entrée est nécessaire. Il s'agit entre autres de la portance du sol support et du trafic et de la durée de vie de l'ouvrage. En rappel, les études de base ont permis de ressortir ces paramètres et nous avons donc un trafic  $T_3$  avec un support de classe  $S_4$ .

### VI.1 DETERMINATION DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE

La détermination de la structure de chaussée se fait en fonction des matériaux disponible, des conditions et de la maîtrise de la mise en œuvre. Le tableau ci-dessous donne les conditions de mise en œuvre pour les couches du corps de chaussée.

Tableau 7: conditions de mise en œuvre des couches du corps de chaussée

Couches	Valeur de CBR
<b>Base</b>	$\geq 80$ MPa à 95% de l'opm
<b>Fondation</b>	$\geq 30$ MPa à 95% de l'opm
<b>Sol support</b>	$\geq 5$ MPa à 95% de l'opm

## VI.2 Choix des variantes

Le choix des variantes s'est effectué en fonction des matériaux disponibles et des conditions de mise en œuvre pour chaque couche. Il est à noter que pour des trafics tel que le nôtre, la grave bitume est le matériau le plus adapté en couche de base car reprend au mieux les efforts engendrés par le trafic. La grave bitume ayant un module très élevé, le matériaux utilisé en couche de fondation devrait avoir un module sensiblement égale, mais dans la sous-région, ne possédant pas une grande variété de matériaux à module élevé, il a été décidé d'utilisé du graveleux latéritique amélioré au concassé (litho stabilisation). Nous avons donc fait le choix d'une structure de chaussée constituée de 5 cm de béton bitumineux en couche de roulement, 10 cm de grave bitume en couche de base et 15 cm de litho stabilisation en couche de fondation.

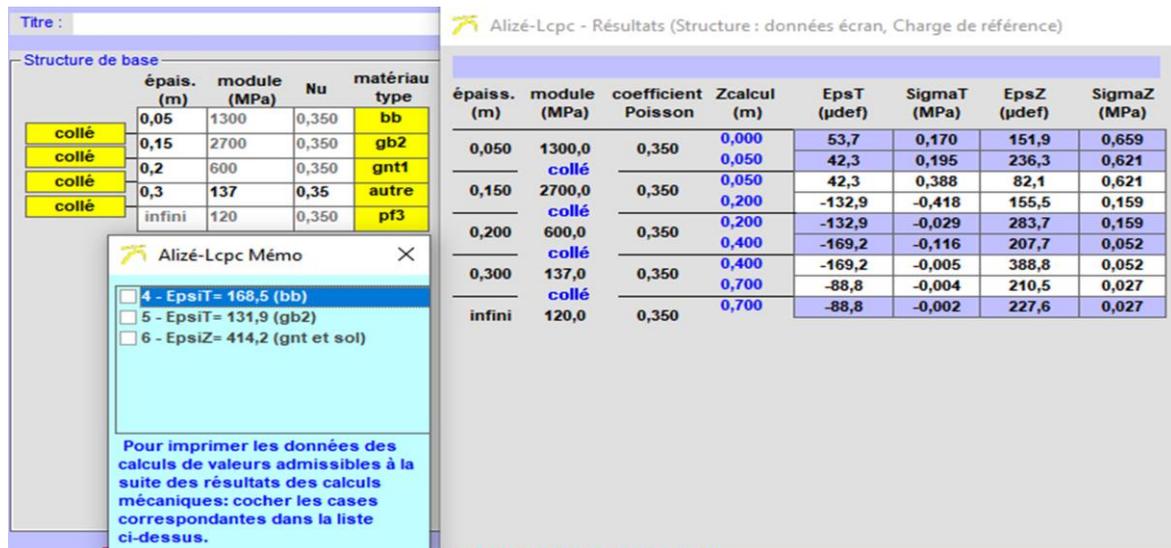


Figure 4: vérification de la structure de chaussée

## VI.3 Vérification des contraintes sur alize

Après vérification de la structure sur ALIZE, la structure de chaussée adapté pour le projet est constituée de : 5 cm de béton bitumineux en couche de roulement, 15 cm de grave bitume en couche de base et 20 cm de litho stabilisation en couche de fondation.

## VII RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS NATURELS

Les cours d'eau naturels s'écoulent suivant le réseau hydrographique du bassin versant. Il arrive très souvent que lors du tracé de nos projets routiers, certains cours d'eau soient traversés par ces projets empêchant ainsi l'écoulement naturel des cours d'eau. L'eau ne pouvant s'arrêter de couler, n'aura pour seule solution que de se façonner tout seul un autre chemin, ou alors d'inonder les plaines à l'amont de notre ouvrage. Cette recherche de chemin par l'eau pourra engendrer plusieurs conséquences néfastes sur l'ouvrage mais aussi sur les populations riveraines et les usagers du dit projet routier. C'est la raison pour laquelle nous rétablirons au mieux les écoulements naturels le long de notre projet, afin d'éviter ces désagréments. Pour cela, nous mettrons en place des ouvrages hydrauliques pour éviter d'interrompre les écoulements d'eau ou de favoriser les inondations.

Cette partie s'articulera autour de trois points à savoir :

- ✚ Etudes hydrologiques qui serviront d'évaluer les débits d'eau à transiter.
- ✚ Etudes ou dimensionnement hydraulique, qui serviront de donner les sections nécessaires pour transiter les débits.
- ✚ Dimensionnement structural des ouvrages pour assurer la stabilité de l'ouvrage.

### VII.1 Etudes hydrologiques

L'objectif de l'étude hydrologique est de déterminer les débits des différents écoulements traversant le projet. Cette détermination de débits peut se faire par plusieurs méthodes dépendant des caractéristiques des bassins versants ainsi que des caractéristiques de la zone d'étude.

#### ➤ Le climat

Le climat de la zone d'étude est déterminé en fonction des données pluviométriques des stations de Dassouri et de Ouagadougou aéroport, qui sont les plus proches du projet. De ces données il ressort que la zone est caractérisée par une saison pluvieuse qui s'étend sur six (06) mois allant du mois de mai à octobre et d'une saison sèche de six (06) mois également sur le reste de l'année. Il nous a été fourni par la mission de contrôle du projet, les pluies mensuelles ainsi que les pluies maximales journalières des stations de Dassouri et de Ouagadougou aéroport pour les années de 1994 à 2017. Ces données de pluies sont répertoriées en annexe 3.

- La pluviométrie annuelle a été déterminée en faisant la moyenne des pluies enregistrées pendant les années d'observation. Nous obtenons une pluie moyenne annuelle de 734,70mm, ce qui convient à un climat de type sahélien.
- La pluie décennale a été déterminée par l'ajustement de la loi de GUMBEL donnée par la formule suite :

$$X_p = \frac{u_p}{a} + x_o \text{ avec } u_p = -\ln[-\ln(f(x))] \text{ , } x_o = \bar{x} - \frac{0,577}{a} \text{ et } \frac{1}{a} = 0,78\sigma$$

Tableau 8: paramètres d'ajustement de la loi de GUMBEL

<b>Moyenne</b>	71
<b>Ecart type</b>	25,49
<b>Coefficient de variation</b>	0,36
<b>Paramètre d'échelle</b>	19,88
<b>Paramètre de position</b>	59,24
<b>Variable réduite de GUMBEL Up humide</b>	2,25
<b>Pluie décennale</b>	99 mm

## VII.1.1 Evaluation des débits de projet

### VII.1.1.1 Caractérisation des bassins versants

La détermination des débits de projet passe par la connaissance des caractéristiques physiques des bassins versants. Il est donc important de les déterminer avec précision au risque sous-évalué ou alors surestimé les débits de crue. La délimitation des bassins versants s'est faite à partir des logiciels Global Mapper et google Earth. En effet le tronçon étudié a été identifié et matérialisé sur Google Earth et exporté vers Global Mapper où le réseau hydrographique a été généré sur la base du modèle numérique de terrain. La figure ci-dessous nous présente les différents bassins

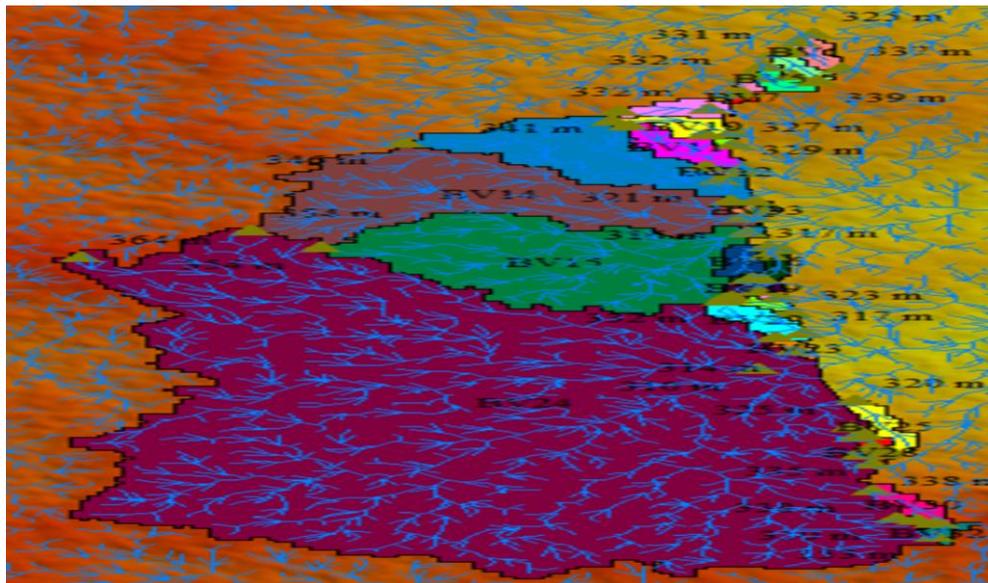


Figure 5: délimitation des bassins versant

#### VII.1.1.2 Estimation des débits

Il existe plusieurs méthodes de détermination des débits en fonction de la taille du bassin versant. Pour le cadre de ce projet, quatre (04) méthodes ont été retenues. Il s'agit de :

- ✚ La méthode rationnelle

La méthode rationnelle traite des bassins de petite taille et dont la superficie est inférieure ou égal à 4 km<sup>2</sup>.

Elle s'exprime suivant la formule

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,278 C \times I \times A \quad (1)$$

A : superficie du bassin en km<sup>2</sup>

C : coefficient de ruissellement du bassin

I : intensité de la pluie en mm/h.

La détermination de l'intensité (I) de la pluie se fait soit par une lecture sur les courbes intensité- durée -fréquence (idf), courbes fonction du temps de retour et du temps de concentration (tc), soit par calcul suivant la formule  $I=a \times tc^{-b}$  ou a et b représentent les

coefficients de Montana et  $t_c$  le temps de concentration déterminé à partir les formules de KIRPICH ( $t_c = \frac{L^{0,77}}{52P^{0,38}} = \frac{1}{52} \frac{L^{1,15}}{H^{0,38}}$ ) et de RICHARDS ( $\frac{tc^3}{tc+1} = 9,8 \times \frac{K.L^2}{C.R.P}$ ).

Avec :

$T_c$  : temps de concentration en (mm/h) pour KIRPICH et en (h) pour RICHARDS

L : distance (m) de l'exutoire au point le plus éloigné du bassin

H : dénivelée (m) entre l'exutoire au point le plus éloigné du bassin

Application de la méthode au bassin versant 1 (BV 1)

Tableau 9: caractéristique du bassin versant 1

Surface (km <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Dénivelée (m)	Pente	C	a	B
0,29	1800	12	0,011	0,7	7,5	0,5

- Avec la formule de KIRPICH

$$T_c = \frac{1}{52} \frac{L^{1,15}}{H^{0,38}} = 34,3 \text{ mn ce qui conduit } I = 145,96 \text{ mm/h}$$

$$D'où Q_{10} = 0,278 \times 0,7 \times 145,96 \times 0,29 = 8,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Avec la formule de RICHARDS

$$\frac{tc^3}{tc+1} = 9,8 \times \frac{K.L^2}{C.R.P} = 3175,2 \frac{K}{0,7 R}$$

$R = I \times (1+tc)$  et de la valeur de  $t_c$  et de  $I$  calculé avec la formule de KIRPICH nous avons :

$$R = 145,96 \times (1+0,572) = 229,45 \text{ d'où } CR = 160,61$$

D'après la courbe de CR en fonction de K, on trouve  $K=0,008$

$$\text{Donc } \frac{tc^3}{tc+1} = 0,12 \text{ et } 3175,2 \frac{K}{0,7 R} = 0,16$$

L'égalité des deux termes de l'expression n'est pas vérifiée donc nous poursuivons par itération.

Tableau 10: itération avec la méthode de Richards

Tc	I	R	CR	K	$3175,2 \frac{K}{0,7 R}$	$\frac{tc^3}{tc + 1}$
<b>0,5</b>	146	219	153,3	0,0085	0,176	0,083
<b>0,6</b>	146	233,6	163,52	0,0082	0,159	0,135
<b>0,63</b>	146	237,98	166,586	0,008	0,152	0,153

Donc pour  $t_c = 0,63h$  soit 37,8min et  $i = 146$  mm/h, les deux termes de l'expression sont quasiment égaux. Le débit de pointe décennale est donc  $Q_{10} = 0,278 \times 0,7 \times 146 \times 0,29 = 8,24$  m<sup>3</sup>/s.

REMARQUE : les débits calculés avec les méthodes de KIRPICH et de RICHARDS ne donne toujours pas le même débit. Parfois ils sont très différents et forment donc un intervalle de débit qui sera tranché avec la méthode de Manning Strickler.

#### Méthode Caquot

La méthode de Caquot est applicable à des bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km<sup>2</sup> et s'applique aux régions urbanisées ou alors en urbanisation. Elle peut être considéré comme une amélioration de la méthode rationnelle car elle ajoute à la méthode rationnelle, des facteurs sur le ruissèlement en zone urbaine tel que la dépendance du temps de concentration au débit du bassin versant et le stockage de l'eau dans le réseau. Cette méthode s'exprime à travers la formule :

$$Q(T) = K^{\frac{1}{u}} \times I^{\frac{v}{u}} \times C^{\frac{1}{u}} \times A^{\frac{w}{v}} \quad (2)$$

Avec K, u, v et w les coefficients d'ajustement de Caquot.

A : la surface du bassin versant

I : la pente du bassin versant

C : coefficient de ruissèlement

#### ▪ Allongement du bassin versant

Elle est donnée par la formule suivante :

$M = \frac{L}{\sqrt{A}}$  ; la formule de Caquot est généralement présentée pour  $M = 2$ .

Toute fois si la valeur de  $M$  est différente de zéro il convient d'apporter une correction au débit par un coefficient  $m$  donné par la formule  $m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0,7 \times b(T)}$ . Aussi lorsque  $M < 0,8$  on considère pour le calcul la valeur 0,8.

$L$  : est la valeur du chemin hydraulique (m ou hm)

$A$  : la surface du bassin versant ( $m^2$  ou ha)

- **Assemblage des bassins en Série**

Tableau 11: paramètre pour un assemblage en série

Surface équivalente	Coefficient de ruissellement	Pente moyenne	Allongement du bassin versant	Débit maximal
$A_{eq} = \sum A_j$	$C_{eq} = \frac{\sum C_j \times A_j}{\sum A_j}$	$I_{eq} = \frac{(\sum L_i)^2}{(\sum I_i)^2}$	$M_{eq} = \frac{\sum L_i}{\sqrt{\sum A_j}}$	Si $Q_{eq} < \max(Q_j)$ Alors $Q_{eq} = \max(Q_j)$

Source : Alain MOREL A L'HUISSIER, 1996

- **Assemblage des bassins en Parallèle**

Tableau 12: paramètre pour un assemblage en parallèle

Surface équivalente	Coefficient de ruissellement	Pente moyenne	Allongement du bassin versant	Débit maximal
$A_{eq} = \sum A_j$	$C_{eq} = \frac{\sum C_j \times A_j}{\sum A_j}$	$I_{eq} = \frac{\sum I_j \times Q_j}{\sum Q_j}$	$M_{eq} = \frac{L(Q_j, max)}{\sqrt{\sum A_j}}$	Si $Q_{eq} < \sum Q_j$ Alors $Q_{eq} = \sum Q_j$

Source : Alain MOREL A L'HUISSIER, 1996

- **Méthode ORSTOM ou Méthode RODIER AUVRAY**

Cette méthode est utilisée pour des bassins de superficie de l'ordre quelques dizaines d'hectare jusqu'à plus de 1500  $km^2$  dans les régions sahéniennes et tropicales sèches. Du fait que ces régions ont été traitées séparément, il est nécessaire de se référer à la check-list pour la détermination des paramètres. Elle est exprimée suivant la formule :

$$Q_{10} = m \times A \times \alpha \times P_{10} \times Kr_{10} \times \frac{S}{Tb_{10}} \quad (3)$$

Avec :

m : coefficient de majoration dépendant de la classe d'infiltration du bassin et de la zone climatique .

A : coefficient d'abattement,

S : superficie du bassin

Kr<sub>10</sub> : coefficient de ruissellement

P<sub>10</sub> : pluie journalière décennale

Tb<sub>10</sub> : temps de base

#### Méthode CIEH

Cette méthode traite des bassins versant dont la superficie est comprise entre 10 km<sup>2</sup> et 2500 km<sup>2</sup> en zone sahélienne et donc la superficie est inférieure à 1500 km<sup>2</sup> en zone tropicale sèche. Elle s'exprime par la formule

$$Q_{10} = a \times S \times P_{an}^p \times I_g^i \times Kr_{10}^k \times Dd \dots \quad (4)$$

Avec :

S : superficie du bassin

I<sub>g</sub> : indice globale de pente

Kr<sub>10</sub> : coefficient de ruissellement

P<sub>an</sub> : pluie annuelle moyenne

Dd : densité de drainage

Le tableau ci-dessous présente les débits obtenus pour le dimensionnement des ouvrages transversaux.

Tableau 13: Récapitulatif des débits pour dalot

METHODE RATIONNELLE								
Bassins	Surface (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Pente (%)	Longueur (m)	Tc (mn)	I(mm/h)	C	Q10 (m3/s)
BV1	0,29	3,361	0,011	1800	34,3	145,96	0,7	8,36
BV2	0,04	0,905	0,0161	30	1,3	540,32	0,8	4,39
BV3	0,24	3,044	0,0129	1410	26,7	161,21	0,7	7,47
BV4	0,05	1,521	0,0163	300	7,5	267,97	0,8	2,78
BV5	0,27	2,654	0,0137	1250	23,8	168,84	0,7	8,90
BV6	0,08	1,362	0,0105	190	6,2	289,68	0,8	4,74
BV7	0,07	1,207	0,0113	80	3,1	380,90	0,8	5,89
BV8	0,45	3,536	0,0119	1700	31,8	150,33	0,7	13,27
BV9	0,07	1,361	0,011	300	8,6	253,45	0,8	3,85
BV10	0,47	3,924	0,0129	2100	36,3	142,60	0,7	13,08
BV11	0,76	5,473	0,013	3210	50,2	125,28	0,7	18,63
BV12	0,07	1,374	0,009	420	12,1	221,63	0,8	3,45
BV13	3,46	12,154	0,0129	6950	91,3	98,63	0,7	66,57
BV16	0,64	3,808	0,0115	1860	34,6	145,47	0,7	18,23
BV17	0,18	2,808	0,0129	540	12,8	216,66	0,7	7,06
BV18	0,28	3,219	0,012	1790	33,0	148,15	0,7	8,13
BV19	0,23	2,319	0,0129	1060	21,5	176,02	0,7	7,95
BV20	0,07	1,195	0,0106	410	11,1	228,91	0,8	3,40
BV21	0,14	2,191	0,0143	860	17,6	190,69	0,7	5,80
BV22	0,55	4,237	0,015	2260	36,3	142,64	0,7	15,38
BV23	0,15	2,252	0,0141	740	15,7	199,30	0,7	5,80
BV25	0,46	4,843	0,0142	2860	44,4	131,56	0,7	11,72
BV26	0,05	1,005	0,0136	40	0,3	989,50	0,8	11,91
BV27	0,09	1,253	0,0117	270	7,8	264,28	0,8	5,40
BV28	0,04	1,016	0,0171	220	1,0	606,04	0,8	5,23
BV29	0,06	1,454	0,0177	220	5,7	299,76	0,8	4,29
BV30	0,41	4,038	0,0189	2060	30,9	152,02	0,7	12,05

<b>BV32</b>	0,19	2,32	0,0121	760	17,0	193,13	0,7	7,16
<b>BV33</b>	0,18	2,2	0,0143	790	16,4	195,75	0,7	6,74
<b>BV34</b>	0,10	1,669	0,0151	110	3,5	362,25	0,8	7,72
<b>BV35</b>	0,08	1,387	0,0133	400	10,0	238,75	0,8	4,15
<b>METHODE ORSTON/CIEH</b>								
<b>Bassins</b>	<b>S</b>	<b>P10</b>	<b>A</b>	<b>Kr10</b>	<b>Tb10</b>	<b><math>\alpha</math>10</b>	<b>Qr10(m3)</b>	<b>Q10(m3/s)</b>
<b>BV14</b>	7,34	99	0,887	0,15	360	2,6	11,64	11,99
<b>BV15</b>	7,87		0,883	0,15	360		12,42	12,79
<b>BV24</b>	57,03		0,771	0,12	900		25,17	25,92

Tableau 14: Débits pour caniveaux

Désignation	Assemblage	L(m)	S(ha)	i	c	Q(m <sup>3</sup> /s)
<b>BV-D1</b>		131,21	0,9	0,0161	0,8	1,11
<b>BV-D2</b>		124,37	0,2	0,0163	0,8	0,26
<b>BV-G1</b> <b>+BV-G2</b> <b>+BV-G3</b>	Série	250,615	0,93	0,0185751	0,8	1,12

## VII.2 Etudes hydrauliques

L'étude hydraulique consiste en la détermination des sections d'ouvrages devant permettre à transiter de manière transversale les écoulements traversant la chaussée, mais aussi de manière longitudinale pour les eaux de pluie provenant de la chaussée et des talus.

### VII.2.1 Choix de la nature des ouvrages

En construction routière, le franchissement des obstacles naturels ou artificiels peut se faire à l'aide de différents types d'ouvrages d'art (pont, dalot, buses, radier submersible, etc.). Ainsi pour le choix du type d'ouvrage hydraulique, plusieurs facteurs sont pris en compte à savoir :

- La topographie du terrain ;
- La largeur du lit ;
- L'importance du débit à évacuer ;

- Les caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage ;
- Hauteur côte de projet-talweg disponible ;
- Rapidité et facilité de mise en œuvre ;
- Les aspects sécurité, techniques, économiques et esthétiques.

Tableau 15: Paramètres du choix de l'ouvrage

Type d'ouvrage	Critères de choix
<b>Dalot</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Débits généralement élevés</li><li>- Faible hauteur ou ne nécessitant pas de remblai</li><li>- Importante largeur du lit d'eau</li><li>- Chargement statique et dynamique important</li></ul>
<b>Buse</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Débits</li><li>- Nécessitant un minimum de 80 cm de remblai</li></ul>

Deux types d'ouvrages ont été choisis pour ce projet. Il s'agit de :

- Dalots cadres fermés en béton armé pour les ouvrages transversaux.
- Caniveaux en béton armé pour les ouvrages longitudinaux en zone urbaine.
- Fossés en terre pour les ouvrages longitudinaux en zone non urbaine.

#### VII.2.2 Dimensionnement hydraulique des dalots

Les dalots sont des ouvrages sous chaussée qui ne nécessitent aucun remblai. Avant de dimensionner un ouvrage, il est important de connaître ses conditions de fonctionnement.

**La sortie sera dite noyée** lorsque le niveau de l'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage dépasse le bord supérieur de l'ouvrage. On aura un remous de type surélévation du niveau à l'amont, et de ce fait l'écoulement se fera en charge. Ce type de sortie s'observe dans les ouvrages situés en zones inondables ou dans le cas des ouvrages qui subissent les marées en zones littorales.

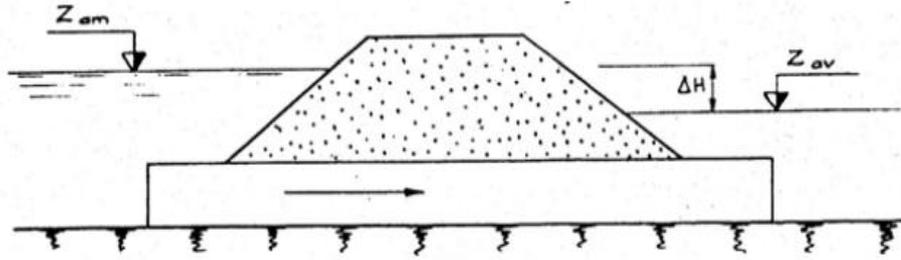


Figure 6: Ouvrage fonctionnant en sortie noyée

Lorsque le niveau d'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage est en dessous du bord supérieur de l'ouvrage, on dira que **la sortie est libre**. Dans ce dernier cas, l'écoulement dépendra du niveau amont, deux cas sont possibles :

- Si  $H_1 \leq 1,25D$  alors l'écoulement se fait en surface libre
- Si  $H_1 > 1,25D$  alors l'écoulement se fait en charge

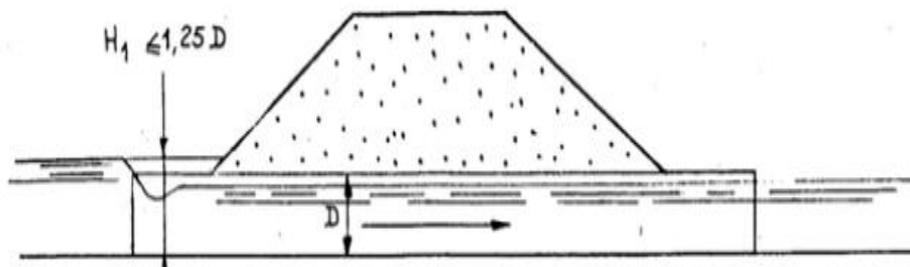


Figure 7: Ouvrage fonctionnant en sortie libre

Le dimensionnement des dalots a été fait par la méthode du livre "hydraulique routière" en suivant les étapes ci-dessous :

- ✚ Calcul de la profondeur en amont  $H_1$

Il s'agit de calculer la profondeur amont et de vérifier si celle-ci est conforme à la situation topographique de l'ouvrage.

- Tout d'abord il faudra estimer une valeur approchée de  $D$  hauteur de l'ouvrage et de  $B$  largeur de l'ouvrage en utilisant la formule de base suivante :

$$S = \frac{Q}{V} \text{ Avec :}$$

$S$ : section du dalot

$Q$  : le débit de projet

V : la vitesse limite étant à 3 m<sup>3</sup>/s pour les ouvrages en béton armé.

B et le nombre d'ouverture étant fixée on déduit aisément la valeur de D

- Ensuite on calcule le débit réduit Q\* en utilisant la formule :

$$Q^* = \frac{Q}{S\sqrt{2gD}} \quad (5)$$

Avec Q\* = le débit réduit

Q = le débit de projet (m<sup>3</sup>/s)

D = la hauteur du dalot

S = la section du dalot (m<sup>2</sup>)

g = accélération de la pesanteur

Une fois calculé, cette valeur nous permet de déterminer la valeur hauteur réduite H\*1 qui est égal à H1/D en utilisant l'abaque joints en **annexe 4 : abaque de détermination de H1/D**. la valeur de H1 est ainsi calculée par la relation.

**NB** : Si la valeur de H1 n'est pas acceptable pour le projet, il faut changer les valeurs de B et/ou D et/ou augmenté le nombre d'ouverture jusqu'à tomber sur une valeur acceptable. Si la valeur de H1 est acceptable pour le projet, il faut maintenant s'assurer que la vitesse de l'eau dans l'ouvrage reste dans les limites admissibles c'est-dire inférieur à 3 m/s dans notre cas.

✚ Calcul de la pente critique Ic

L'ouvrage doit être en mesure d'évacuer le débit critique correspondant à la profondeur amont H1. Pour cela, il faut s'assurer que la pente longitudinale I de l'ouvrage soit au moins égale à la pente critique Ic (I supérieure ou égale à IC). Le débit réduit Q\* pour la pente critique donné est fonction de la formule suivante :

$$Q^* = \frac{Q}{\sqrt{g \times B^5}} \quad (6)$$

Le calcul de Q\* nous permet de lire la valeur de I\*c sur l'abaque joint en **annexe 4 : abaque de détermination de I\*c** . Cette valeur de la pente I\*c nous permet ensuite de calculer la pente critique Ic par la formule suivante :

$$I_c = \frac{I_c^* \times g}{K_s^2 \times B^3} \quad (7)$$

$I_c$  = pente critique

$B$  = largeur du dalot

$K$  = le coefficient de rugosité de Manning

✚ Calcul de la vitesse dans l'ouvrage

Il s'agit de calculer la vitesse de l'eau dans l'ouvrage et de vérifier si celle-ci ne dépasse pas la vitesse limite admissible (égale à 3 m/s dans notre cas). Il faut donc calculer le débit réduit  $Q^*$  de la vitesse à partir de la formule dérivée de Manning.

$$Q^* = \frac{Q}{K \times I_{crit}^{\frac{1}{2}} \times B^3} \quad (8)$$

En lisant la valeur obtenue de  $Q^*$  sur l'abaque joint à l'**annexe 4 : abaque de détermination de  $v^*$** , on obtient la valeur de  $V^*$  qui nous permettra par la suite de calculer la vitesse, qui est donné par la formule :

$$V = V^* \times K \times I_{crit}^{\frac{1}{2}} \times B^3 \quad (9)$$

$V^*$  = la vitesse réduite

$V$  = la vitesse de sortie

Les conditions nécessaires pour valider le choix des dimensions du dalot sont les suivantes :

✚ La hauteur d'eau en amont doit être inférieures à la hauteur de l'ouvrage ( $H < D$ )

✚ La vitesse de sortie doit être inférieure à la vitesse admissible ( $V < \text{admissible}$ )

NB : Si la vitesse est acceptable le calcul est terminé, sinon il faut changer soit le nombre d'ouvertures, soit la largeur  $B$  et/ou la hauteur  $D$  et reprendre totalement tout le cheminement.

✚ La revanche

Elle se calcul à partir de la formule de MAILLET et PACQUANT qui s'exprime comme suit :

$R(m) = h + \frac{V^2}{2g}$  Où  $V = \frac{3}{2} + \frac{2}{3}h$  ,  $h = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{L}}{3}$  ( $L$  est la longueur du plan d'eau amont en Km).

Le tableau ci-dessous nous présente les sections d'ouvrages retenue permettant à faire transiter les débits de projet.

Tableau 16: Récapitulatif des sections de dalot

Bassins	Q10(m3/s)	N	B (m)	H (m)	Ic (%)	V (m/s)
<b>BV1</b>	8,36	2	2	1	0,031	2,87
<b>BV2</b>	4,39	1	1	1	0,026	2,17
<b>BV3</b>	7,47	1	2,5	1,5	0,0172	2,27
<b>BV4</b>	2,78	1	1	1	0,0223	2,16
<b>BV5</b>	8,90	2	1	1	0,029	2,96
<b>BV6</b>	4,74	1	1	1	0,0251	2,58
<b>BV7</b>	5,89	1	1	1	0,0251	2,52
<b>BV8</b>	13,27	2	2	1,5	0,0184	2,91
<b>BV9</b>	3,85	1	1	1	0,0243	2,42
<b>BV10</b>	13,08	2	2	1,5	0,0188	2,94
<b>BV11</b>	18,63	3	2	2	0,0173	2,94
<b>BV12</b>	3,45	1	1	1	0,0251	2,52
<b>BV13</b>	66,57	5	3,5	3,5	0,0127	2,94
<b>BV16</b>	18,23	3	2	2	0,0187	2,9
<b>BV17</b>	7,06	1	2,5	1,5	0,0169	2,92
<b>BV18</b>	8,13	2	1	1	0,029	2,96
<b>BV19</b>	7,95	1	2,5	1	0,02	2,99
<b>BV20</b>	3,40	1	1	1	0,0243	2,37
<b>BV21</b>	5,80	1	2,5	1	0,0193	2,51
<b>BV22</b>	15,38	2	2	2	0,0176	2,96
<b>BV23</b>	5,80	1	1	1	0,0251	2,6
<b>BV25</b>	11,72	2	2	1,5	0,0176	2,83
<b>BV26</b>	11,91	2	2	1,5	0,0183	2,65
<b>BV27</b>	5,40	1	1	1	0,022	2,34
<b>BV28</b>	5,23	1	1	1	0,017	2,17
<b>BV29</b>	4,29	1	1	1	0,021	2,61
<b>BV30</b>	12,05	2	2	1,5	0,0169	2,8

<b>BV32</b>	7,16	1	2,5	1,5	0,0184	2,87
<b>BV33</b>	6,74	1	2,5	1,5	0,0173	2,93
<b>BV34</b>	7,72	1	2,5	1	0,0179	2,71
<b>BV35</b>	4,15	1	1	1	0,012	2,57
<b>BV14</b>	11,99	2	2	1,5	0,0153	2,67
<b>BV15</b>	12,79	2	2	1,5	0,0211	2,97
<b>BV24</b>	25,92	3	2,5	2,5	0,0129	2,84

### VII.2.3 Dimensionnement hydraulique des caniveaux

Nous avons opté pour des caniveaux de section en U pour ce projet.

Le dimensionnement hydraulique des caniveaux se fait au moyen de la formule de Manning Strickler qui s'exprime comme suit :

$$Q = K_s \times S \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \quad (10)$$

Avec :

Q (m<sup>3</sup>/s) : débit maximal à l'exutoire ;

S (m<sup>2</sup>) = y (b + my) : section mouillée ;

P (m) = b + 2y√(1 + m<sup>2</sup>) : périmètre mouillée ;

R<sub>h</sub> (m) = S/P : rayon hydraulique ;

Ic (m/m) : pente longitudinale ;

m : fruit de berge (m = 0 pour une section rectangulaire) ;

K<sub>s</sub> : coefficient de rugosité de Manning Strickler (70 pour les parois en bétons)

y<sub>n</sub> : le tirant d'eau normal dans le caniveau

Le calcul se fait de façon itérative en fixant la base b et en déterminant le tirant d'eau de sorte que l'égalité  $\frac{Q}{i^{1/2}} = K_s \times S_{(y)}^{5/3} \times P_{(y)}^{-2/3} = Dy$  soit vérifié : c'est la débitance.

A ce tirant d'eau est ajoutée une revanche r et calculée par la formule :  $r = 0.2 + 0.15 \times Q^{1/3}$

Le tableau ci-dessous récapitule les sections trouvées

Tableau 17: Sections des caniveaux

Désignation	i	Q(m <sup>3</sup> /s)	b(cm)	y(cm)
<b>BV-D1</b>	0,0161	1,11	150	135
<b>BV-D2</b>	0,0163	0,26	85	85
<b>BVg1+BVg2+BVg3</b>	0,0185751	1,12	150	105

#### VII.2.4 Dimensionnement hydraulique des fossés

Tout comme les caniveaux, Les fossés servent à recueillir les eaux de ruissellement provenant de la chaussée et des talus extérieur pour les conduits vers un exutoire et ainsi protégé la route contre l'action de l'eau. Les fossés son généralement construit en rase campagne et selon la fonction, on distingue les fossés extérieurs qui ont pour rôle de collecter les eaux en provenance des bassins extérieurs, et les fossés latéraux situé de part et d'autre de la chaussée. Lorsque les débits provenant des écoulements naturels sont relativement faibles, et traversé par la chaussée, ces débits peuvent être collecté par les fossés et acheminé vers un dalot ou un ouvrage hydraulique traversant la route.

Le calcul de l'écoulement de l'eau dans un fossé est effectué à l'aide de la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K_s \times S \times R_h^{\frac{1}{2}} \times 10,5 \quad (11)$$

Avec :

Q : débit (en m<sup>3</sup>/s)

V : vitesse (en m/s)

K<sub>s</sub> : coefficient de Manning-Strickler

R<sub>h</sub> : rayon hydraulique

Le coefficient de Manning-Strickler à prendre en compte est de 30.

Les vitesses admissibles en fonction du type de matériaux sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 18: Vitesses d'écoulements admissible dans les fossés

Type de matériaux	Vitesse admissible (m/s)
Graviers cailloux moyens	1,8
Argiles compactes	1,10
Mélanges de sables graviers et limons	1,5
Sables fin argileux ou limons argileux	0,75
Limons ou argiles sableuses	0,90

Source : *Hydraulique routière BCEOM*

Calcul du débit capable des fossés.

$$R = \frac{h\sqrt{13}}{10} = \left(\frac{V}{K\sqrt{i}}\right)^{3/2}; S = \frac{13h^2}{12}$$

D'où  $Q = SV = \frac{50V^4}{6K^3i^{3/2}} = 1,56 \text{ m}^3/\text{s}$  avec  $V = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , et  $h = 0,6 \text{ m}$  et  $b = 1,5 \text{ m}$ .

Calcul de la longueur maximale de saturation

De la formule rationnelle  $Q = 0,28CIA$  qui est le débit ruisselé,

Avec :

$$A = L \times l$$

L : longueur maximale

L largeur de la route

Et de la formule de Manning-Strickler  $Q = K_s \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}$  qui donne le débit capable, nous pouvons trouver la distance de saturation en faisant l'égalité entre les deux débits avec  $B=1,50 \text{ m}$  et  $h= 0,6 \text{ m}$ .

$$Q = 0,28CILI = K_s \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}$$

$$\text{Cela nous donne } L = \frac{K_s S R h^{2/3} \sqrt{i}}{0,28 C I l}$$

La longueur de saturation est alors de 42 m

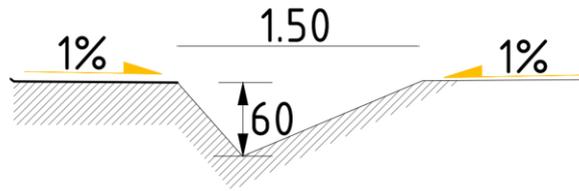


Figure 8: coupe transversale du fossé

## VIII DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES HYDRAULIQUE

Le dimensionnement structural consiste à déterminer les épaisseurs et sections d'acier pour chaque partie des ouvrages, qui leur permettront d'assurer en toute sécurité les fonctions pour lesquelles ils ont été implantés. A titre illustratif, le dalot de section  $3 \times 2,5 \times 2,5$  sera dimensionné manuellement et celui de  $5 \times 3,5 \times 3,5$  au logiciel CYPE. Le calcul suivra essentiellement les prescriptions du TDR ainsi que les règles de calcul des éléments en béton armé (BAEL 91 modifié 99), et le fascicule 61 titre II pour l'application des charges roulables.

### VIII.1 Prédimensionnement des dalots

#### Classe de pont

La classe de pont dépend de la largeur roulable de la chaussée qui est la largeur mesurée entre bordure de dispositif de retenue. Dans notre cas elle vaut 21m. conformément au tableau de classification, nous avons un pont de classe I.

Tableau 19: classe de pont

Classe	Largeur Roulable
<b>I</b>	$\geq 7$ m
<b>II</b>	$5,5 \text{ m} < L_r < 7$ m
<b>III</b>	$\leq 5,5$ m

Source : fascicule 61 titre II

#### Calcul du nombre de voies

$n = \text{int}(L_c / 3)$  or  $L_c = 21$  m car nous ne disposons pas de dispositif de retenue.

n= 7 voies

### Prédimensionnement du dalot (3×2,5×2,5)

Le prédimensionnement du dalot répond aux conditions suivantes :

- Suivant la cellule hydraulique

$e \simeq l / 15$  ou L représente la plus grande dimension de la cellule hydraulique

- Suivant la hauteur H du remblai

$$\checkmark e \simeq l / 10 - 5 \text{ cm si } H < 2 \text{ m ;}$$

$$\checkmark e \simeq l / 10 \text{ si } 2 \text{ m} < H < 4 \text{ m ;}$$

$$\checkmark e \simeq l / 10 + 5 \text{ cm si } 4 \text{ m} < H < 8 \text{ m.}$$

D'où  $e = \max (l / 15 ; l / 10)$ .  $e = 25 \text{ cm}$

### VIII.2 Calcul des charges appliquées

Il s'agit de déterminer l'ensemble des charges permanentes et roulables que doit supporter le dalot. Le tableau ci-dessous récapitule les charges appliquées sur notre dalot et la méthode de calcul en annexe 4

Tableau 20: Charges appliquées sur l'ouvrage

Désignation	Charges permanentes [KN/m <sup>2</sup> ]	Surcharges routières [KN/m <sup>2</sup> ]	Charges totales [KN/m <sup>2</sup> ]
Tablier	P1 = 10	Q = 96	P'1 = P1+Q = 106
Piédroit de rive	P3 = 2,89	q = 3,96	P'3 = P3+q = 6,85
	P4 = 20,21		P'4 = P4+q = 24,17
Radier	P2 = 41,25	Q = Qb = 96	P'2 = p2+Q = 137,25

Le chargement du dalot suit le principe de la figure ci-dessous

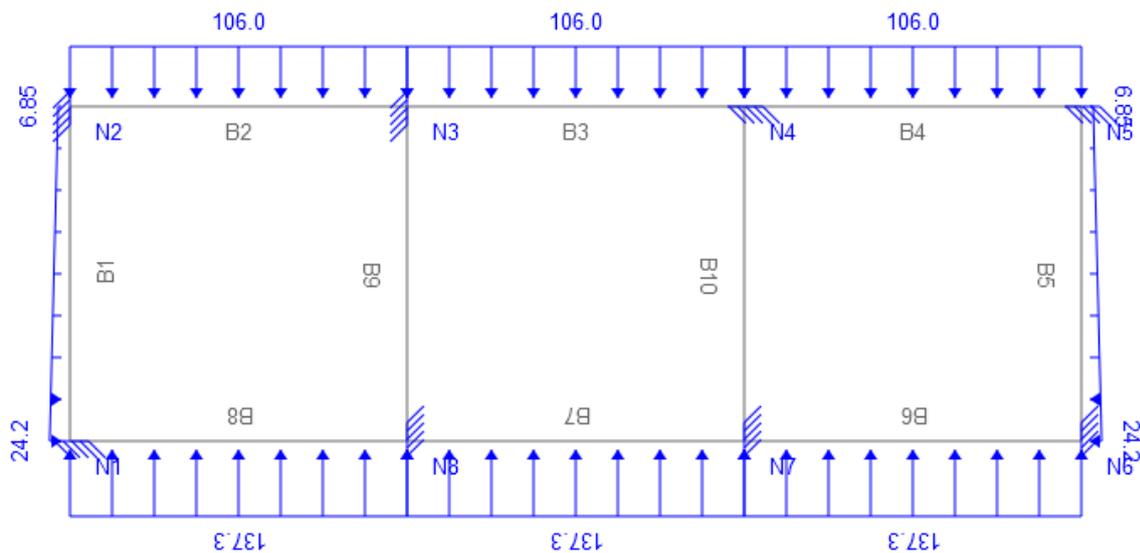


Figure 9: chargement de la structure

### VIII.3 Choix des goussets

Les goussets sont destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les piédroits, à résorber les concentrations de contraintes et à atténuer les effets des pics de moments. Ils améliorent de plus l'esthétique des ouvrages en rendant plus perceptible leur fonctionnement, surtout pour les portées importantes. Le tableau ci-dessous présente les dimensions des goussets en fonction de l'ouverture hydraulique.

Ouverture	gousset supérieur	gousset inférieur (cadres)
≤ 2 m	0,20 x 0,20 ou chanfrein	0,20 x 0,20 ou chanfrein
2 à 4 m	0,20 x 0,20 à 0,30 x 0,30	0,20 x 0,20 à 0,40 x 0,40
≥ 4 m	0,30 x 0,30 à 0,40 x 0,40	0,40 x 0,40 à 0,50 x 0,50

D'après le tableau ci-dessus ainsi que les dimensions hydrauliques de notre dalot (3x2,5m x 2,5m) nous disposerons donc des goussets supérieurs et inférieurs de dimensions 0,30 m x 0,30 m.

### VIII.4 Calcul des sollicitations

Les moments aux appuis et en travée sont déterminés à partir du logiciel pyBar.

✚ Diagramme des moments obtenus

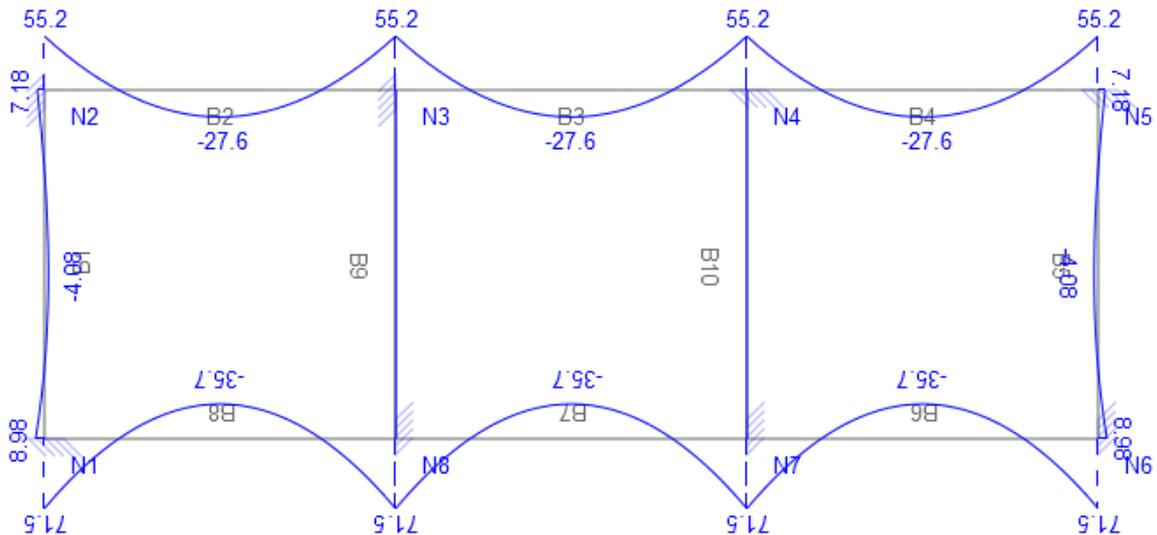


Figure 10: Moment fléchissant du au chargement

#### VIII.5 Dimensionnement béton armé du dalot

La fissuration étant jugé préjudiciable le calcul a été fait à l'état limite de service (ELS)

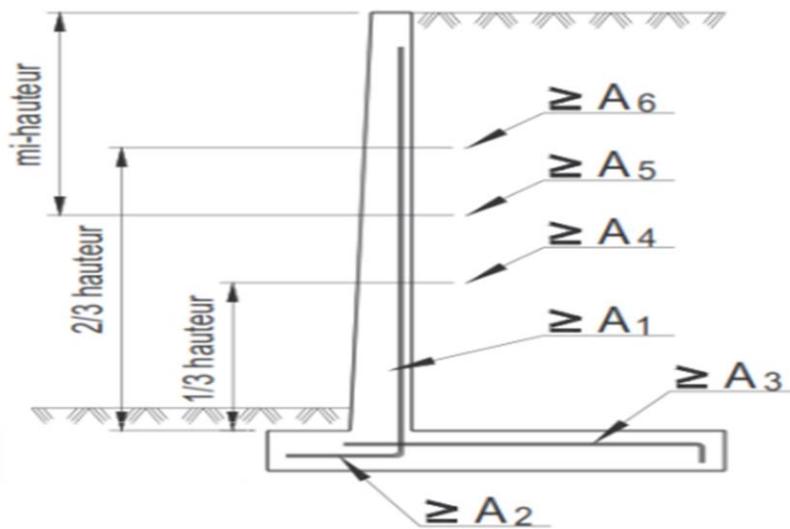
Tableau 21: section d'armature pour le dalot

<b>Armature du tablier</b>				
Désignation	As(cm <sup>2</sup> )	As min (cm <sup>2</sup> )	Choix	Esp (cm)
<b>Appui</b>	6,32	2,17	5 HA 14	20
<b>Travée</b>	3,16	2,17	5 HA 10	20
<b>Armature du radier (double nappe)</b>				
<b>Appui</b>	8,19	2,17	5 HA 16	20
<b>Travée</b>	4,1	2,17	5 HA 12	20
<b>Armature piédroit</b>				
Désignation	Piédroit de rive		Piédroit intermédiaire	
<b>As(cm<sup>2</sup>)</b>	10,4		10,4	
<b>Choix</b>	5 HA 16 (esp 20 cm)		5 HA 16 (esp 20)	
<b>Ar (cm<sup>2</sup>)</b>	3,33		3,33	
<b>Choix</b>	5 HA 10 (esp 20 cm)		5 HA 10 (esp 20)	

### VIII.6 Calcul du mur en aile

Le

les

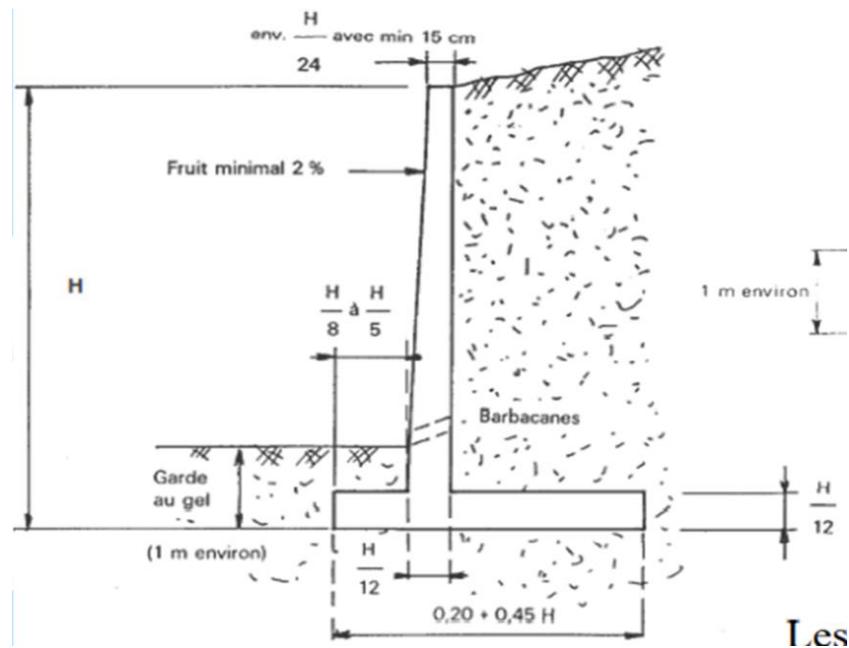


calcul consiste à déterminer les sections d'armature pour sections A1 à A6.

Source : cours béton armé 3

### VIII.6.1 Prédimensionnement

Le



prédimensionnement du mur en aile se fait comme l'indique la formule ci-dessous.

Source : cours béton armé 3

❖ Epaisseur en tête de mur

$$e_0 = \frac{H}{24} ; (\text{min } 15 \text{ cm}) = \frac{3,15}{24} = 13 \text{ cm} \text{ ( H représente la hauteur total du mur)}$$

$$e_0 = 20 \text{ cm si } H \leq 6 \text{ m}$$

$$e_0 = 30 \text{ cm si } H > 6 \text{ m}$$

D'où  $e_0 = 20 \text{ cm}$

❖ Epaisseur à l'encastrement avec la semelle  $e_1$  et épaisseur de la semelle  $e_2$

$$e_1 = e_2 = \frac{H}{12} = \frac{3,15}{12} = 0,26 \text{ cm} \text{ Mais on gardera } 30 \text{ cm}$$

❖ Largeur de la semelle

$$b = 0,20 + 0,45 H = 1,62 \text{ m soit } 1,65 \text{ m}$$

• Largeur du patin

$$\frac{H}{8} \leq b_1 \leq \frac{H}{5} \text{ D'où } 0,40 \text{ m} \leq b_1 \leq 0,65 \text{ m on prendra } b_1 = 0,5 \text{ m}$$

• Largeur du talon

$$b_2 = b - b_1 - e_1 = 0,85 \text{ m}$$

Récapitulatif prédimensionnement (valeur en cm)

Tableau 22: récapitulatif du prédimensionnement de mur en aile

$e_0$	$e_1 = e_2$	B	$b_1$	$b_2$
20 cm	30 cm	165 cm	50 cm	85 cm

### VIII.6.2 Calcul des armatures

Tableau 23: Armature des murs en aile

<b>Voile</b>				
	Acier principale	Choix	Acier de répartition	Choix
<b>S1 (cm<sup>2</sup>)</b>	6,83	10 HA 10 (esp 10)	3	5 HA10 (esp 20)
<b>S4 (cm<sup>2</sup>)</b>	4,76	10 HA 10 (esp 10)	3	5 HA 10 (esp 20)
<b>S5 (cm<sup>2</sup>)</b>	4,2	10HA 10 (esp 10)	3	5HA 10 (esp 20)
<b>S6 (cm<sup>2</sup>)</b>	3,85	5HA 10 (esp 20)	3	5HA 10 (esp 20)
<b>Semelle</b>				
	Patin (S2)		Talon (S3)	
<b>Armatures principales (cm<sup>2</sup>)</b>	2,13	5HA 10 (esp 20)	4,17	4HA 12 (esp 25)
<b>Armature de répartition (cm<sup>2</sup>)</b>	3	5HA 10 (esp 20)	3	5HA 10 (esp 20)

### VIII.7 Dimensionnement des caniveaux

Pour des raisons d'esthétique et de délai des travaux, nous avons décidé de conserver la section des caniveaux de 150 cm × 135 cm. Le calcul sera conduit par les règles du BAEL 91 modifié 99.

La dalle est soumise à son poids propre et à une charge d'exploitation concentré Br d'une roue isolée de 10T et sera dimensionné comme une poutre en flexion simple. Le piédroit recevra une charge transmise par la dalle ainsi que la poussée des terres et sera donc calculé en flexion composé. Le radier quant à lui reçoit les charges de tous les éléments au-dessus de lui en plus de son poids propre et sera calculé comme une poutre en flexion simple. La méthodologie de calcul peut être consulté en annexe 5 partie II.

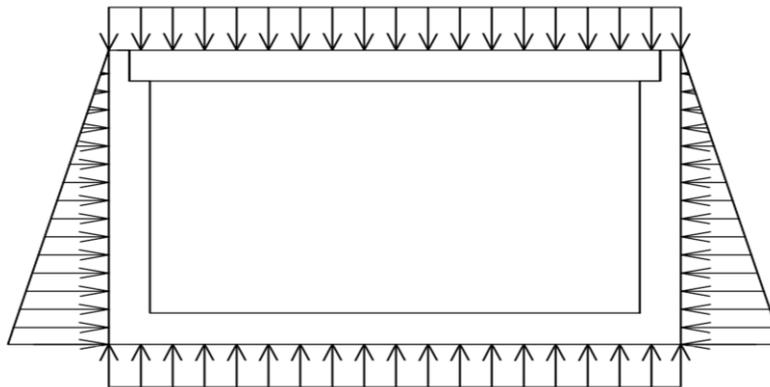
### ✚ Prédimensionnement

L'épaisseur d'un élément considéré du caniveau se calcule par la formule  $\frac{l}{15} < e < \frac{l}{10}$ .

Avec  $l$  la longueur de l'élément. Cela nous donne une épaisseur de 15 cm pour le caniveau.

Principe

de



Chargement du caniveau

### ✚ Section d'armature

Le calcul est effectué à l'ELS sauf le cas de la dalle qui sera dimensionné à l'ELU. Le tableau ci-dessous nous présente les sections d'acier du caniveau

ARMATURE CANIVEAU			
Elément concerné	Positionnement	Choix d'acier	esp (cm)
<b>Dalette de couverture</b>	Acier Supérieur	HA 10	20
	Acier Inferieur	HA 12	20
	Acier de répartition	HA 8	20
<b>Piédroit</b>	Acier Principale	HA 10	15
	Acier de répartition	BA 8	20
<b>Radier</b>	Acier Supérieur	HA 14	15
	Acier Inferieur	HA 14	15
	Acier de répartition	BA 8	20

## IX SIGNALISATION ET SECURITE – ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL/ PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

### IX.1 Signalisation et sécurité

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements.

Elle comprend deux grands ensembles : la signalisation temporaire et la signalisation permanente.

#### IX.1.1 Signalisation temporaire

La signalisation temporaire regroupe tout un ensemble d'éléments de signalisation permettant de prévenir les usagers d'une modification soudaine sur la voie qu'ils sont en train d'emprunter. Elle sera mise en place dans le cadre de travaux ou en cas d'accidents sur le chantier. Les dangers temporaires représentent la majeure partie de la signalétique temporaire. Ces panneaux, reprenant la forme des panneaux de danger habituels mais avec un fond jaune, mettent en avant le caractère prioritaire et temporaire de la situation dangereuse.

Si certains panneaux de danger classiques existent également en version temporaire, beaucoup de ces panneaux n'existent que dans le cadre d'un danger temporaire. C'est le cas par exemple des panneaux de bouchon ou de travaux, qui n'ont pas pour vocation de représenter un danger permanent pour les usagers.



*Figure 11: Panneau temporaire de danger*

D'autres éléments de signalisation seront ajoutés aux panneaux de danger. C'est le cas notamment des plots et de barrières servant à délimiter et à dévier les usagers des zones de travaux.



Figure 12:panneaux temporaires de déviation et de balisage

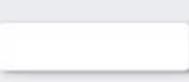
### IX.1.2 La signalisation permanente.

Elle regroupe la signalisation routière verticale et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages au sol et des plots.

#### Signalisation routière verticale

Lors de chaque déplacement, les usagers croiseront des panneaux de signalisation, aussi nommés "éléments de signalisation verticale", qui comprennent les panneaux, les balises, les feux de signalisations (type gyrophare), les bornes et les feux tricolores. Ce type de signalisation répond à trois missions fondamentales :

- Avertir des dangers à l'aide des panneaux triangulaires
- Signaler une interdiction ou une obligation à l'aide des panneaux ronds
- Donner des indications et des informations lors d'un trajet

FORME	COULEUR	ANNONCÉ À	SIGNIFIE
	Rouge et blanc	50 m en agglomération, 150 m en dehors	Danger
	Rouge et blanc	À l'endroit	Ordre, interdiction ou prescription
	Bleu foncé et blanc	À l'endroit	Obligation
	Bleu foncé et blanc	À l'endroit ou avant en fonction des besoins	Indication
	Blanc	À l'endroit	Localisation
	Vert ou bleu	À l'endroit où il faut changer de direction	Direction

#### Signalisation routière horizontale

Tous les éléments peints ou imprimés sur les voies permettant de délivrer des informations aux usagers de la route sont considérés comme des éléments appartenant à la signalisation horizontale, également appelée "marquage au sol". Cette forme de signalisation tire son nom du fait que, contrairement aux panneaux, ou signalisation verticale, elle s'étale horizontalement, directement sur les voies de circulation. On distingue des lignes longitudinales continues et discontinues, les bandes transversales et les flèches directionnelles et de rabattement.

Le tableau ci-dessus présente un échantillon représentatif des choix effectués.

Tableau 24: tableau des marquages au sol

Type de ligne	Usage	Largeur (cm)
<b>Ligne longitudinale axiale</b>		
<b>Ligne continue</b>	Sépare les sens de circulation	2u = 12
<b>Ligne discontinue de type T1</b>	Ligne axiale de voie en rase campagne	2u = 12
<b>Ligne discontinue de type T1, T'1, T3</b>	Ligne axiale de voie en agglomération	2u = 12
<b>Ligne discontinue de type T3</b>	Annonce une ligne continue	2u = 12
<b>Ligne longitudinale de rive</b>		
<b>Ligne discontinue de type T2</b>	Ligne de rive de chaussée	3u = 18
<b>Ligne discontinue T'3</b>	Ligne de rive aux approches de carrefours et dans les bretelles de raccordement	3u = 18
<b>Lignes transversales</b>		
<b>Ligne continue</b>	« STOP »	50
<b>Lignes de type T'2</b>	« CEDEZ LE PASSAGE »	50
Type de ligne	<b>Usage</b>	<b>Largeur (cm)</b>
<b>Ralentisseurs de type dos d'âne</b>	Marque la présence d'un dos d'âne	70
<b>Bandes rectangulaire blanche parallèles à l'axe de la chaussée, de longueur minimale 2,5 m en ville et 4 à 6 m</b>	Passage piéton	50cm inter distant de 50 à 80 cm
<b>Lignes délimitant les îlots</b>		
<b>Lignes continue</b>	Lignes délimitant le contour des îlots	3u = 18
<b>Flèches directionnelles</b>		
<b>Indiquent les directions à prendre en circulation.</b>		

Source : (France & Ministère de l'équipement, 1997)

## IX.2 Etude d'impact environnemental/ plan de gestion environnemental et social

### IX.2.1 Rappel du cadre législatif régissant le projet (notice d'impact ou étude d'impact)

Le cadre législatif régissant le projet se fonde sur le décret N°2015-1187/PRES/TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARHASA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT du 21 octobre 2015, qui fait une classification des projets en catégories qui sont :

- ❖ Catégorie A : activités soumises à une études d'impact sur l'environnement (EIE)
  - Bitumage de routes ;
  - Construction de chemins de fer ;
  - Construction d'aérodromes ;
  - Construction d'auto gares ;
  - Construction de gares de train ;
  - Différents travaux d'exécution des dites infrastructures ;
  - Construction des routes en terre de type ordinaire ou moderne.
- ❖ Catégorie B : activités soumises à une notice d'impact sur l'environnement (NIE)
  - Construction des pistes de type améliorée ;
  - Travaux de réhabilitation.
- ❖ Catégorie C : activités qui ne sont pas soumise à une évaluation environnementale
  - Ouverture de piste ;
  - Aménagement de piste de type ordinaire ou améliorée ;
  - Tavaux d'entretien et de grosses réparations.

Selon la classification ci-dessus, notre projet qui est la construction et bitumage des voies de contournement de la ville de Ouagadougou est classé dans la catégorie A et donc nécessite une étude d'impact environnementale (EIE).

### IX.2.2 Identification des sources d'impacts et rappel des composantes et phases du projet

La réalisation d'un projet de cette envergure impact sensiblement l'environnement qui l'entoure. Pour cela nous étudierons son impact tant en phase de construction qu'en phase d'exploitation. Le tableau ci-dessous présente les composantes environnementales qui seront traité ainsi que les activités source d'impact.

Tableau 25: Liste les composantes et activités sources d'impact

Composantes environnementales et sociales susceptibles d'être affectés	Activités sources d'impact
<p>Milieu biophysique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Air et microclimat ;</b></li> <li>• <b>Bruit et vibration ;</b></li> <li>• <b>Eaux de surface ;</b></li> <li>• <b>Eaux souterraines ;</b></li> <li>• <b>Végétation ;</b></li> <li>• <b>Géologie et sols ;</b></li> <li>• <b>Faune terrestre et aviaire ;</b></li> <li>• <b>Faune aquatique ;</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation de bases-vie ;</li> <li>• Ouverture de déviations et de pistes d'accès aux zones emprunts et carrières ;</li> <li>• Abattage des arbres/arbustes (sur l'emprise de la route, les sites d'emprunt et carrières) ;</li> <li>• Exploitation des matériaux au niveau des zones d'emprunt et dans les carrières ; travaux de terrassement, de décapage, de fouille et de compactage ;</li> </ul>
<p>Milieu humain</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Emplois ;</b></li> <li>• <b>Le genre et les activités génératrices de revenus (AGR) ;</b></li> <li>• <b>Accident et sécurité routière ;</b></li> <li>• <b>Hygiène/santé et IST/VIH-SIDA ;</b></li> <li>• <b>Patrimoine culturel et archéologique</b></li> <li>• <b>Cadre /qualité de vie ;</b></li> <li>• <b>Tourisme et chasse ;</b></li> <li>• <b>Paysage ;</b></li> <li>• <b>Agriculture et élevage ;</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction et bitumage de la route ;</li> <li>• Réalisation d'ouvrages d'assainissement ;</li> <li>• Circulation et entretien des gros engins (bulldozers, niveleuses, compacteurs, chargeurs, tracteurs, camions, bétonnières ...) ;</li> <li>• Recrutement de la main d'œuvre ;</li> <li>• Activités de prélèvements d'eau pour les travaux ; sensibilisation des populations et des employés ;</li> <li>• Remise en état des sites d'emprunt et carrières ;</li> <li>• Réalisation de plantations d'alignement et de bosquets ;</li> <li>• Repliement des bases-vie ;</li> </ul>

### IX.2.3 Evaluation des impacts

L'évaluation des impacts consiste à donner la nature et les amplitudes de ces impacts afin de mieux les appréhender et de les éliminer ou alors limiter leurs actions pour les impacts négatifs, et de bonifier ceux positifs. L'évaluation de ces impacts se fera au moyen de la matrice de Fecteau présenté ci-dessous dans les tableaux 26 et 27 et selon la phase du projet.

✚ Phase de construction

Tableau 26: Matrice de Fecteau pour l'évaluation d'impact en phase de construction

Composantes	Impacts potentiels	Nature	Matrice d'évaluation de l'importance de l'impact			Importance absolue
			Intensité	Etendue	Durée	
<b>Faune</b>	Migration des espèces animales vers d'autres habitats suite aux vibrations et aux bruits occasionnés par des engins	Négatif	Forte	Régionale	Moyenne	Moyenne
<b>Flore</b>	Abatage des arbres	Négatif	Moyenne	Locale	Courte	Mineure
<b>Paysage</b>	Modification du paysage naturel	Négatif	Faible	Régionale	Moyenne	Moyenne
<b>Eau</b>	Dégradation de la qualité de l'eau suite au déversement des produits toxiques dans la nature	Négatif	Faible	Locale	Moyenne	Moyenne
<b>Sol</b>	Dégradation de la qualité du sol suite au rejet des huiles et produits défectueux dans la nature ou alors par des prises au site d'emprunts et carrières.	Négatif	Moyenne	Ponctuelle	Moyenne	Moyenne
<b>Air</b>	Dégradation de la qualité de l'air suite aux émissions des gaz des engins ainsi que des	Négatif	Forte	Locale	Moyenne	Moyenne

	poussières					
<b>Santé</b>	Augmentation des maladies respiratoires, IST, MST	Négatif	Forte	Locale	Moyenne	Moyenne
<b>Sécurité</b>	Accidents sur le site de construction suite au non-respect des règles de sécurités sur le chantier mais également des usagers empruntant la route durant sa construction.	Négatif	Faible	Locale	Courte	Mineure
<b>Emploi</b>	Création des emplois	Positif	Forte	Régionale	Moyenne	Majeure
<b>Bien être de la population</b>	Nuisance suite aux émissions des bruits par les engins, difficulté de déplacements sur les déviations.	Négatif	Moyenne	Régionale	Moyenne	Moyenne

 Phase d'exploitation

Tableau 27: Matrice de Fecteau pour l'évaluation d'impact en phase d'exploitation

Composantes	Impacts potentiels	Nature	Matrice d'évaluation de l'importance de l'impact			Importance absolue
			Intensité	Etendue	Durée	
<b>Etat acoustique</b>	Croissance des bruits suite à l'attractions de plusieurs véhicules sur la route construite	Négatif	Moyenne	Locale	Longue	Majeure
<b>Flore</b>	Plantation des arbres	Positif	Moyenne	Régionale	Longue	Majeure
<b>Paysage</b>	Belle vue du paysage suite à l'esthétique apporté par la construction	Positif	Forte	Régionale	Longue	Majeure
<b>Air</b>	Augmentation de la dégradation de l'air suite à l'augmentation du trafic	Négatif	Forte	Locale	Moyenne	Majeure
<b>Santé</b>	Reduction du temps de transport et des secousses pour les malades de la région	Positif	Forte	Régionale	Longue	Majeure
<b>Emploie</b>	Création de nouvelle activité autour du projet	Positif	Forte	Régionale	Longue	Majeure
<b>Bien être de la population</b>	Circulation plus aisé, propreté de la zone	Positif	Moyenne	Régionale	Longue	Majeure

### IX.3 Plan de gestion environnemental et social

Tableau 28: Mesures compensatrice et de bonification des impacts

Composantes		Impacts concernés	Mesures d'atténuations, de compensation ou de bonification
Milieu humain	<b>Bien être de la population</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuisance suite aux émissions des bruits par les engins, difficulté de déplacements sur les déviations.</li> <li>Circulation plus aisée et propreté dans la zone.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eviter les travaux de nuit, aménagé au mieux les déviations</li> <li>Veiller à l'entretien périodique et courant du projet, mettre en place une équipe de nettoyage de la zone.</li> </ul>
	<b>Emploi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Création d'emploi</li> <li>Création de nouvelle activité autour du projet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subdivisé les travaux en plusieurs poste pour employer au maximum</li> <li>Subventionné les entrepreneurs qui crée des activités autour du projet</li> </ul>
	<b>Sécurité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accidents sur le site de construction suite au non-respect des règles de sécurités sur le chantier mais également des usagers empruntant la route durant sa construction.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afficher les règles de sécurité à tous les niveaux du chantier</li> <li>Sensibilisé sur l'importance des EPI</li> <li>Sanctionné en cas de non-respect des règles</li> </ul>
	<b>Bruit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Croissance des bruits suite à l'attractions de plusieurs véhicules sur la route</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contrôle de la conformité des véhicules</li> </ul>

		construite	
Milieu biophysique	Sols	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dégradation de la qualité du sol suite au rejet des huiles et produit défectueux dans la nature ou alors par des prises aux site d'emprunts et carrières.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déversé les produits usés dans des stations de traitement, comblé les vides laissé au niveau des emprunts et carrières par des matériaux approprié</li> </ul>
	Santé	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation des maladies respiratoires, IST, MST</li> <li>Reduction du temps de transport et des secousses pour les malades de la région</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Effectué régulièrement des campagnes de sensibilisation des populations locale et des employés sur les maladies, et sanctionné en cas de non-respect</li> <li>Augmenté les ambulances dans les hôpitaux</li> </ul>
	Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation de la dégradation de l'air suite à l'augmentation du trafic</li> <li>Dégradation de la qualité de l'air suite aux émissions des gaz des engins ainsi que des poussières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pensé à l'utilisation des véhicules non polluant tel que ceux électriques.</li> </ul>
	Eaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dégradation de la qualité de l'eau suite au déversement des produits toxique dans la nature</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déversé les produits toxiques dans des stations de traitement avant de les déversé dans la nature.</li> </ul>

## X ETUDE FINANCIERE – ETUDE DES COUTS

L'évaluation du coût est l'une des étapes les plus capitales dans l'étude d'un projet. Elle permet au maître d'ouvrage de juger sur la disponibilité du financement ou alors de faire une prévision. Pour les entreprises, elle sert de notation lors de l'adjudication du marché mais aussi de réaliser des profits d'où l'importance de la maîtrise de sa réalisation. Elle se fait en deux étapes à savoir une évaluation quantitative qui, Comme son nom l'indique, elle consiste à partir des plans d'exécution d'évaluer les quantités d'ouvrage à mettre en œuvre, et une estimation financière qui est obtenu en affectant à chaque quantité d'ouvrage son prix.

Le tableau ci-dessous nous présente l'estimation financière du projet et les détails sont joint en annexe 5

*Tableau 29: Récapitulatif du DQE*

RECAPITULATIF	
DESIGNATION	MONTANT (FCFA)
Poste 1 : installation et repli de chantier	586 340 000
Poste 2 : travaux préparatoires	878 120 281
Poste 3 : terrassements	665 397 184
Poste 4 : chaussée	13 243 526 730
Poste 5 : ouvrages d'assainissement et de drainage	2 337 545 000
Poste 6 : signalisation & équipement	78 135 000
Poste 7 : mesures environnementales	700 000 000
MONTANT TOTAL HT	18 489 064 196
MONTANT TOTAL TTC	21 817 095 750

Le coût total de notre projet s'élève à **21,817,095,750 FCFA (vingt-un milliards huit cent dix-sept millions quatre-vingt-quinze mille sept cent cinquante FCFA)**.

## XI SUIVIE D'EXECUTION

La seconde grande partie d'un projet routier est l'exécution. Les études d'avant-projet sommaire et détaillé ayant permis d'avoir les plans d'exécution, ceux-ci doivent être mis en œuvre par les exécutants sur le site de projet, et suivant les modèles des plans d'exécution. Pour s'assurer de la conformité des réalisations in situ avec les plans d'exécutions, une mission de contrôle est sélectionnée pour le suivi des travaux. Le contrôle se fait in situ et en laboratoire.

### XI.1 Contrôle au niveau de la chaussée

Nous avons regroupé le contrôle au niveau de la chaussée en deux groupes suivant le matériau utilisé. Il s'agit de : le contrôle sur les couches en matériaux sol et le contrôle sur les couches en matériaux bitumineux.

#### ✚ Contrôle sur les couches en matériaux sol

Dans la réalisation de ce projet, deux couches ont été faites en matériaux sol. C'est le cas de la couche de forme en terrassement et de la couche de fondation en corps de chaussée. Il était donc question pour nous ici de vérifier la portance de ces couches à travers l'essai du densitomètre à membrane qui était effectué à gauche, à l'axe et à droite de la chaussée, mais également de vérifier les déformations au passage d'un poids lourd à travers l'essai à la poutre



Figure 15: essai de densitomètre à membrane



Figure 14: Essai de déflexion

de Benkelman.

#### ✚ Contrôle sur les couches en matériaux bitumineux

On distingue également dans le projet deux couches réalisées en matériaux bitumineux. Il s'agit de la couche de base en grave bitume et la couche de roulement en béton bitumineux. Les vérifications ici concerne la température à la mise en œuvre, la stabilité et le fluage grâce à l'essai MARSHALL, les déformations au passage des poids lourds à travers l'essai à la poutre de Benkelman et le respect des épaisseurs grâce à des carottages.



*Figure 18: Prise de température*



*Figure 17: Préparation essai Marshall*



*Figure 16: Carottage*



*Figure 19: Essai de déflexion (couche de base)*

## XII CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La construction des voies de contournement de la ville de Ouagadougou est l'ultime solution pour lutter contre la congestion routière et la dégradation rapide des chaussées de la ville, et ainsi donné à la ville une plus belle image. Nos travaux sur ce projet consistaient à l'étude technique détaillé de l'interconnexion RN1-RN2 long de 17 km. De cette étude, où il était question de réalisé une conception géométrique de la route, de dimensionné la structure de chaussée avec ces ouvrages d'assainissement et l'évaluation du cout des travaux, il ressort que des propositions précises et concises sur l'ensemble des travaux ont été dégagé. C'est alors que la ligne rouge ou côte de projet a été calé suivant le profil terrain naturel et les ouvrages a implanté. Le profil en travers se constitue de deux chaussées de  $2 \times 3,5$  m chacune et extensible, d'un TPC de 10 m de long, d'une piste cyclable de part et d'autre de la chaussée. S'agissant de la structure de chaussée, elle a été dimensionnée avec un sol de classe S4 et une plateforme pf2, pour un trafic T3. La structure retenue est composée d'une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm d'épaisseur, d'une couche de base en grave bitume de 15 cm et d'une couche de fondation de 20 cm en litho stabilisé. Des ouvrages d'assainissement ont été implanté le long du tronçon donc 36 dalots de sections variable (allant de  $1 \times 1$  m $\times$ 1 m à  $5 \times 3,5$  m  $\times$  3,5 m) pour le rétablissement des écoulements naturels, des caniveaux de section  $1,5 \times 1,35$  m à l'intersection avec les routes Nationales et des fossés triangulaires de section  $0,6 \times 1,5$  de part et d'autre de la route. Au regard de l'ampleur de projet et de désagrément que celui apportera pendant sa phase de construction aux localités qu'il traverse, il a été soumis à une étude d'impact environnementale et sociale. Nous avons également effectué l'estimation du coût du projet et celui s'élève à **21,817,095,750 FCFA (vingt-un milliards huit cent dix-sept millions quatre-vingt-quinze mille sept cent cinquante FCFA)**., Et enfin nous avons effectué un suivie d'exécution des travaux.

La route une foi terminée sera un site d'attraction pour une multitude d'usagers et par conséquent, les pouvoirs publics devront sensibiliser ces usagers au respect des règles de sécurité et de circulation sur ce type de route, mais aussi, dans le but d'assurer la pérennité et le bon fonctionnement de la voie et de ces ouvrages, d'effectué des entretiens courant et périodiques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

1. Adamah MESSAN. (2020), *Cours de béton armé 1, 2 et 3.*
2. Adamah MESSAN. (2020), *Cours de conception et calcul des ouvrages hydrauliques.*
3. ADEOSSI G. (2020), *Cours Etude d'Impact Environnemental et Social.*
4. Angelbert Chabi BIAOU. (2020), *Cours hydrauliques routières.*
5. Alain MOREL A L'HUISSIER, A. (1996). *L'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain subsaharien : dossiers techniques.* CERGRENE.
6. Cahier des prescriptions communes applicables aux marchés de travaux publics relevant des services de l'équipement. *Fascicule n°61 conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art titre II. – programmes de charges et épreuves des ponts-routes.*
7. Centre Expérimental de la recherche de l'étude du Bâtiment et des travaux publics (CEBTP).
8. Centre d'Etudes sur les réseaux, les transports, l'Urbanisme et les conditions publiques (CERTU), (2009), *instruction sur les conditions Technique d'Aménagement des voies Rapides Urbaines (ICTAVRU), CERTU.*
9. Décret n°2015-1187-PRES/TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARHA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT (du 22 octobre 2015) portant *conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social.*
10. FAO, *Manuel pour l'estimation des crues et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèches, 1996.*
11. Harinaivo A. ANDRIANISA. *Cours d'assainissement pluvial*, janvier 2014.
12. Jean Pierre MOUGUN, BAEL 91 modifié 99, EYROLLES, 2000.
13. *La signalisation verticale par panneaux. I, I, (1978).* Foucher.
14. NGUYEN VAN TUU, *Hydraulique routière, Ministère du développement et de la coopération*, janvier 1979, 5-177.
15. Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements. (2001). *Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison : circulaire du 12 décembre 2000.* SETRA.
16. Van Tuu, N, & Lemoine, B. (1981). *Hydraulique routière.* BCEOM

## ANNEXES

### Sommaire

ANNEXE 1: Conception géométrique de la route .....	ii
ANNEXE 2: Etudes Géotechniques .....	x
ANNEXE 3: études pluviométriques et hydrologiques .....	xiii
ANNEXE 4: Etude hydrauliques .....	xx
ANNEXE 5: Dimensionnement structurale des ouvrages d'assainissement .....	xxiii
ANNEXE 6: Evaluation du coût .....	xliv
ANNEXE 7: Pièces graphiques .....	xlvi

*ANNEXE 1: Conception géométrique de la route*

Récapitulatif des caractéristiques du tracé en plan

Eléments	Caractéristiques	Longueur	Abscises	X	Y
			0.000	644003.451	1360056.359
D1	ANG =	148.076			
			148.076	643919.968	1360178.659
C1	XC=	426.041			
	YC=				
	1360629.688				
	R = -800.000				
			574.118	643782.468	1360576.598
D2	ANG = 93.805°	687.506			
			1261.624	643736.843	1361262.588
C2	XC=	431.040			
	YC=				
	1361163.045				
	R = 1500.000				
			1692.664	643647.260	1361682.701
D3	ANG =	507.664			
			2200.328	643471.385	1362158.928
C3	XC=	471.864			
	YC=				
	1362678.584				
	R = -1500.000				
			2672.192	643379.647	1362619.807
D4	ANG = 92.246°	874.996			
			3547.188	643345.360	1363494.131
C4	XC=	606.300			
	YC=				
	1363415.761				
	R = 2000.000				
			4153.488	643230.837	1364087.155
D5	ANG =	583.292			
			4736.780	643035.027	1364636.599
C5	XC=	973.667			
	YC=				
	1365475.841				
	R = -2500.000				

ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES RELATIVE A LA CONSTRUCTION ET  
L'AMENAGEMENT DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE  
OUAGADOUGOU : CAS DE L'INTERCONNEXION RN1-RN2 LONG DE 17 KM

			5710.448	642892.728	1365593.602
D6	ANG = 87.300°	404.412			
			6114.860	642911.777	1365997.565
C6	XC=	473.734			
	YC=				
	1366115.327				
	R = 2500.000				
			6588.594	642889.258	1366470.055
D7	ANG = 98.157°	1815.733			
			8404.326	642631.622	1368267.416
C7	XC=	1584.806			
	YC=				
	1371105.237				
	R = -20000.000				
			9989.132	642469.110	1369843.451
D8	ANG = 93.617°	1760.359			
			11749.491	642358.050	1371600.303
C8	XC=	384.234			
	YC=				
	1370338.517				
	R = 20000.000				
			12133.726	642330.127	1371983.515
D9	ANG = 94.718°	2116.124			
			14249.849	642156.076	1374092.469
C9	XC=	759.928			
	YC=				
	1374207.619				
	R = -1400.000				
			15009.777	642297.146	1374829.726
D10	ANG = 63.617°	1328.119			
			16337.896	642887.313	1376019.518
C10	XC=	677.285			
	YC=				
	1374908.612				
	R = -2500.000				
			17015.180	643266.291	1376578.348
D11	ANG = 48.095°	526.176			
			17541.356	643617.721	1376969.958
LONGUEUR DE L'AXE 17,54 Km					

Récapitulatif des éléments du tracé du profil en long

Éléments	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	353.160
D1	PENTE= -0.120 %	38.300		
			38.300	353.114
PA1	S= 30.5000 Z= 353.1187 R = - 6500.00	23.400		
			61.700	353.044
D2	PENTE= -0.480 %	96.300		
			158.000	352.582
PA2	S= 182.0000 Z= 352.5240 R = 5000.00	34.000		
			192.000	352.534
D3	PENTE= 0.200 %	44.000		
			236.000	352.622
PA3	S= 228.0000 Z= 352.6140 R = 4000.00	28.000		
			264.000	352.776
D5	PENTE= 0.900 %	89.400		
			353.400	353.581
PA4	S= 443.4000 Z= 353.9856 R = - 10000.00	172.288		
			525.688	353.647
PA5	S= 402.2558 Z= 354.1549 R = - 15000.00	122.819		
			648.507	352.134
PA6	S= 730.5910 Z= 351.4598 R = 5000.00	33.227		
			681.734	351.698
D8	PENTE= -0.977 %	347.371		
			1029.105	348.304
PA7	S= 882.5334 Z= 349.0203 R = -	41.790		

ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES RELATIVE A LA CONSTRUCTION ET  
L'AMENAGEMENT DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE  
OUAGADOUGOU : CAS DE L'INTERCONNEXION RN1-RN2 LONG DE 17 KM

	15000.00			
			1070.895	347.838
D9	PENTE= -1.256 %	182.781		
			1253.676	345.542
PA8	S= 1297.6271 Z= 345.2664 R = 3500.00	14.708		
			1268.384	345.389
D10	PENTE= -0.836 %	133.267		
			1401.651	344.275
PA9	S= 1234.5468 Z= 344.9732 R = - 20000.00	46.699		
			1448.349	343.830
D11	PENTE= -1.069 %	169.413		
			1617.762	342.019
PA10	S= 1724.6634 Z= 341.4480 R = 10000.00	16.716		
			1634.478	341.855
D12	PENTE= -0.902 %	249.537		
			1884.015	339.604
PA11	S= 1613.4586 Z= 340.8242 R = - 30000.00	31.970		
			1915.985	339.299
D13	PENTE= -1.008 %	447.974		
			2363.959	334.781
PA12	S= 2399.2536 Z= 334.6034 R = 3500.00	22.082		
			2386.041	334.628
D14	PENTE= -0.377 %	307.784		
			2693.825	333.466
PA13	S= 2580.5750 Z= 333.6802 R = - 30000.00	162.350		
			2856.175	332.414

D15	PENTE= -0.919 %	619.802		
			3475.977	326.720
PA14	S= 3659.7108 Z= 325.8764 R = 20000.00	98.045		
			3574.023	326.060
D16	PENTE= -0.428 %	840.356		
			4414.378	322.460
PA15	S= 4285.8462 Z= 322.7349 R = - 30000.00	171.243		
			4585.622	321.237
D17	PENTE= -0.999 %	826.863		
			5412.485	312.975
PA16	S= 5562.3724 Z= 312.2258 R = 15000.00	125.031		
			5537.515	312.246
D18	PENTE= -0.166 %	369.528		
			5907.043	311.634
PA17	S= 5956.7571 Z= 311.5929 R = 30000.00	185.914		
			6092.957	311.902
D21	PENTE= 0.454 %	367.505		
			6460.462	313.570
PA18	S= 6392.3618 Z= 313.4159 R = 15000.00	79.076		
			6539.538	314.138
D19	PENTE= 0.981 %	343.960		
			6883.498	317.513
PA19	S= 7079.7330 Z= 318.4755 R = - 20000.00	83.005		
			6966.502	318.155
D20	PENTE= 0.566 %	282.135		
			7248.637	319.752

PA20	S= 7078.7912 Z= 319.2715 R = 30000.00	2.725		
			7251.363	319.768
D22	PENTE= 0.575 %	471.004		
			7722.367	322.477
PA21	S= 8009.9860 Z= 323.3045 R = - 50000.00	105.266		
			7827.633	322.972
D23	PENTE= 0.365 %	320.049		
			8147.682	324.139
PA22	S= 8238.8588 Z= 324.3055 R = - 25000.00	104.635		
			8252.318	324.302
D24	PENTE= -0.054 %	32.054		
			8284.372	324.285
PA23	S= 8265.5294 Z= 324.2897 R = - 35000.00	239.909		
			8524.281	323.333
D25	PENTE= -0.739 %	286.641		
			8810.922	321.214
PA24	S= 8995.7446 Z= 320.5309 R = 25000.00	28.156		
			8839.078	321.022
D26	PENTE= -0.627 %	943.908		
			9782.986	315.107
PA25	S= 9814.3188 Z= 315.0084 R = 5000.00	34.029		
			9817.014	315.009
D27	PENTE= 0.054 %	550.073		
			10367.088	315.306
PA26	S= 10364.9313 Z= 315.3052 R = 4000.00	15.824		

ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES RELATIVE A LA CONSTRUCTION ET  
L'AMENAGEMENT DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE  
OUAGADOUGOU : CAS DE L'INTERCONNEXION RN1-RN2 LONG DE 17 KM

			10382.912	315.346
D28	PENTE= 0.450 %	485.140		
			10868.052	317.526
PA27	S= 11137.7662 Z= 318.1326 R = -60000.00	63.896		
			10931.948	317.780
D29	PENTE= 0.343 %	790.613		
			11722.561	320.492
PA28	S= 11707.1247 Z= 320.4652 R = 4500.00	4.878		
			11727.439	320.511
D30	PENTE= 0.451 %	695.698		
			12423.137	323.652
PA29	S= 12387.0229 Z= 323.5701 R = 8000.00	3.726		
			12426.863	323.669
D31	PENTE= 0.498 %	496.000		
			12922.863	326.139
PA30	S= 12873.0630 Z= 326.0154 R = 10000.00	4.274		
			12927.137	326.162
D32	PENTE= 0.541 %	646.196		
			13573.333	329.656
PA31	S= 13735.5556 Z= 330.0944 R = -30000.00	53.333		
			13626.667	329.897
D33	PENTE= 0.363 %	516.189		
			14142.856	331.770
PA32	S= 14251.7444 Z= 331.9680 R = -30000.00	264.289		
			14407.144	331.565
D34	PENTE= -0.518 %	360.130		

ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES RELATIVE A LA CONSTRUCTION ET  
L'AMENAGEMENT DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE  
OUAGADOUGOU : CAS DE L'INTERCONNEXION RN1-RN2 LONG DE 17 KM

			14767.274	329.700
PA33	S= 14785.4041 Z= 329.6531 R = 3500.00	15.452		
			14782.726	329.654
D35	PENTE= -0.077 %	431.405		
			15214.130	329.324
PA34	S= 15175.8696 Z= 329.3386 R = -50000.00	271.739		
			15485.870	328.378
D36	PENTE= -0.620 %	706.479		
			16192.348	323.997
PA35	S= 16037.3485 Z= 324.4779 R = -25000.00	15.303		
			16207.652	323.898
D37	PENTE= -0.681 %	794.270		
			17001.921	318.487
PA36	S= 17029.1697 Z= 318.3944 R = 4000.00	46.158		
			17048.079	318.439
D38	PENTE= 0.473 %	132.285		
			17180.364	319.064
PA37	S= 17227.6364 Z= 319.1762 R = -10000.00	253.140		
			17433.504	317.057
PA38	S= 17536.4373 Z= 315.9976 R = 5000.00	107.853		
			17541.356	316.000
LONGUEUR DE L'AXE 17541.356				

ANNEXE 2: Etudes Géotechniques

- Récapitulatif des bilans des puits

TRONCON RN1_RN2 PK 0 AU PK 17								
DESIGNATION	N° Sondage		S1-1	S1-2	S2	S3	S4	S5
	Profils		Axe	Axe	C/D	Axe	C/G	Axe
	Pks		Pk 0 + 300	Pk 0 + 300	Pk 0 + 500	Pk 0 + 750	Pk 1 + 000	Pk 1 + 250
	Profondeur	(m)	0,10 - 0,25	0,25 - 0,80	0,20 - 0,80	0,00 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80
	% < 0,5mm		77	49	17	72	72	22
	% < 80µm		51	41	12	58	58	18
	LL		23,1	31,2	29,8	34,7	34,7	28,8
	IP		9,1	12,5	12,4	14,2	14,2	11,4
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		3,2	1,85	0	6,28	6,28	0,042
	CLASSE HBR		A-4	A-6	A-2-6	A-6	A-6	A-2-6
	YOPM		1,93	1,79	1,94	1,87	1,87	2,02
	W%OPM		10,7	12,8	11,6	11,3	11,3	11
CBR 95% :		11	10	12	9	9	9	
Classe/portance		S3	S3	S3	S2	S2	S2	
APPELLATION		Limons Sableux	Limons Sablo-Argileux Peu Graveleux	Graveleux et Sable Argileux Très Plastique	Limons Sablo-Argileux	Limons Sablo-Argileux	Graveleux et Sable Limono-Argileux	
TRONCON 7 RN1_RN2 PK 0 AU PK 1								
DESIGNATION	N° Sondage		S6	S7	S8	S9	S10	S11
	Profils		C/D	Axe	C/G	Axe	C/D	Axe
	Pks		Pk 1 + 500	Pk 1 + 750	Pk 2 + 000	Pk 2 + 250	Pk 2 + 500	Pk 2 + 750
	Profondeur	(m)	0,10 -	0,20 -	0,10-0,25	0,10-	0,25-0,80	0,25-0,80

PROFILS GEOTECHNIQUES		0,80	0,80		0,80		
	% < 0,5mm	25	23	20		25	40
	% < 80µm	16	15	12		15	27
	LL	30,2	28,8	22,7		23,5	27,7
	IP	12	11,9	8,3		9,6	10,8
	ES	---	---	---	---	---	---
	IG	0,02	0	0	0	0	0,096
	CLASSE HBR	A-2-6	A-2-6	A-2-4	A-1a	A-2-4	A-2-6
	YOPM	1,9	2,01	2,13		2,03	1,94
	W%OPM	11,1	10,2	8,2		8,3	12,5
	CBR 95% :	11	15	21		31	13
Classe/portance	S3	S4	S4	S1	S5	S3	
APPELLATION	Graveleux et Sable Limono-Argileux	Graveleux et Sable Limono-Argileux	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Cuirasse	Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limono-Argileux	

Source : GTAH

- Découpage des zones du tronçon en familles de portance

Tronçons	Zones	Classe de portance	Valeur du CBR	Observations
RN1 – RN2	PK2+250 – PK2+500 PK14+850— PK15+350	S5	>30	Bon pour couche d'assise ou de plate-forme et réutilisable en couche de remblai
PK 0– PK 17	PK 1+750– PK 2+250 PK 3+00 - PK3+100 PK 3+600 - PK3+850 PK 6+850 – PK7+100 PK 8+100 – PK8+100 PK13+300 – PK13+600 PK14+850 -	S4	15 -- 30	Bon pour couche d'assise ou de plateforme et réutilisable en couche de remblai

<b>PK15+100</b>			
<b>PK0+300 – PK0+500</b> <b>PK 1+250– PK1+750</b> <b>PK2+500 - PK3+00</b> <b>PK3+350 – PK3+600</b> <b>PK3+850—PK4+100</b> <b>PK4+450—PK5+850</b> <b>PK6+350—PK6+850</b> <b>PK7+100—PK7+350</b> <b>PK7+850---PK8+100</b> <b>PK10+850—</b> <b>PK11+100</b> <b>PK12+350—</b> <b>PK12+850</b> <b>PK12+850—</b> <b>PK13+100</b> <b>PK13+600—</b> <b>PK14+350</b> <b>PK15+350—</b> <b>PK16+100</b> <b>PK16+600—</b> <b>PK16+850</b>	S3	10 -- 15	<b>Bon pour couche d'assise</b>
<b>PK0+500—PK1+250</b> <b>PK3+850—PK4+450</b> <b>PK5+850—PK6+100</b> <b>PK7+350—PK7+850</b> <b>PK8+600—PK9+850</b> <b>PK10+600—</b> <b>PK10+850</b> <b>PK11+100—</b> <b>PK11+350</b> <b>PK11+850—</b> <b>PK12+350</b> <b>PK14+350—</b> <b>PK14+850</b> <b>PK16+100—</b> <b>PK16+850</b>	S2	5---10	<b>Substitution par matériaux sélectionnés</b>

<b>PK 9+850 – PK10+356 Pk11+350—pk11+850</b>	S1	< 5	<b>Substitution par matériaux sélectionnés</b>
--	----	-----	--

Source : GTAH

### ANNEXE 3: études pluviométriques et hydrologiques

Pluie maximale journalière

Zone	Année	Pluie (mm)	Zone	Année	Pluie (mm)
Ouagadougou aéroport	1994	58,2	Tanghin Dassouri	1994	151,4
Ouagadougou aéroport	1995	73,1	Tanghin Dassouri	1995	53,1
Ouagadougou aéroport	1996	70,3	Tanghin Dassouri	1996	50,9
Ouagadougou aéroport	1997	45,2	Tanghin Dassouri	1997	49,1
Ouagadougou aéroport	1998	72,4	Tanghin Dassouri	1998	77,8
Ouagadougou aéroport	1999	66	Tanghin Dassouri	1999	84,9
Ouagadougou aéroport	2000	58,6	Tanghin Dassouri	2000	65,7
Ouagadougou aéroport	2001	49,8	Tanghin Dassouri	2001	49,5
Ouagadougou aéroport	2002	58,1	Tanghin Dassouri	2002	64,2
Ouagadougou aéroport	2003	62,1	Tanghin Dassouri	2003	51,5
Ouagadougou aéroport	2004	55,1	Tanghin Dassouri	2004	59,5
Ouagadougou aéroport	2005	75,7	Tanghin Dassouri	2005	62,1
Ouagadougou aéroport	2006	51,5	Tanghin Dassouri	2006	47,2
Ouagadougou aéroport	2007	116,7	Tanghin Dassouri	2007	58,2
Ouagadougou aéroport	2008	58,4	Tanghin Dassouri	2008	70,2
Ouagadougou aéroport	2009	261,3	Tanghin Dassouri	2009	85,7
Ouagadougou aéroport	2010	70,4	Tanghin Dassouri	2010	45,8
Ouagadougou aéroport	2011	43,8	Tanghin Dassouri	2011	47,6
Ouagadougou aéroport	2012	67,8	Tanghin Dassouri	2012	55,6
Ouagadougou aéroport	2013	67,3	Tanghin Dassouri	2013	68,4
Ouagadougou aéroport	2014	57,2	Tanghin Dassouri	2014	
Ouagadougou aéroport	2015	67	Tanghin Dassouri	2015	
Ouagadougou aéroport	2016	94,5	Tanghin Dassouri	2016	91,9
Ouagadougou aéroport	2017	96,6	Tanghin Dassouri	2017	

Pluie mensuelle

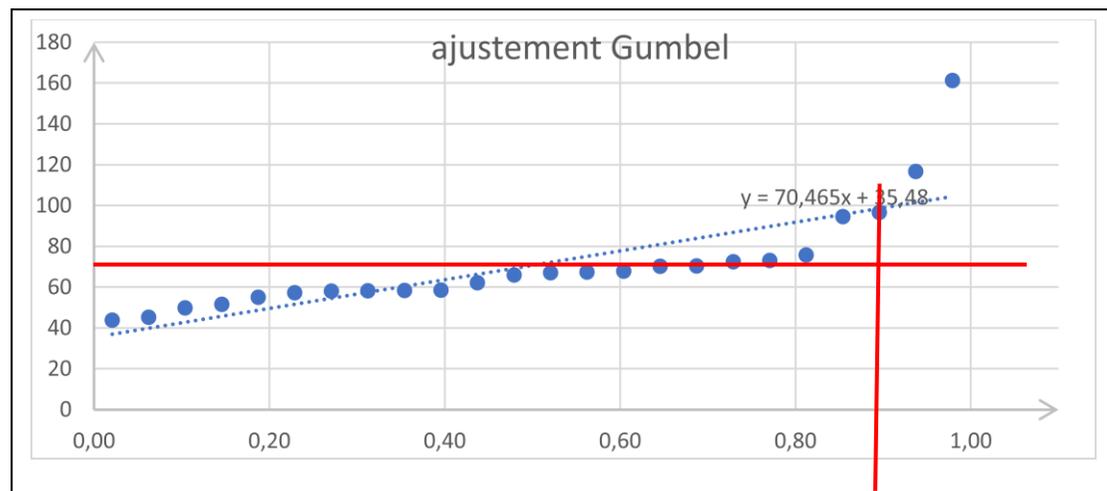
Zone	Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
Tanghin Dassouri	1994	0	0	10,7	27	23,8	133	115	466,5	131	111	0	0
Tanghin Dassouri	1995	0	0	1,8	30,4	75	134	122	211,9	104	31,8	0	0
Tanghin Dassouri	1996	0	0	0	8,5	71,1	75	126	260,1	111	24,2	0	0
Tanghin Dassouri	1997	0	0	9,2	52,4	49,7	63,3	167	163,8	120	1,7	0	0
Tanghin Dassouri	1998	0	0	0	7,6	55,6	45,4	183	209,1	182	42,8	0	0
Tanghin Dassouri	1999	0	0	2,2	16	124	133	109	247,1	243	13,8	0	0
Tanghin Dassouri	2000	0	0	0	3,4	52,8	172	186	147,2	10	19,9	0	0
Tanghin Dassouri	2001	0	0	0	0	47,4	79,5	231	233,9	107	6,5	0	0
Tanghin Dassouri	2002	0	0	0	0	53,8	55,2	147	158,9	191	16,6	0	0
Tanghin Dassouri	2003	0	29	36,1	16,6	52,6	132	210	202,9	186	57,9	0	0
Tanghin Dassouri	2004	0	0	0	106	54,8	28	311	150,6	144	15,6	46,1	0
Tanghin Dassouri	2005	0	0	0	3,4	15,7	71,7	249	255,1	149	28,3	0	0
Tanghin Dassouri	2006	0	0	0	0	19,2	121	125	201	206	32,4	0	0
Tanghin Dassouri	2007	0	0	0	39,6	12,5	79,1	184	307,4	165	2,5	0	0
Tanghin Dassouri	2008	0		0,7	19,1	52,8	96,2	257	138,8	197	15,3	0	0

Tanghin Dassouri	2009	0	0	0	5,4	112	75,8	143	191,8	184	13,2	0	0
Tanghin Dassouri	2010	0	0	0	45,4	85,7	129	166	289,9	144	64,3	0	0
Tanghin Dassouri	2011	0	0	3,9	23,1	46,6	104	133	139,9	71	14,3	0	0
Tanghin Dassouri	2012	0	0	0	67,2	61,7	46,9	241	221	199	0,5	0	2,1
Tanghin Dassouri	2013	0	0	0,4	14	79,2	60,9	229	262,6	156	12,5	0	0
Tanghin Dassouri	2014	24	0	0	4,8	73,2	86,4	181	128,8		21,5	0	0
Tanghin Dassouri	2015	0	0	0				277			31,7	0	0
Tanghin Dassouri	2016	0	0	8,6	13,3	33,2	94,7	323	299,3	122	3,8	0	0
Tanghin Dassouri	2017	0	0	0	23,6	132	143		272,8	102	3,9	0	0
Ouagadougou aéroport	1994	0	0	1,7	1	14,2	108	131	296,3	111	64,9	0	0
Ouagadougou aéroport	1995	0	0	0	9,6	50,3	114	118	258,2	136	13,1	0,4	0
Ouagadougou aéroport	1996	0	0	0	22,6	45,8	40,1	129	193	224	22,9	0	0
Ouagadougou aéroport	1997	0	0	49,2	58	51,6	66,4	111	155,2	48	48,1	0	0
Ouagadougou aéroport	1998	0	0	0	15	65,9	26,7	105	208	195	52,2	0	0
Ouagadougou aéroport	1999	0	0	0,7	17	53,9	74,7	241	235,7	169	8,9	0	0
Ouagadougou aéroport	2000	0	0	0	16,4	78,7	139	153	117,7	24	65,8	0	0
Ouagadougou aéroport	2001	0	0	0	0	70,9	26,3	184	208,4	115	14,7	0	0
Ouagadougou aéroport	2002	0	0	0	7	39,8	38,2	170	179,3	183	39,4	0	0
Ouagadougou aéroport	2003	0	2	21,9	23,9	69,1	164	182	170,3	161	53,2	0	0

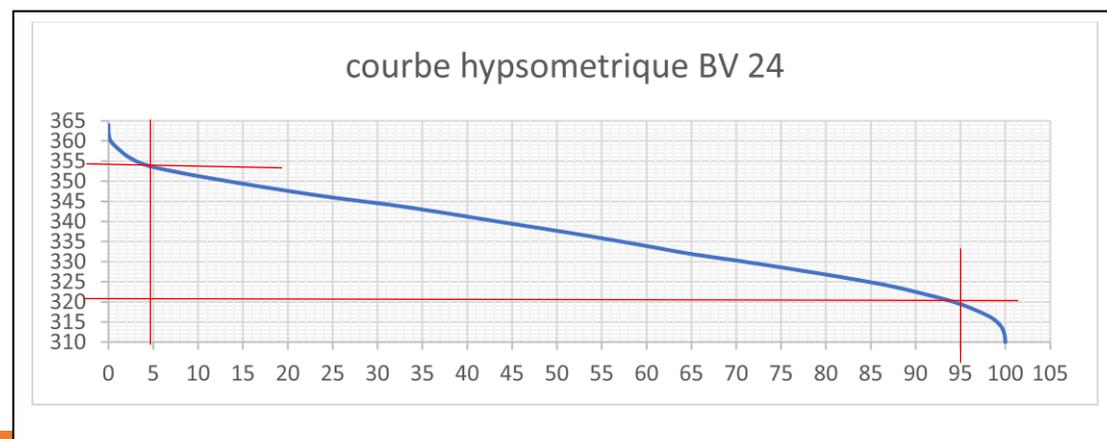
Ouagadougou aéroport	2004	0	0	0	54,4	42,5	27,9	246	194,4	181	16,3	9,8	0
Ouagadougou aéroport	2005	0	0	0,5	29,1	50,2	82,3	251	282	123	21,9	0	0
Ouagadougou aéroport	2006	0	0	0	5,7	13,3	66,4	168	202,3	109	32,3	0	0
Ouagadougou aéroport	2007	0	0	0	85,7	42,7	33,2	114	299,2	138	0,3	0,1	0
Ouagadougou aéroport	2008	0	0	4,4	0	60,9	90	247	205,8	131	28	0	0
Ouagadougou aéroport	2009	0	0	0,3	13	41,7	141	168	197,6	330	32,3	0	0
Ouagadougou aéroport	2010	0	0	0	50,9	67,6	104	235	246,9	87	47,2	0	0
Ouagadougou aéroport	2011	0	0	0,8	25,3	33,9	121	224	181	88	15,7	0	0
Ouagadougou aéroport	2012	0	0	0	13,7	73,8	67,9	368	239,7	235	4,8	0	0,3
Ouagadougou aéroport	2013	0	0	10,1	36,4	73	38,3	182	268,6	165	21,9	0	0
Ouagadougou aéroport	2014	3,4	0	0	17,9	79,1	95,4	177	222,7	213	35,5	0	0
Ouagadougou aéroport	2015	0	0	8,5	0	29,4	109	258	309,2	158	26,8	0	0
Ouagadougou aéroport	2016	0	0	12,5	30,7	47,6	68,7	291	372,7	147	3,8	0	0
Ouagadougou aéroport	2017	0	0	0	13,3	217	110	121	307,6	102	3,7	0	0

Ajustement de la loi de

Gumbel



Courbe hypsométrique



- Etudes hydrologiques

Calcul des débits par les méthodes ORSTOM et CIE

Procédé de calcul des débits

METHODE ORSTON					
Désignation	Unités	Formules	BV14	BV15	BV24
Surface	km <sup>2</sup>		7,338	7,865	57,032
Périmètre	km <sup>2</sup>		19,169	17,418	50,562
P10	mm		99		
Pan			734,7		
KG		$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$	1,9967136	1,7524842	1,889166013
alpha 10			2,6		
H max			354	354	364
H min			316	317	310
Pente longitudinale	%		1,47	1,58	1,63
Pente longitudinale	m/km		14,0280	13,1933	7,1505
Pente transversale	m/km		0,2806	0,2639	0,1430
Pente moyenne	m/km		14,03	13,19	7,15

<b>H 5%</b>	m		350,02	342	353,5
<b>H95%</b>	m		320,05	320,08	319,5
<b>ΔH</b>	m	H 5%-H 95%	29,97	21,92	34
<b>Longueur rectangle équivalent</b>	km	$(P + \sqrt{(P^2) - 16S}) / 4$	8,75	7,69	22,78
<b>Icomp</b>		$0,282 \times P \times S^{(-1/2)}$	2,00	1,75	1,89
<b>Ig</b>	m/km	ΔH/Longueur rectangle équivalent	3,43	2,85	1,49
<b>Ds</b>		$Ig \times S^{0,5}$	9,28	8,00	11,27
<b>Ig cor</b>		$((n-1) \times Ig + It) / n$	2,38	1,99	1,04
<b>Coefficient d'abattement</b>		$1 - ((161 - 0,042 \times Pan) \times \log S / 1000)$	0,89	0,88	0,77
<b>Précipitation moyenne sur le bassin</b>		$A \times P10$	87,85	87,46	76,37
<b>Kr70 Ig3 I</b>		$\frac{a}{(S + b)} + c$	44,51	44,10	29,06
<b>Kr100 Ig3 I</b>			48,24	47,87	32,57
<b>Kr10</b>		Interpolation	48,12	47,75	32,45
<b>Lr 10</b>	mm		42,27	41,76	24,78
<b>Vr10</b>	m <sup>3</sup>	$10^3 Pm10 \times Kr10 \times S$	310163,09	328424,39	1413374,22

<b>Tb10</b>	min	$250 \times S^{0,35} + 300$	802,22	814,56	1329,39
<b>Tb 10</b>	s		48133,08	48873,50	79763,62
<b>Qm10</b>	m <sup>3</sup> /s	$16,7 \times (Pm10 \times Kr10 \times S) / Tb10$	641,81	669,30	1764,87
<b>Tm10</b>		$100 \times S^{0,35} + 75$	260,66	267,68	486,76
<b>Qmr10</b>	m <sup>3</sup> /s		6,44	6,72	17,72
<b>Qr10</b>	m <sup>3</sup> /s	$\alpha_{10} \times Qmr10$	16,75	17,47	46,07
<b>Q10</b>	m <sup>3</sup> /s	$1,03 \times Qr10$	17,26	18,00	47,45
<b>METHODE CIEH</b>					
<b>Q10</b>	Interpolation		24,71	24,7	42,73

Les équations choisies pour la méthode CIEH avec leurs coefficients sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau des équations pour la méthode CIEH

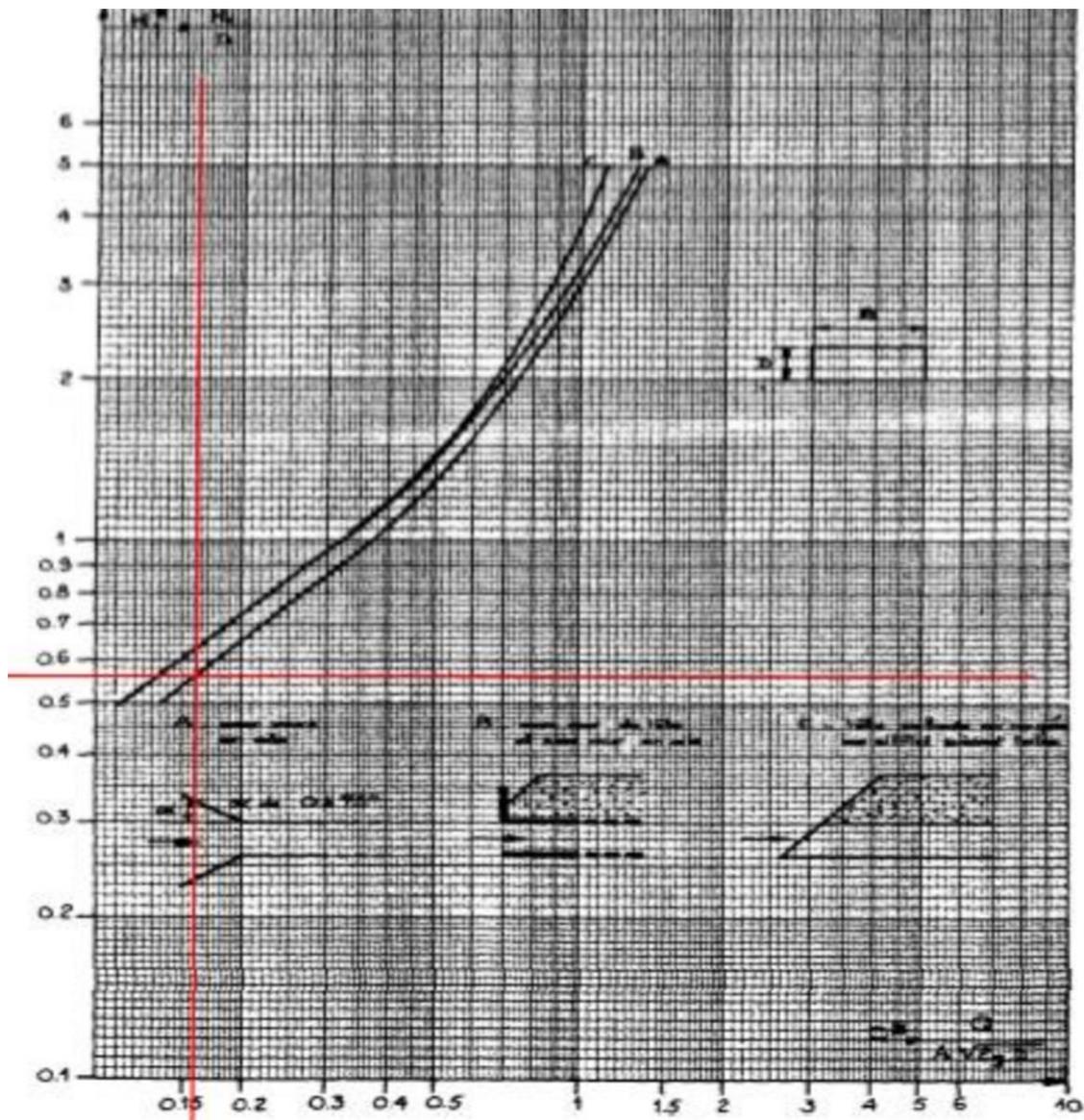
Equations	a	B	c	d	e
<b>10</b>	<b>0,0833</b>	<b>0,696</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,534</b>
<b>18</b>	<b>0,0678</b>	<b>0,661</b>	<b>0</b>	<b>0,412</b>	<b>1,105</b>
<b>39</b>	<b>0,41</b>	<b>0,425</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,923</b>
<b>40</b>	<b>0,254</b>	<b>0,462</b>	<b>0</b>	<b>0,101</b>	<b>0,976</b>

Méthode de CAQUOT

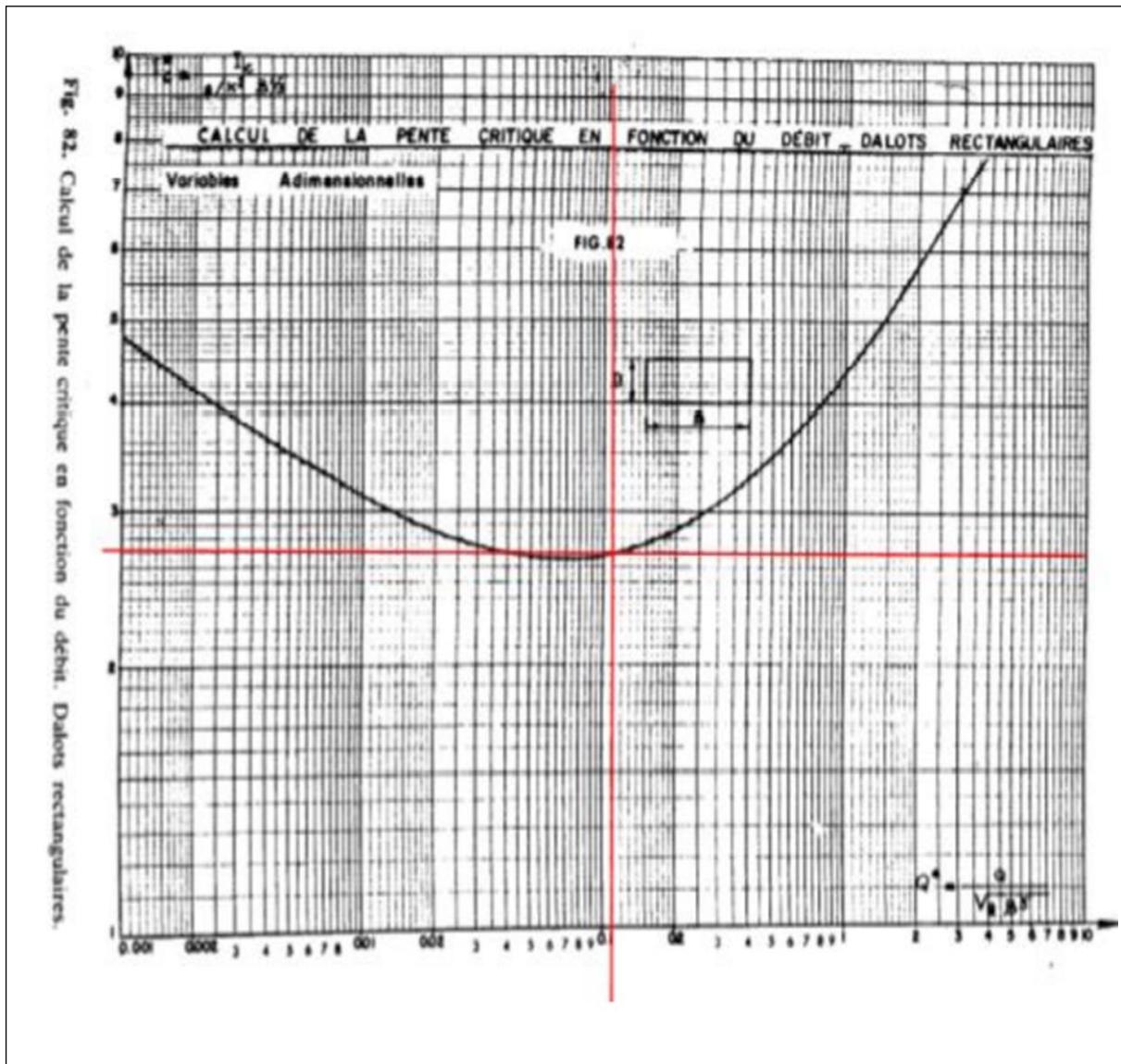
Coefficients de l'équation							
a	b	k	u	v	W	u''	c
7,5	0,5	0,80	1,14	-0,205	1,20	0,367	0,8

Bassins	BVd1	BVd2	BVg1+BV-G2+BV-G3
Surface ha	0,9	0,2	0,93
Longueur(m)	131,21	124,37	130,9
Pente	0,0161	0,0163	0,018
M	1,38	2,78	1,36
M	0,87	1,13	0,88
C	0,8	0,8	0,8
Qbrut	1,27	0,26	1,29
Q(t)	1,11	0,29	1,12

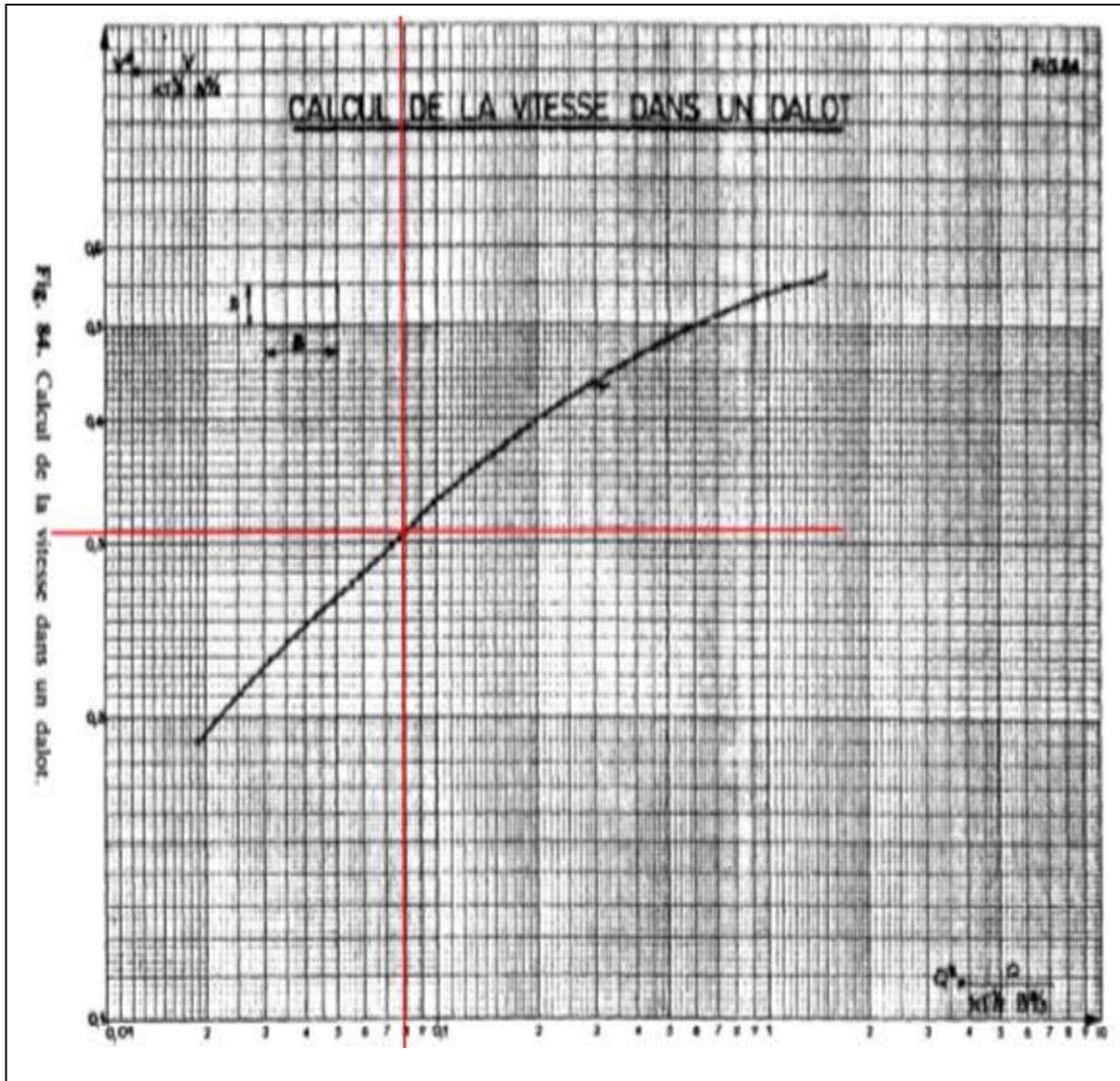
ANNEXE 4: Etude hydrauliques



Abaque de détermination de  $H_1^*$



Abaque de détermination de  $I_c^*$



Abaque de détermination de  $V^*$

*ANNEXE 5: Dimensionnement structurale des ouvrages d'assainissement*

➤ Partie I : Dimensionnement du dalot

Classe de pont

La classe de pont dépend de la largeur roulable de la chaussée qui est la largeur mesurée entre bordure de dispositif de retenue. Dans notre cas elle vaut 30 m. conformément au tableau de classification, nous avons un pont de classe I.

Classe	Largeur Roulable
I	$\geq 7m$
II	$5,5 m < Lr < 7m$
III	$\leq 5,5 m$

Calcul du nombre de voies

$n = \text{int}(Lc/3)$  or  $Lc = 30 m$  car nous ne disposons pas dispositif de retenue.

$n = 10$  voies

**Prédimensionnement du dalot (3×2,5×2,5)**

Le prédimensionnement du dalot répond aux conditions suivantes :

- Suivant la cellule hydraulique

$e \simeq l/15$  ou L représente la plus grande dimension de la cellule hydraulique

- Suivant la hauteur H du remblai

$\checkmark e \simeq l/10 - 5cm$  si  $H < 2m$  ;

$\checkmark e \simeq l/10$  si  $2m < H < 4m$  ;

$\checkmark e \simeq l/10 + 5cm$  si  $4m < H < 8m$ .

D'où  $e = \max(l/15 ; l/10)$ .  $e = 25cm$

### Calcul des charges appliquées

Il revient donc de déterminer les valeurs de P1, P2, P3 et P4 avec P1 la charge qui s'exerce sur tablier, P2 la charge qui s'exerce sur le radier, P3 la charge s'exerçant à l'extrémité supérieure du piédroit de rive et P4 la charge s'exerçant à l'extrémité inférieure du piédroit de rive.

#### Calcul de P1

$$P1 = P_{renb} + P_p$$
$$= \gamma_r \times h_r + e_p \times \gamma_b + h_{revet} \times \gamma_{revet}$$

$$P1 = 25 \times 0,15 + 0,25 \times 25 = 10 \text{ KN/m}^2$$

#### Calcul de P3

$$P3 = k_a \times \gamma_r \times (h + e_p)$$

$$P3 = 0,33 \times (25 \times 0,15 + 20 \times 0,25) = 2,89 \text{ KN/m}^2$$

#### Calcul de P4

$$P4 = k_a \times \gamma_r \times (h_r + h + e_p)$$

$$P4 = 0,33 \times (20 \times (2,5 + 0,25) + 25 \times 0,15) = 20,21 \text{ KN/m}^2$$

#### Calcul de P2

$$P2 = P1 + 4 P_{pd} + P_{radier}$$

$$P2 = 10 + 4 \times 6,25 + 6,25 = 41,25 \text{ KN/m}^2$$

### Calcul des charges d'exploitation

Les charges routières à caractère normale comprennent deux systèmes différents à savoir, le système A et le système B.

#### Système A

Dans la durée de vie de l'ouvrage, il peut arriver à un moment donné qu'il soit totalement chargé. Pour tenir compte de cela, le système A se compose d'une charge uniformément répartie dont l'intensité dépend de la longueur (L) chargée. Il s'exprime par la formule :

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

$$A(L) = 19,86 \text{KN/m}^2$$

A(L) est à multiplier par un coefficient dit de dégressivité transversale ( $a_1$ ). Il s'obtient en fonction de la classe de pont et du nombre de voies.

Tableau des valeurs de  $a_1$

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

$$a_1 A(l) = 14,90 \text{KN/m}^2 \text{ et il est limité par la valeur de } (4 - 0,002L) = 3,96 \text{KN/m}^2$$

La densité de charge effective vaut alors  $q(l) = \sup \{a_1 \times A(L); (4 - 0,002 \times L)\}$

$$D'où q(l) = 14,90 \text{KN/m}^2$$

La valeur de calcul de la surcharge A est donnée par  $Q = \gamma q \times a_2 \times q(L)$

Avec  $\gamma q = 1,2$  à l'ELS et  $1,6$  à l'ELU

$a_2$  est déterminé comme suit :  $a_2 = V_0/V$  ;  $a_2 = 1,67$

Avec  $V$  la largeur d'une voie ( $Lr/3$ ) et  $V_0$  une variable fonction de la classe du pont

Classe	$V_0$
I	3,5 m
II	3 m
III	2,75 m

$$Q_{ELU} = 14,90 \times 1,61 \times 1,67 = 39,81 \text{KN/m}^2 ; Q_{ELS} = 14,90 \times 1,2 \times 1,67 = 29,86 \text{KN/m}^2$$

✚ Système B

Ici, nous étudierons quatre sous système qui diffèrent les uns des autres par la configuration des camions.

La surcharge est définie par  $QB = \gamma Q \times \delta \times b \times B$

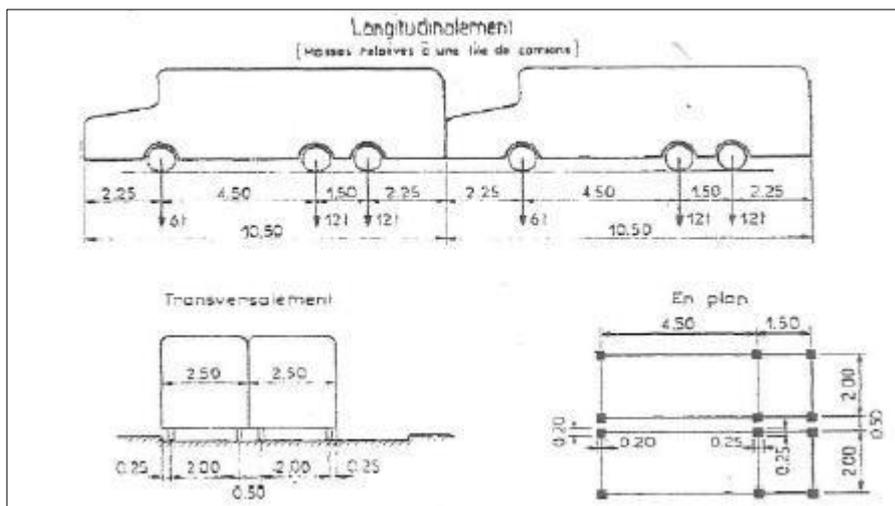
$$\delta = \text{coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0.4}{1+0.2 \times L} + \frac{0.6}{1+4 \times \frac{L}{5}}$$

L : Max (Lr ; portée de la travée)

$S = \max (SBt, SBc, SBc\text{-niger}, SBr)$

G : charge totale d'une section de couverture de longueur L et de toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

❖ Sous système Bc et Bt



Calcul de la surface d'encombrement Bc (surface occupée par les camions dans le cas de charge le plus défavorable)

S = longueur occupée par les camions × largeur occupée par les camions

$$S = (2,5 \times 10) \times (4,5+1,5)$$

$$S = 150 \text{ m}^2$$

$$\text{Charge Bc} = \frac{\text{charge des camions Bc}}{\text{surface d'encombrement}}$$

$$B_c = \frac{3000}{150} = 20 \text{ KN/m}^2$$

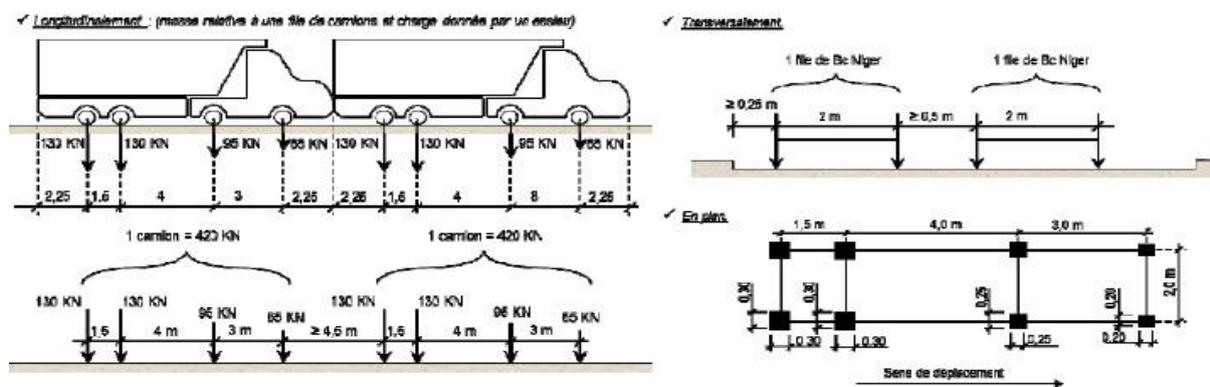
$$\delta_{Bc} = 1 + \frac{0.4}{1+0.2 \times 30} + \frac{0.6}{1+4 \times \frac{10 \times 30 \times 8.5}{3000}} = 1,20 ; (L : \text{Max } (L_r ; \text{portée de la travée}))$$

$$\delta_{Bt} = 1 + \frac{0.4}{1+0.2 \times 30} + \frac{0.6}{1+4 \times \frac{10 \times 30 \times 8.5}{640}} = 1,1$$

$$Q_{Bc}(\text{ELU}) = 1,61 \times 1,20 \times 0,70 \times 20 = 27,05 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{Bc}(\text{ELS}) = 1,2 \times 1,20 \times 0,70 \times 20 = 20,16 \text{ KN/m}^2$$

❖ Sous système  $B_{c_{\text{niger}}}$



Calcul de la surface d'encombrement  $B_c$  (surface occupée par les camions dans le cas de charge le plus défavorable)

$S = \text{longueur occupée par les camions} \times \text{largeur occupée par les camions}$

$$S = (2 \times 10 + 0,5 \times 9 + 0,30) \times (1,5 + 4 + 3)$$

$$S = 210,8 \text{ m}^2$$

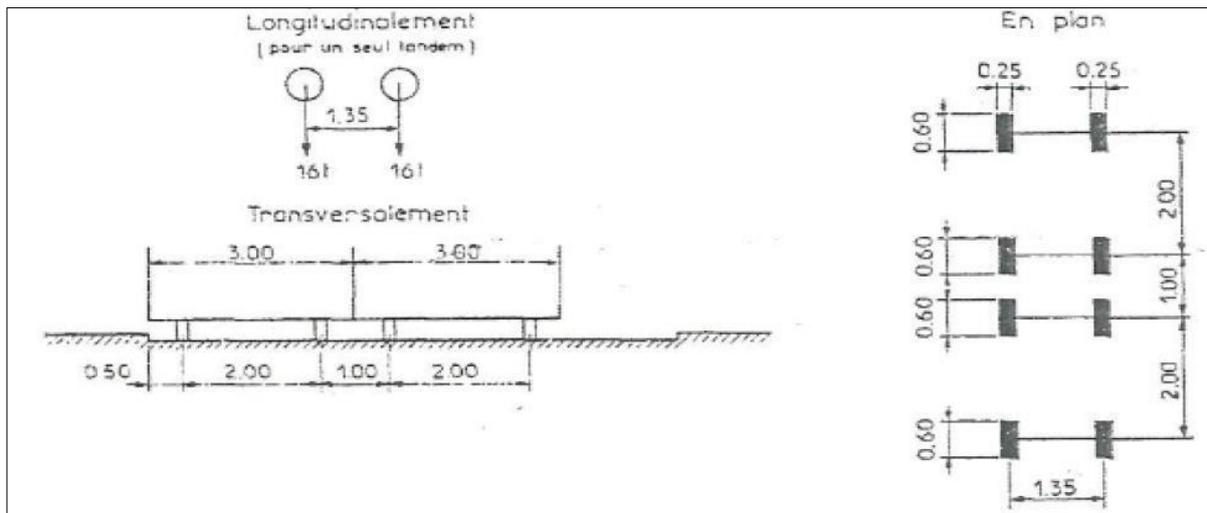
$$\text{Charge } B_{c_{\text{niger}}} = \frac{\text{charge des camions } B_c}{\text{surface d'encombrement}}$$

$$B_{c_{\text{niger}}} = \frac{4200}{210,8} = 19,92 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{Bc}(\text{ELU}) = 1,61 \times 1,25 \times 0,70 \times 19,92 = 28,06 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{Bc}(\text{ELS}) = 1,2 \times 1,25 \times 0,70 \times 19,92 = 20,92 \text{ KN/m}^2$$

❖ Calcul de la surface d'encombrement Bt



Calcul de la surface d'encombrement Bc (surface occupée par les camions dans le cas de charge le plus défavorable)

$S = \text{longueur occupée par les camions} \times \text{largeur occupée par les camions}$

$$S = (1,35 + 0,25) (2 + 1 + 2 + 1) = 9,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Charge } Bc = \frac{\text{charge des camions } Bc}{\text{surface d'encombrement}}$$

$$Bt = \frac{640}{9,6} = 66,67 \text{ KN/m}^2 \text{ et } b_t = 1$$

$$Q_{Bt}(\text{ELU}) = 1,61 \times 1,20 \times 1 \times 66,67 = 128,81 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{Bt}(\text{ELS}) = 1,2 \times 1,20 \times 1 \times 66,67 = 96 \text{ KN/m}^2$$

La charge  $Q = \max(Q_{Bt}, Q_{Bc}, Q_{Bcniger}, QA)$

$$Q(\text{ELU}) = Q_{Bt}(\text{ELU}) = 128,81 \text{ KN/m}^2$$

$$Q(\text{ELS}) = Q_{Bt}(\text{ELS}) = 96 \text{ KN/m}^2$$

✚ Charges d'exploitations

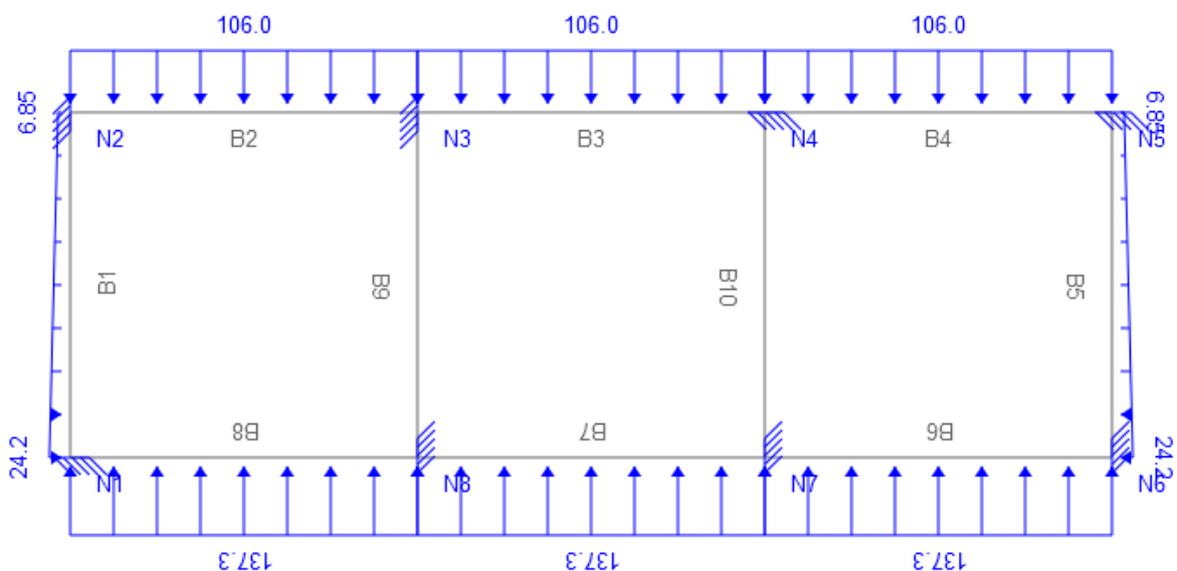
Sur le tablier et le radier,  $q = Q_{bt} = 96 \text{ KN/m}^2$ .

Sur les piédroits de rive  $q_p = k_a \times \gamma q \times q = 3,96 \text{ KN/m}^2$  ( $q$  est la surcharge sur remblai de valeur  $10 \text{ KN/m}^2$ ).

❖ Combinaison des charges (ELS)

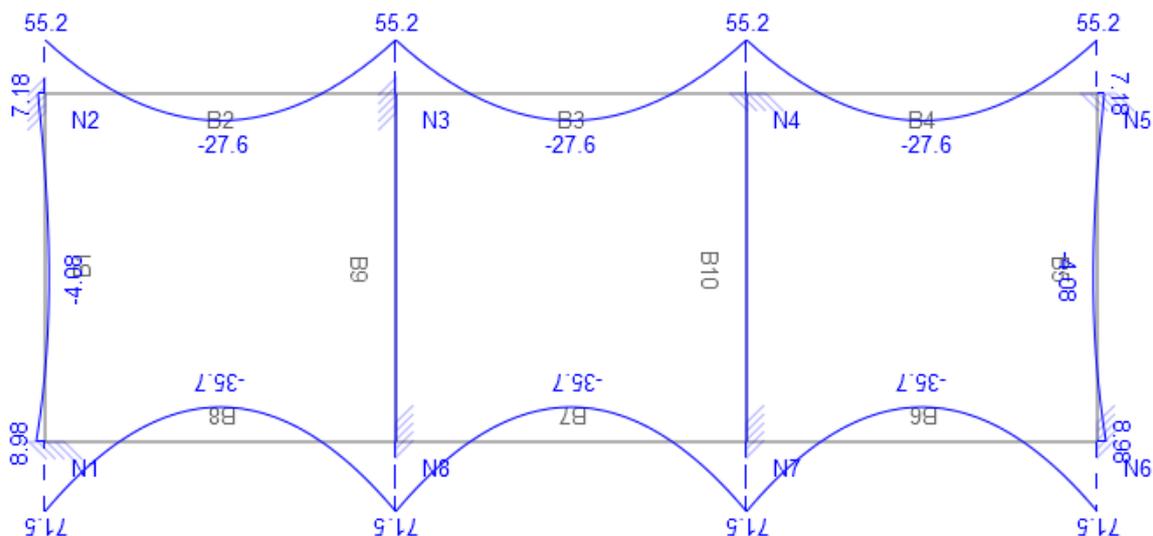
Désignation	Charges permanentes [KN/m <sup>2</sup> ]	Surcharges routières [KN/m <sup>2</sup> ]	Charges totales [KN/m <sup>2</sup> ]
Tablier	P1 = 10	Q = 96	P'1 = P1+Q = 106
Piédroit de rive	P3 = 2,89 P4 = 20,21	q = 3,96	P'3 = P3+q = 6,85 P'4 = P4+q = 24,17
Radier	P2 = 41,25	Q = Qb = 96	P'2 = p2+Q = 137,25

D'où le chargement du dalot



### CALCUL DES SOLLICITATIONS

Le calcul des sollicitations sera effectué au moyen du logiciel Py bar, et donc les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.



- **Dimensionnement béton armé du dalot**

Contrainte limite de compression du béton :  $\overline{\sigma}_{bc} = f_{bser} = 0,6 \times f_{c28}$

Contrainte limite de traction des aciers :  $\xi = \text{Min} \left[ \frac{2}{3} f_e; \text{Max}(0,5 f_e; 110 \sqrt{\eta f_{tj}}) \right]$  (MPa)

Avec  $\eta$  : (éta) Coefficient de fissuration qui dépend de l'adhérence

$\eta = 1,0$  pour les ronds lisses, et les TS formés de fils tréfilés lisses

$\eta = 1,6$  pour les armatures haute adhérence

$\eta = 1,3$  pour les fils de  $\phi < 3$

Position de l'axe neutre

$$s = \frac{b_0 \times y_{ser}^2}{2} + n \times A_{sc} \times (y_{ser} - d') - n \times A_{st} \times (d - y_{ser}) = 0$$

Moment quadratique de la section

$$I_{ser} = \frac{b_0 \times y_{ser}^3}{3} + n \times A_{sc} \times (y_{ser} - d')^2 + n \times A_{st} \times (d - y_{ser})^2$$

Cas particulier d'une section rectangulaire sans armatures comprimé

$$s_{ser} = \frac{b_0 \times y_{ser}^2}{2} - n \times A_{st} \times (d - y_{ser}) = 0$$

$$I_{ser} = \frac{b_0 \times y_{ser}^3}{3} + n \times A_{st} \times (d - y_{ser})^2$$

Calcul des contraintes

Béton :  $\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} y_{ser}$  ; avec  $\sigma_{bc} \leq \overline{\sigma_{bc}} = f_{bser}$

Armatures tendues :  $\sigma_{st} = n \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times (d - y_{ser})$  avec  $\sigma_{st} \leq \overline{\sigma_{st}} = f_{s ser}$

Moment réduit :  $\mu_{ser} = \frac{M_{ser}}{b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc}} = 0,5 \times \alpha_{ser} \times \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right)$

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

Fibre neutre :  $y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$

Moment résistant :  $\overline{M_{rserb}} = \frac{1}{2} \times b_0 \times \overline{y_{ser}} \times \overline{\sigma_{bc}} \times \overline{z_{ser}}$

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

Moment résistant béton réduit  $\mu_{rserb} = \frac{\overline{M_{rserb}}}{b_0 d^2 \sigma_{bc}} = \frac{1}{2} \overline{\alpha_{ser}} \left(1 - \frac{\overline{\alpha_{ser}}}{3}\right)$

$$M_{ser} < \overline{M_{rserb}} \text{ ou } \mu_{ser} \leq \mu_{rserb}$$

Bras de levier :  $z_{ser} = \left(d - \frac{y_{ser}}{3}\right) = d \times \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right)$

Section d'acier :  $A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \sigma_{st}}$

<b>TABLIER</b>					
<b>Désignation</b>	<b>Formule</b>	<b>Appui de rive</b>	<b>Travée de rive</b>	<b>Appui intermédiaire</b>	<b>Travée intermédiaire</b>
<b>Mser (KN.m)</b>		55,2	27,6	55,2	27,6
<b>Mrserb (KN.m)</b>	$b_0 \times d^2 \times \frac{\sigma_{bc}}{\alpha_{ser}} \times \frac{1}{2} \times \alpha_{ser} \times (1 - \frac{\alpha_{ser}}{3})$	114	114	114	114
<b>Comparaison</b>	Mrserb > Mser	Asc = 0	Asc = 0	Asc = 0	Asc = 0
<b>Ast (cm<sup>2</sup>)</b>	$\frac{M_{ser}}{z_{ser} \sigma_{st}}$	6,32	3,16	6,32	3,16
<b>Ast min (cm<sup>2</sup>)</b>	$\frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$	2,17	2,17	2,17	2,17
<b>Choix</b>		5 HA 14 esp 20	5 HA 10 esp 20	5 HA 14 esp 20	5 HA 10 esp 20
<b>Axe neutre</b>	$\frac{b_0 \times y_{ser}^2}{2} - n \times A_{st} \times (d - y_{ser}) = 0$	0,22	0,22	0,22	0,22
<b>Iser (m<sup>4</sup>)</b>	$\frac{b_0 \times y_{ser}^3}{3} + n \times A_{st} \times (d - y_{ser})^2$	6,44 <sup>E</sup> -3	5,02 <sup>E</sup> -3	6,44 <sup>E</sup> -3	5,02 <sup>E</sup> -3
<b><math>\sigma_{bc}</math> (MPa)</b>	$\frac{M_{ser} \times Y_{ser}}{I_{ser}}$	1,89	1,21	1,89	1,21
<b><math>\sigma_{st}</math></b>	$n \frac{M_{ser}(d - Y_{ser})}{I_{ser}}$	224,39	151,81	224,39	151,81

<b>RADIER</b>					
<b>Désignation</b>	<b>Formule</b>	<b>Appui de rive</b>	<b>Travée de rive</b>	<b>Appui intermédiaire</b>	<b>Travée intermédiaire</b>
<b>Mser (KN.m)</b>		71,5	35,7	71,5	35,7
<b>Mrserb (KN.m)</b>	$b_0 \times d^2 \times \frac{\sigma_{bc}}{\sigma_{bc}} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{\alpha_{ser}} \times (1 - \frac{\alpha_{ser}}{3})$	114	114	114	114
<b>Comparaison</b>	Mrserb > Mser	Asc = 0	Asc = 0	Asc = 0	Asc = 0
<b>Ast (cm<sup>2</sup>)</b>	$\frac{M_{ser}}{z_{ser} \sigma_{st}}$	8,19	4,1	8,19	4,1
<b>Ast min (cm<sup>2</sup>)</b>	$\frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$	2,17	2,17	2,17	2,17
<b>Choix</b>		5 HA 16 esp 20	5 HA 12 esp 20	5 HA 16 esp 20	5 HA 12 esp 20
<b>Axe neutre</b>	$\frac{b_0 \times y_{ser}^2}{2} - n \times A_{st} \times (d - y_{ser}) = 0$	0,22	0,22	0,22	0,22
<b>Iser (m<sup>4</sup>)</b>	$\frac{b_0 \times y_{ser}^3}{3} + n \times A_{st} \times (d - y_{ser})^2$	7,31 <sup>E</sup> -3	5,7 <sup>E</sup> -3	7,1 <sup>E</sup> -3	5,7 <sup>E</sup> -3
<b><math>\sigma_{bc}</math> (MPa)</b>	$\frac{M_{ser} \times Y_{ser}}{I_{ser}}$	2,15	3,04	2,15	3,04
<b><math>\sigma_{st}</math></b>	$n \frac{M_{ser}(d - Y_{ser})}{I_{ser}}$	226,37	195	226,37	195

<b>PIEDROIT DE RIVE</b>		
Désignations	Formules	Résultats
Mser (MN.m)		0,009
Nser (MN)		0,172
e	$\frac{Mser}{Nser}$	0,052
Nbmax (MN)	$b \times h \times f_{bc}$	3,75
$\Psi_1$	$\frac{Nser}{Nbmax}$	0,046
$\xi (0,81 > \frac{2}{3} > \Psi_1)$	$\frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4(3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})}$	0,17
$e_{NC}$	$\xi \times h$	0,043
$e_{NC} > e$ section entièrement comprimée. Pourcentage minimal d'armatures identique à celui des poteaux.		
Ast = Ast min poteaux (cm <sup>2</sup> )	Max (4U ; $\frac{0,2B}{100}$ )	10,4
Choix	5 HA 16 esp 20 cm	
Ar	Ast/3	3,47
Choix	5 HA10 esp 20 cm	

<b>PIEDROIT INTERMEDIARE</b>		
Désignations	Formules	Résultats
Nser (KN)		343,2
Br	$(h-0,02)(b-0,02)$	0,2744
$\Lambda$	$3,5 \frac{l_f}{a}$	35
A	$\frac{0,85}{1 + 0,2 \times (\frac{\lambda}{35})^2}$	0,71
Asc	$\frac{\gamma_s}{f_e} \left( \frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r \times f_{c28}}{0,9Br} \right)$	1,16
Amin	Max (4U ; $\frac{0,2B}{100}$ )	10,4
Amin > Asc donc on garde Amin		

Choix	5HA 16 esp 20 cm	
Ar	Asc/3	3,47
Choix	5 HA10 esp 20 cm	

## Mur en AILE

### Prédimensionnement

- ❖ Epaisseur en tête de mur

$$e_0 = \frac{H}{24} ; (\text{min } 15 \text{ cm}) = \frac{3,15}{24} = 13 \text{ cm}$$

$$e_0 = 20 \text{ cm si } H \leq 6 \text{ m}$$

$$e_0 = 30 \text{ cm si } H > 6 \text{ m}$$

$$\text{D'où } e_0 = 20 \text{ cm}$$

- ❖ Epaisseur a l'encastrement avec la semelle  $e_1$  et epaisseur de la semelle  $e_2$

$$e_1 = e_2 = \frac{H}{12} = \frac{3,15}{12} = 0,26 \text{ cm Mais on gardera } 30 \text{ cm}$$

- ❖ Largeur de la semelle

$$b = 0,20 + 0,45H = 1,62 \text{ m soit } 1,65 \text{ m}$$

- Largeur du patin

$$\frac{H}{8} \leq b_1 \leq \frac{H}{5} \text{ D'où } 0,40 \text{ m} \leq b_1 \leq 0,65 \text{ m on prendra } b_1 = 0,5 \text{ m}$$

- Largeur du talon

$$b_2 = b - b_1 - e_1 = 0,85 \text{ m}$$

### Récapitulatif prédimensionnement (valeur en cm)

$e_0$	$e_1 = e_2$	B	$b_1$	$b_2$
20	30	165	50	0,85

Calcul des moments et vérification des stabilités

Désignation			Action horizontale $R_H = P_G$ ou $P_Q$ (KN/m)	Action verticale $R_V = G$ ou $Q$ (KN/m)	$M/A$ (KN/m)
G	Poids du mur et des terres	Semelle (a)		$1,65 \times 0,3 \times 25 =$ 12,38	$\times \frac{1,65}{2} = -$ 10,21
		Voile (b)		$2,85 \times 0,20 \times 25 =$ 14,25	$\times 0,6 = -$ 8,55
		Voile(c)		$2,85 \times 25 \times 0,10/2$ $= 3,56$	$\times 0,73 = -$ 2,60
		a + b + c		30,19	-21,36
		Terre amont		$2,85 \times 0,9 \times 20 =$ 51,3	$\times 1,2 = -$ 61,56
	Poussée des terres		$0,33 \times 20 \times \frac{3,15^2}{2} =$ 33,04	$\times \frac{3,15}{3} =$ 34,69	
Q	Charge d'exploitation		$10 \times 0,85 = 8,5$	$\times 1,2 = -$ 10,2	
	Poussée due à la charge d'exploitation		$0,33 \times 10 \times 3,15 =$ 10,40	$\times \frac{3,15}{2} =$ 16,37	

## Stabilité des murs

✚ Vis-à-vis du renversement

$$F_s = \frac{M_s}{M_r} \geq 1,5 \text{ avec } M_s = \text{moment stabilisant, } M_r = \text{moment reversant}$$

$$F_s = \frac{21,36+61,56}{34,69} = 2,39 \geq 1,5 \text{ stabilité vérifiée}$$

✚ Vis-à-vis du glissement

$$F_s = \frac{R_v}{R_H} \geq 1,5$$

$$F_s = \frac{10,2+61,56+30,19}{33,04+10,40} = \frac{89,99}{43,44} = 2,07 \geq 1,5 \text{ donc stabilité vérifiée}$$

❖ Détermination des armatures principales et secondaires

✚ Calcul de la semelle

## Calcul du patin (S2)

Le calcul se fait en flexion simple et le remblai au-dessus de lui est négligé.

$$R_v = 89,99 \text{ KN/m, } R_h = 43,44 \text{ KN/m, } M/A = 42,06 \text{ KN.m/m}$$

$$e_A = \frac{M/A}{R_v} = 0,46 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{R_v}{2e_A} = 97,82 \text{ KN/m}^2$$

$$M_{S2} = \sigma \frac{l^2}{2} = 12,23 \text{ KN.m/m} = 0,01223 \text{ MN.m/m}$$

$$M_{r_{serb}} = 0,22 \text{ MN.m/m} > M_{S2} = 0,01223 \text{ MN.m/m} \text{ donc } A_{SC} = 0$$

$$A_{st} = \frac{M_{S2}}{z\sigma_{st}} = \frac{0,00934}{0,23 \times 250} = 2,13 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,13 \text{ cm}^2$$

$$A_{st \text{ min}} = \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e} = 2,6 \text{ cm}^2$$

## Calcul du talon (S3)

$$\text{Contrainte sur le talon : } \sigma_1 = 2,85 \times 20 + 10 = 67 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Contrainte sous le talon } \sigma_2 = \frac{R_V}{2e_A} = 97,82 \text{ KN/m}^2 ; 2e_a = 0,92 \text{ m}$$

$$M_{ser} = \sigma_1 \times l_2 \times \frac{l_2}{2} - \sigma_2 \times l' \times \frac{l'}{2} = 24,20 - 0,70 = 23,5 \text{ KN.m/m} = 0,024 \text{ MN.m/m}$$

$$A_{SC} = 0$$

$$A_{st} = \frac{M_{S3}}{z\sigma_{st}} = \frac{0,024}{0,23 \times 250} = 4,17 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 4,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{st \text{ min}} = \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e} = 2,6 \text{ cm}^2$$

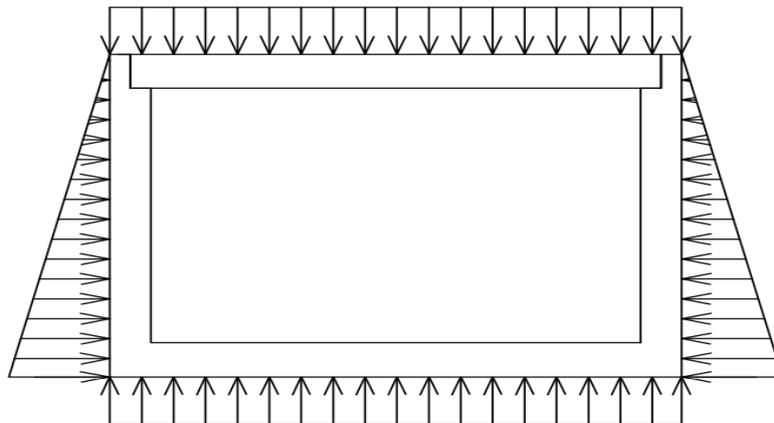
✚ Calcul du voile

Désignation	Formule	S <sub>1</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
<b>h</b>		2,85	1,90	1,43	0,95
<b>e</b>		0,30	0,07	0,05	0,03
<b>N (KN/m)</b>	$\left[ h \times e_0 + \frac{(e_1 - e_0) \times h}{2} \right] \times 25$	17,81	11,08	8,02	5,15
<b>V (KN/m) poussée des terres</b>	$\frac{(k_a \times w_e \times h) \times h}{2}$	26,80	11,91	6,70	2,98
<b>MG (KN/m) poussée des terres</b>	$V \text{ poussée} \times \frac{h}{3}$	25,46	7,54	3,18	0,94
<b>V (KN/m) charge</b>	$k_a \times q \times h$	9,41	6,27	4,70	3,14
<b>MG (KN/m) charge</b>	$V \text{ charge} \times \frac{h}{2}$	13,40	5,96	3,35	1,49
<b>Mser</b>		38,87	13,50	6,53	2,43
<b>e<sub>ser</sub></b>	$\frac{M_{ser}}{N_{ser}}$	2,18	1,22	0,82	0,47
<b>4H0</b>		1,20	0,27	0,20	0,13

<b>Mrserb (KN.m)</b>	$b_0 \times d^2 \times \frac{1}{\sigma_{bc}} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{\alpha_{ser}} \times (1 - \frac{\alpha_{ser}}{3})$	216,7	10,7	6	2,7
<b>Z</b>	$d(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3})$	0,2277	0,051	0,038	0,025
<b>Ast (cm<sup>2</sup>)</b>	$\frac{M_{ser}}{Z_{ser} \cdot \sigma_{st}}$	6,83	4,76	4,2	3,85
<b>Amin</b>	$\frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$	2,6	0,6	0,4	0,26
<b>Choix</b>		10HA 10 esp 10cm			5HA 10 (esp 20)
<b>Ar (cm<sup>2</sup>)</b>		3	0,67	0,50	0,33
<b>Choix</b>		5HA 10 (esp 20)			

➤ Partie II : Dimensionnement du caniveau

Principe de chargement du caniveau



Calcul du caniveau

✚ Calcul de la Dalette

Poids propre :  $P = \gamma_b \times e \times 1 = 0,15 \times 25 \times 1 = 3,75 \text{ KN / ml}$

Charge Br :  $Br = 100 \text{ KN/ml}$

ELU

$$Pud = 1,35 \times 3,75 = 5,06 \text{ KN/ml}$$

$$PuBr = 1,5 \times 100 = 150 \text{ KN/ml}$$

$$Mu = \frac{Pud \times l^2}{8} + \frac{PuBr \times l}{4}$$

$$Mu = 54,92 \text{ KN m/ml}$$

ELS

$$Pserd = 3,75 \text{ KN/ml}, PserBr = 100 \text{ KN/ml}$$

$$Mser = \frac{Pserd \times l^2}{8} + \frac{PserBr \times l}{4}$$

$$Mser = 36,71 \text{ KN m/ml}$$

Calcul à l'ELU

- Moment réduit du béton

$$\mu u = \frac{Mu}{b \times d^2 \times f_{bu}} = 0,21$$

$$\mu_{AB} = 0,186 < \mu u = 0,21 < \mu_l = 0,372 \text{ donc pivot B sans acier comprimé}$$

- Paramètre de déformation

$$\alpha u = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu u}) = 0,30$$

$$Zu = d \times (1 - 0,4 \alpha u) = 0,12$$

- Section d'acier théorique

$$Ast = \frac{Mu}{Z \times f_{su}} = \frac{54,92 \times 10^{-3} \times 10^4}{0,12 \times 384} = 11,92 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

- Condition de non fragilité

$$Ast \text{ min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = 1,63 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Choix de HA 12 esp 20 cm

$$A_r = A_{st}/3 = 3,97 \text{ cm}^2 \text{ soit HA 8 esp 20 cm}$$

- Vérification de la section à l'ELS

$$M_{ser} = 36,71 \text{ KN m/ml}$$

$$\sigma_s = \text{Min} [0,67 f_e ; \text{Max} (0,5 f_e ; 110 \sqrt{\eta \times f_{t28}})] = 201,63 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{ser} = \frac{\eta \times \overline{\sigma_{bc}}}{\eta \times \overline{\sigma_{bc}} + \overline{\sigma_{st}}} = 0,53$$

$$S_{ser} = \frac{b \times y_{ser}^2}{2} - n A_{st} (d - y_{ser}) = 0$$

$$0,5 y_{ser}^2 + 0,02 y_{ser} - 2,5 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ d'où } y_{ser} = 0,054 \text{ m}$$

$$I_{ser} = \frac{b \times y_{ser}^3}{3} + n A_{st} (d - y_{ser})^2 = 3,2 \times 10^{-4}$$

- ❖ Contrainte dans le béton

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times y_{ser} = 6,19 \text{ MPa} < \overline{\sigma_{bc}} = 15 \text{ MPa}$$

- ❖ Contrainte dans l'acier

$$\sigma_{st} = n \frac{M_{ser}}{I_{ser}} \times (d - y_{ser}) = 139,38 \text{ MPa} < \overline{\sigma_{st}} = 384 \text{ MPa}$$

Toutes les contraintes sont vérifiées

#### ✚ Calcul des piédroits

Le calcul des piédroits se fait à l'ELS et en flexion composé

Il est soumis à son poids propre et aux charges provenant de la dalette.

$$\text{Poids propre du piédroit } P = e \times h \times \gamma_b = 5,63 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Poids de la dalette } P_2 = e \times l/2 \times \gamma_b = 2,68 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Poussée des terres } P_3 = 0,5 \times K_a \times H^2 \times \gamma_{\text{terre}} = 7,43 \text{ KN/ml}$$

La charge d'exploitation est celle de la roue isolée soit 50 KN/ml sur chaque piédroit.

- Calcul des sollicitations.

$$N_{ser} = P + P2 + 1,2Q = 68,31 \text{ KN/ml}$$

$$M_{ser} = P3 \times l / 3 = 3,72 \text{ KN m/ml}$$

- Calcul des aciers

$$\text{Excentricité } e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = 0,05 \text{ m}$$

$h/6 = 0,025$  et  $h/4 = 0,038$ .  $e > h/4$  donc il y'a de forte chance que la section soit partiellement comprimé. Le calcul se fait comme à l'ELU

$$N_{bmax} = b \times h \times f_{bc} = 2,77$$

$$\Psi_1 = N_u / N_{bmax} = 0,02 < 0,81$$

$$\xi = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4(3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})} = 0,16$$

$$e_{NC} = \xi \times h = 0,024$$

$$e_A = e + (d - 0,5h) = 0,11$$

$$\text{Moment fictif } M_{serf} = N_{ser} \times e_A = 7,5 \text{ KN/m}$$

$$\overline{\alpha_{ser}} = \frac{n\overline{\sigma_{bc}}}{n\overline{\sigma_{bc}} + \overline{\sigma_{st}}} = 0,53 ; y_{ser} = d \times \overline{\alpha_{ser}} = 0,07 ; Z_{ser} = d - (y_{ser} / 3) = 0,111$$

Moment reduit  $M_{rserb} = b_0 \times d^2 \times \overline{\sigma_{bc}} \times \frac{1}{2} \times \overline{\alpha_{ser}} \times (1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}) = 58,27 \text{ KN/ml} > M_{serf}$  d'où il n'y a pas d'acier comprimé

$$A_{st} = \frac{M_{serf}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}} = 3,38 \text{ cm}^2$$

$$A_{st \text{ min}} = \max \left( \frac{bh}{100} ; \frac{0,23 bdf_{tj}}{f_e} \right) = 1,63 \text{ cm}^2$$

Choix de HA 10 esp 15 cm

$$A_r = A_{st} / 3 = 1,13 \text{ cm}^2 < A_{min} \text{ donc on gardera } A_{min}$$

Choix de HA 8 esp 20 cm

✚ Calcul du radier

Le calcul se fait en flexion simple et à l'ELS

Détermination des charges

$$Pr = P + 2P_{\text{piedroit}} + P_{\text{radier}} = 15 \text{ KN/ml}$$

$$Br = 100 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Combinaison de charge } q = Pr + Br = 115 \text{ KN/ml}$$

Calcul des sollicitations

$$\text{Sur appui } M_{ser} = \frac{ql^2}{12} = 0,03 \text{ MN m/ml} ; \text{ en travée } M_{ser} = \frac{ql^2}{8} = 0,039$$

Calcul des aciers

$$\alpha_{ser} = \frac{\eta \times \overline{\sigma_{bc}}}{\eta \times \overline{\sigma_{bc}} + \overline{\sigma_{st}}} = 0,53 ; \overline{y_{ser}} = \overline{\alpha_{ser}} \times d = 0,072 ; ; \overline{z_{ser}} = d - \frac{\overline{y_{ser}}}{3} = 0,111$$

$$\text{Moment résistant du béton } \overline{Mr_{serb}} = 0,5 \times b_0 \times \overline{y_{ser}} \times \overline{z_{ser}} \times \overline{\sigma_{bc}} = 0,06 \text{ MN m/ml}$$

$M_{ser} < \overline{Mr_{serb}}$  donc la section est sans acier comprimé

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{\overline{z_{ser}} \times \overline{\sigma_{st}}} = 17,43 \text{ cm}^2 \text{ choix de HA 14 esp 15 cm}$$

$$A_r = 5,81 \text{ cm}^2 \text{ choix de HA 8 esp 20}$$

ANNEXE 6: Evaluation du coût

N° PRIX	DESIGNATION	UNITE	QUANTITES	PRIX UNITAIRE	MONTANT (Francs CFA)
<b>1</b>	<b>POSTE 1 : INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER</b>				
1.1	Amenée et Repli des installations de chantier pour les besoins de l'entrepreneur	fft	1,00	300 000 000	300 000 000
1.2	Installation de la Centrale de Concassage	fft	1,00	75 000 000	75 000 000
1.3	Installation de la Centrale de béton	fft	1,00	50 000 000	50 000 000
1.4	Installation de la Centrale d'enrobage	fft	1,00	150 000 000	150 000 000
1,5	Préparation et entretien des déviations en terre	km	6,00	1 890 000	11 340 000
<b>SOUS - TOTAL POSTE 1 : INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER</b>					<b>586 340 000</b>
<b>2</b>	<b>POSTE 2 : TRAVAUX PREPARATOIRES</b>				
2.1	Débroussaillage et Nettoyage de l'emprise	m <sup>2</sup>	1 754 135,60	500	877 067 800
2,2	Décapage de la terre végétale	m <sup>2</sup>	3 508,27	300	1 052 481
<b>SOUS - TOTAL POSTE 2 : TRAVAUX PREPARATOIRES</b>					<b>878 120 281</b>
<b>3</b>	<b>POSTE 3 : TERRASSEMENTS</b>				
3,1	Déblai ripable	m <sup>3</sup>	0,00	15 000	-
3,2	Déblai rocheux	m <sup>3</sup>	0,00	25 000	-
3,3	Purges ponctuelles avec substitution de matériaux	m <sup>3</sup>	650,00	10 000	6 500 000
3,5	Remblais de terre végétale pour terre-plein central	m <sup>3</sup>	35 082,71	5 000	175 413 560
3,6	Couche de forme sur 30 cm	m <sup>3</sup>	110 510,54	4 375	483 483 625

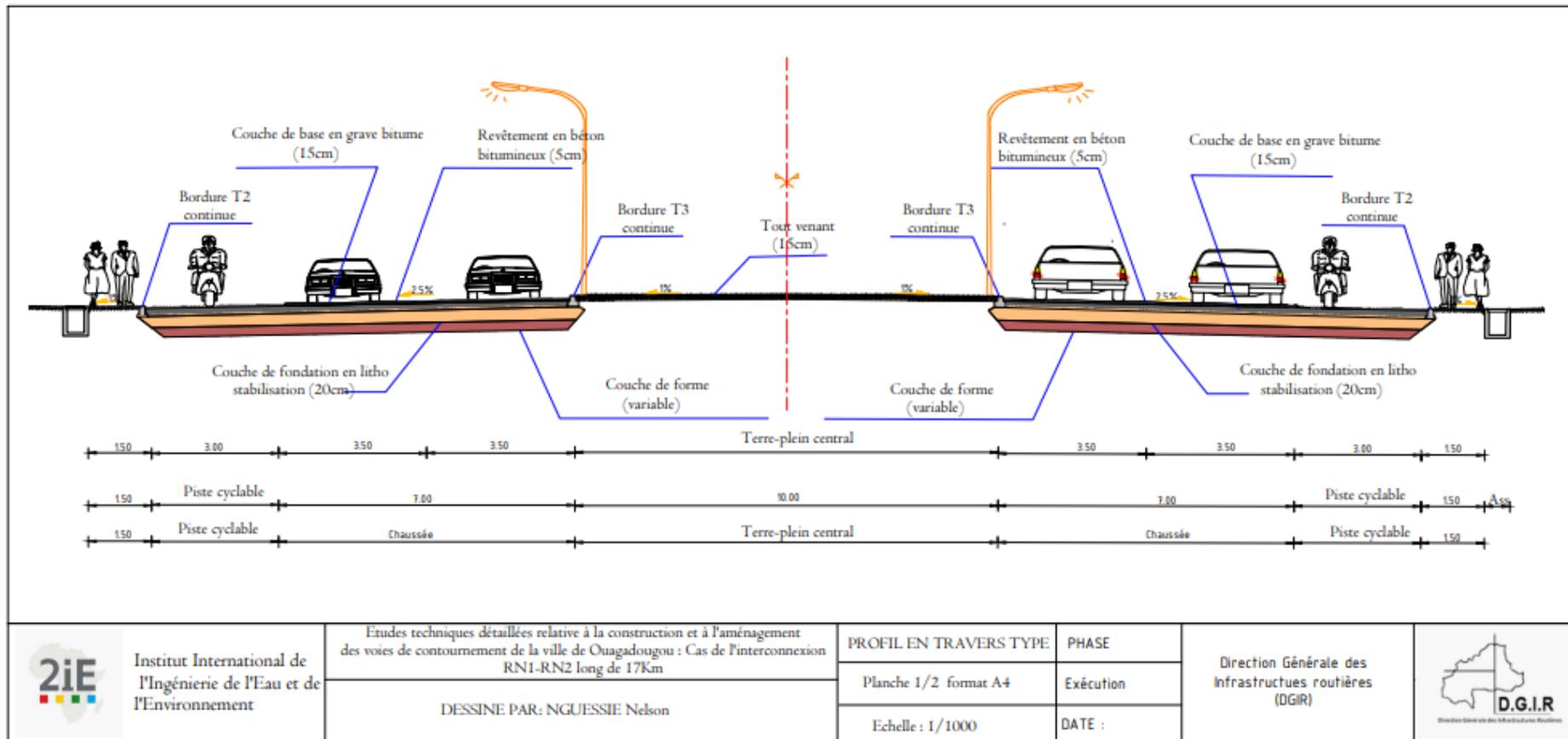
	<b>SOUS - TOTAL POTSE 3 : TERRASSEMENTS</b>				<b>665 397 185</b>
<b>4</b>	<b>POSTE 4 : CHAUSSEE</b>				
4,1	Fourniture et mise en œuvre de la latérite amélioré au concassé pour couche de fondation sur 20 cm	m3	66 657,15	50 000	3 332 857 640
4,2	Fourniture et mise en œuvre de la grave bitume pour couche de base sur 15 cm	m3	44 730,46	50 000	2 236 522 890
4,3	Fourniture et mise en œuvre de béton bitumineux (ép : 5 cm)	m3	12 278,95	225 000	2 762 763 570
4,4	Fourniture et mise en œuvre de la couche d'imprégnation pour chaussée	m2	298 203,05	2 500	745 507 630
4,5	Plus-value de transport de matériaux de chaussée	m3xkm	13 886 250,00	300	4 165 875 000
	<b>SOUS - TOTAL POSTE 4 : CHAUSSEE</b>				<b>13 243 526 730</b>
<b>5</b>	<b>POSTE 5 : OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE</b>				
5,1	Caniveau rectangulaire en béton armé de section 135 cm x 150 cm	ml	10 800,00	110 000	1 188 000 000
5,2	Dallettes de couverture des caniveaux pour passages piétons	ml	9 124,00	50 000	456 200 000
5,3	Exécution de fossés triangulaire	ml	23 200,00	15 000	348 000 000
<b>5,3</b>	<b>Construction de corps de dalots en béton armé de section</b>				
5.3.1	1x100x100	m	360,00	175 000	63 000 000
5.3.2	2x200x150	m	210,00	325 000	68 250 000
5.3.3	2x200x100	m	30,00	295 000	8 850 000
5.3.4	2x200x200	m	30,00	520 000	15 600 000
5.3.5	3x200x200	m	60,00	410 000	24 600 000
	1x250x100	m	90,00	395 000	35 550 000
	3x250x250	m	30,00	750 000	22 500 000
	5x350x350	m	30,00	1 200 000	36 000 000
	2x100x100	m		210 000	12 600 000

			60,00		
	1x250x150	m	120,00	395 000	47 400 000
<b>5,4</b>	<b>Construction d'ensemble ouvrages de tête aval et amont de dalots de section</b>				
5.4.1	1x100x100	u	12,00	150 000	1 800 000
5.4.2	2x200x150	u	7,00	325 000	2 275 000
5.4.3	2x200x100	u	2,00	210 000	420 000
5.4.4	2x200x200	u	1,00	450 000	450 000
5.4.5	3x200x200	u	2,00	620 000	1 240 000
	1x250x100	u	3,00	295 000	885 000
	3x250x250	u	1,00	875 000	875 000
	5x350x350	u	1,00	1 250 000	1 250 000
	2x100x100	u	2,00	310 000	620 000
	1x250x150	u	4,00	295 000	1 180 000
<b>SOUS - TOTAL POSTE 5 : OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE</b>					<b>2 337 545 000</b>
<b>6</b>	<b>POSTE 6 : SIGNALISATION &amp; EQUIPEMENT</b>				
6,1	Peinture rétroréfléchissante pour ligne continue	m	3 000,00	2 500	7 500 000
6,2	Peinture rétroréfléchissante pour ligne discontinue (3m, espacement : 10 m)	m	15 150,00	2 500	37 875 000
6,3	Peinture rétroréfléchissante pour marques transversales (lignes d'arrêt passage piéton)	m <sup>2</sup>	180,00	8 000	1 440 000
6,4	Ralentisseurs en béton	ml	168,00	120 000	20 160 000
6,5	Panneaux circulaires	u	6,00	180 000	1 080 000
6,6	Panneaux triangulaires	u	34,00	180 000	6 120 000
6,7	Panneaux octogonaux	u	4,00	180 000	720 000
6,1	Panneaux rectangulaires	u	4,00	250 000	1 000 000
6,8	Panneaux d'indication	u	4,00	300 000	1 200 000
6,10	Fourniture et pose de balise en béton pour ouvrages d'assainissement	u	52,00	20 000	1 040 000
<b>SOUS - TOTAL POSTE 6 : SIGNALISATION &amp; EQUIPEMENT</b>					<b>78 135 000</b>
<b>7</b>	<b>POSTE 7 : MESURES ENVIRONNEMENTALE</b>				
7,1	PGES	u	-	200 000 000	200 000 000

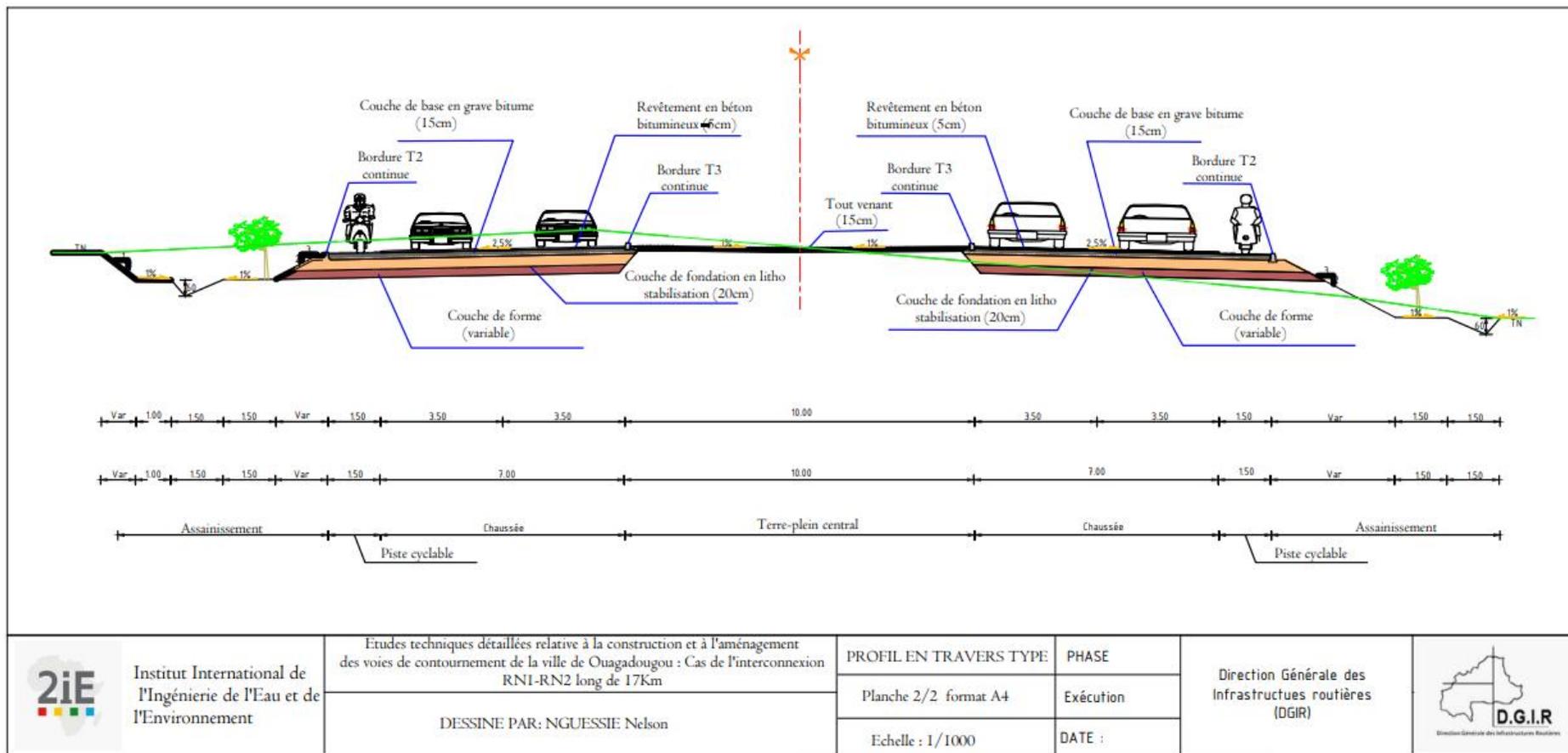
7,2	PDRICPA	u	-	500 000 000	500 000 000
<b>SOUS - TOTAL POSTE 7 : MESURES ENVIRONNEMENTALE</b>					700 000 000
<b>RECAPITUALTIF</b>					
<b>POSTE 1 : INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER</b>					<b>586 340 000</b>
<b>POSTE 2 : TRAVAUXPREPARATOIRES</b>					<b>878 120 281</b>
<b>POSTE 3 : TERRASSEMENTS</b>					<b>665 397 185</b>
<b>POSTE 4 : CHAUSSEE</b>					<b>13 243 526 730</b>
<b>POSTE 5 : OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE</b>					<b>2 337 545 000</b>
<b>POSTE 6 : SIGNALISATION &amp; EQUIPEMENT</b>					<b>78 135 000</b>
<b>POSTE 7 : MESURES ENVIRONNEMENTALES</b>					<b>700 000 000</b>
<b>MONTANT TOTAL HT</b>					<b>18 489 064 196</b>
<b>MONTANT TOTAL TTC</b>					<b>21 817 095 750</b>

*ANNEXE 7: Pièces graphiques*

Profil type à l'intersection avec les routes nationale



Profil type le long du projet

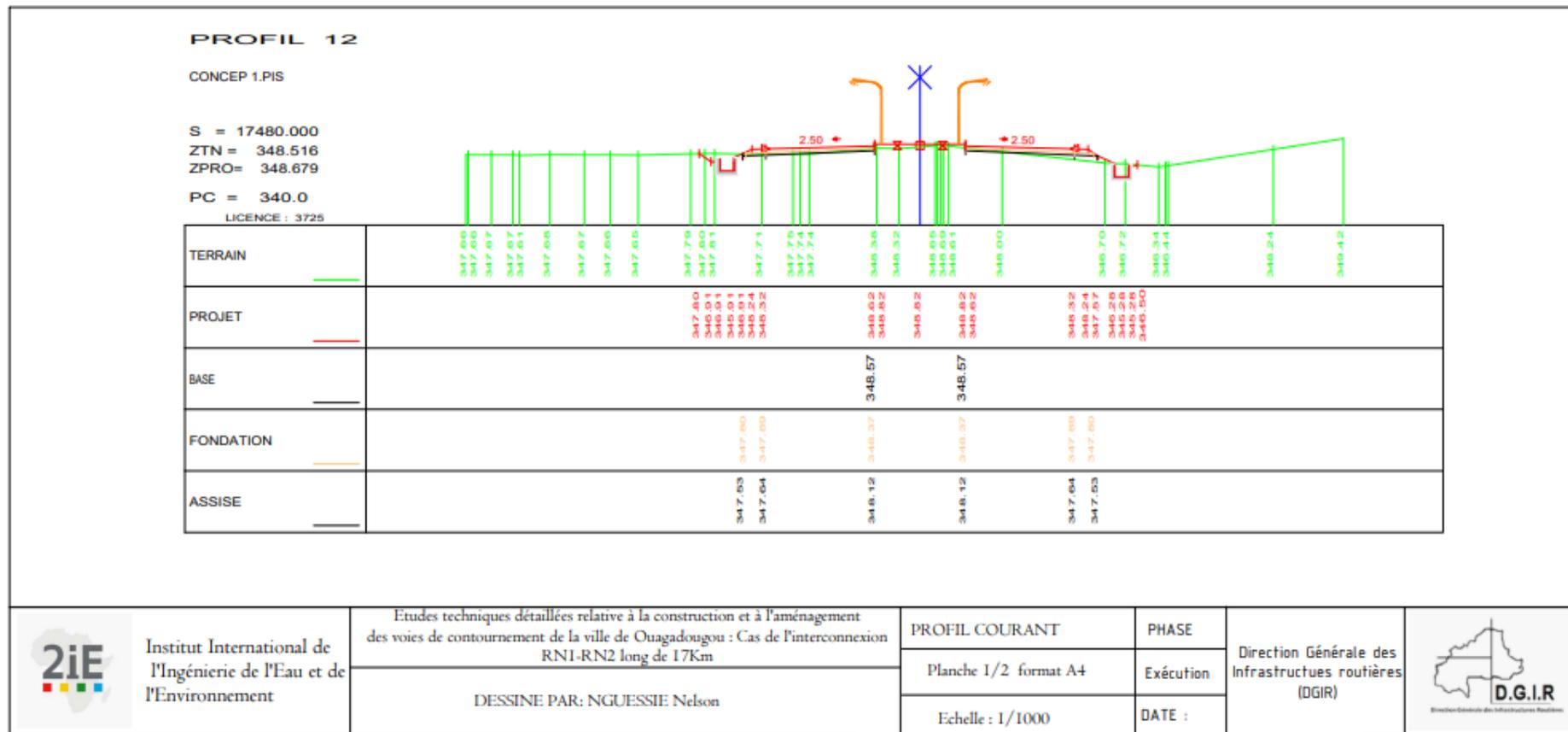


Rédigé et soutenu par Nelson NGUESSIE

Promotion 2020/2021

[1]

# ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES RELATIVE A LA CONSTRUCTION ET L'AMENAGEMENT DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU : CAS DE L'INTERCONNEXION RN1-RN2 LONG DE 17 KM



Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

Etudes techniques détaillées relative à la construction et à l'aménagement des voies de contournement de la ville de Ouagadougou : Cas de l'interconnexion RNI-RN2 long de 17Km

DESSINE PAR: NGUËSSIE Nelson

PROFIL COURANT

Planche 1/2 format A4

Echelle : 1/1000

PHASE

Exécution

DATE :

Direction Générale des Infrastructures routières (DGIR)



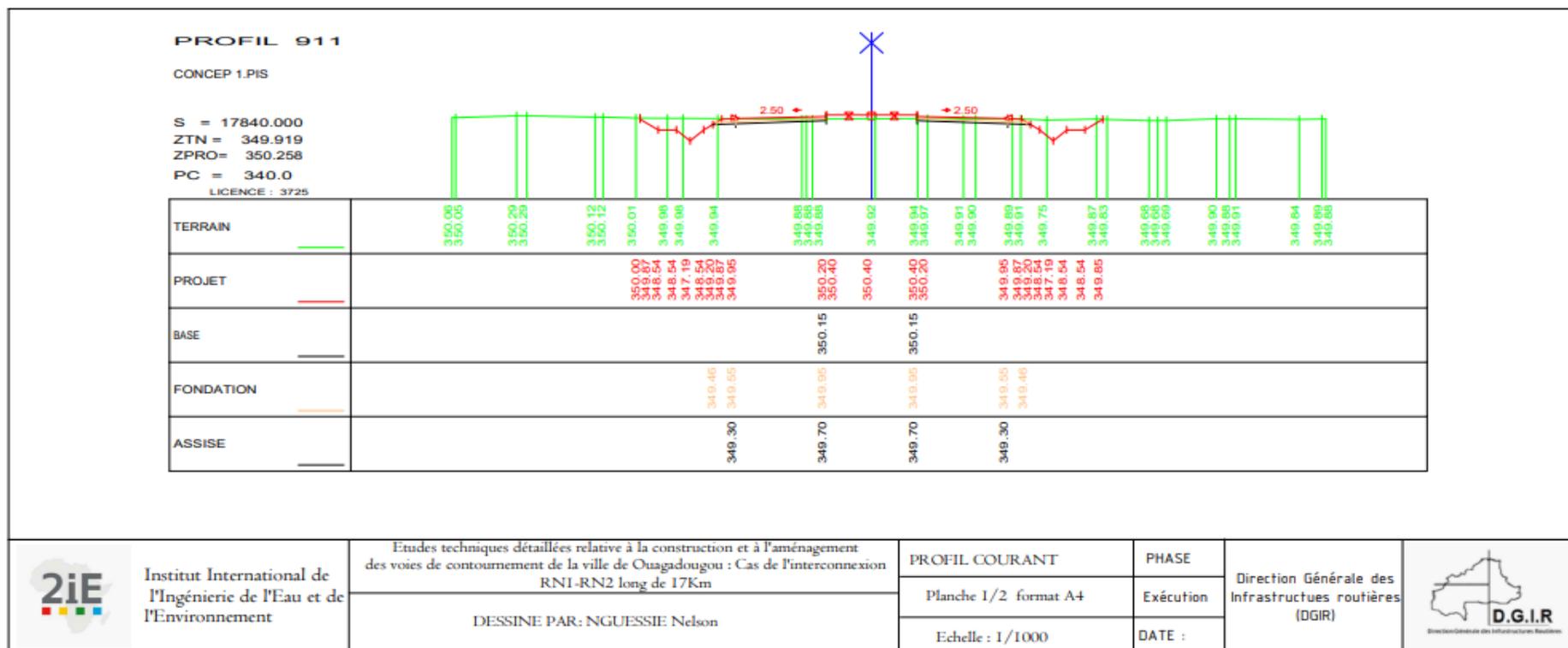
Rédigé et soutenu par Nelson NGUËSSIE

Promotion 2020/2021

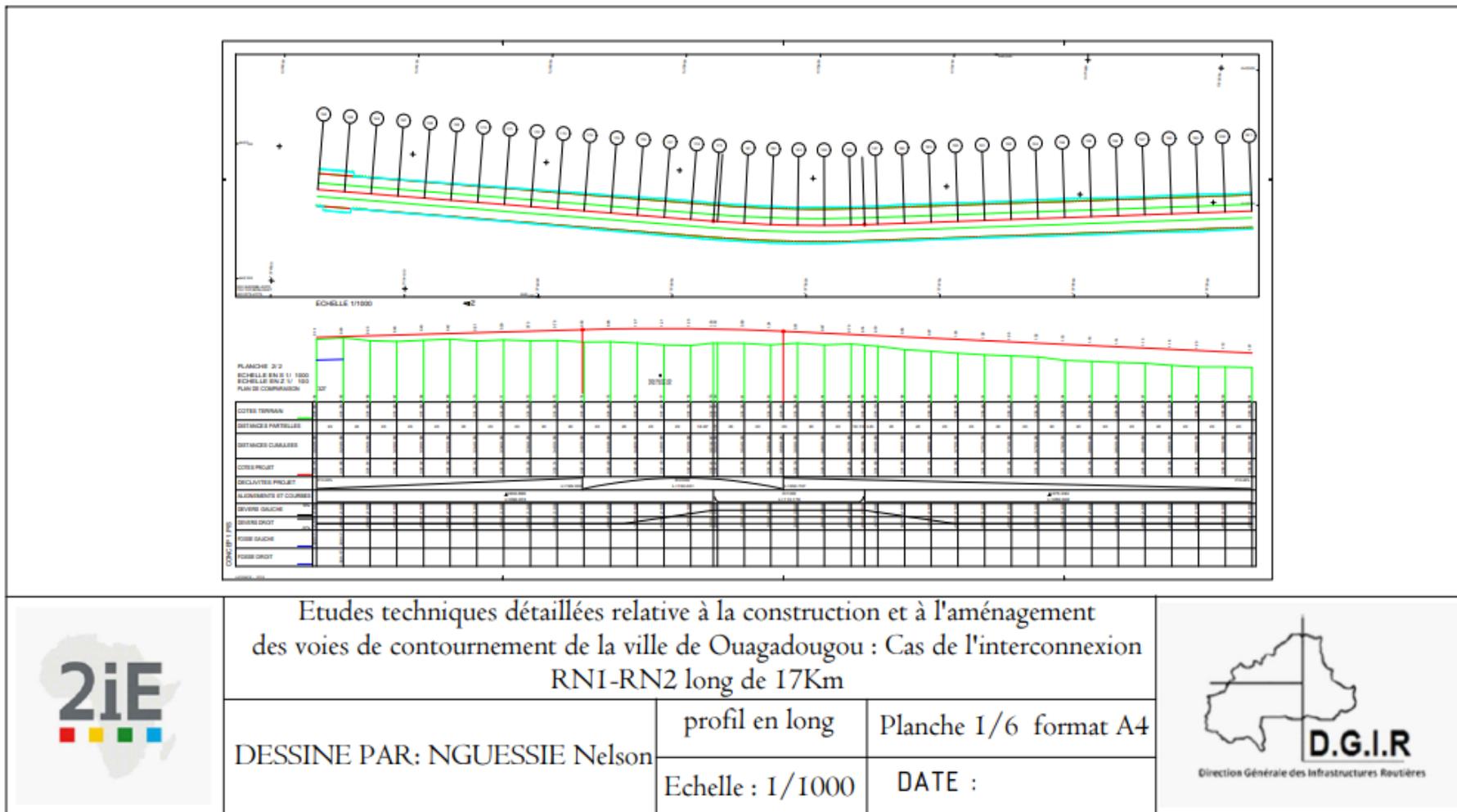
[li]

■ ■ ■ ■ Institut International d'Ingénierie Rue de la Science - 01 BP 594 - Ouagadougou 01 - BURKINA FASO  
Tél. : (+226) 25. 49. 28. 00 - Fax : (+226) 25. 49. 28. 01 - Mail : 2ie@2ie-edu.org - www.2ie-edu.org

# ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES RELATIVE A LA CONSTRUCTION ET L'AMENAGEMENT DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU : CAS DE L'INTERCONNEXION RN1-RN2 LONG DE 17 KM



Aperçu du profil en long et du tracé en plan (tracé combiné)



Etudes techniques détaillées relative à la construction et à l'aménagement des voies de contournement de la ville de Ouagadougou : Cas de l'interconnexion RNI-RN2 long de 17Km

DESSINE PAR: NGUËSSIE Nelson

profil en long

Planche I/6 format A4

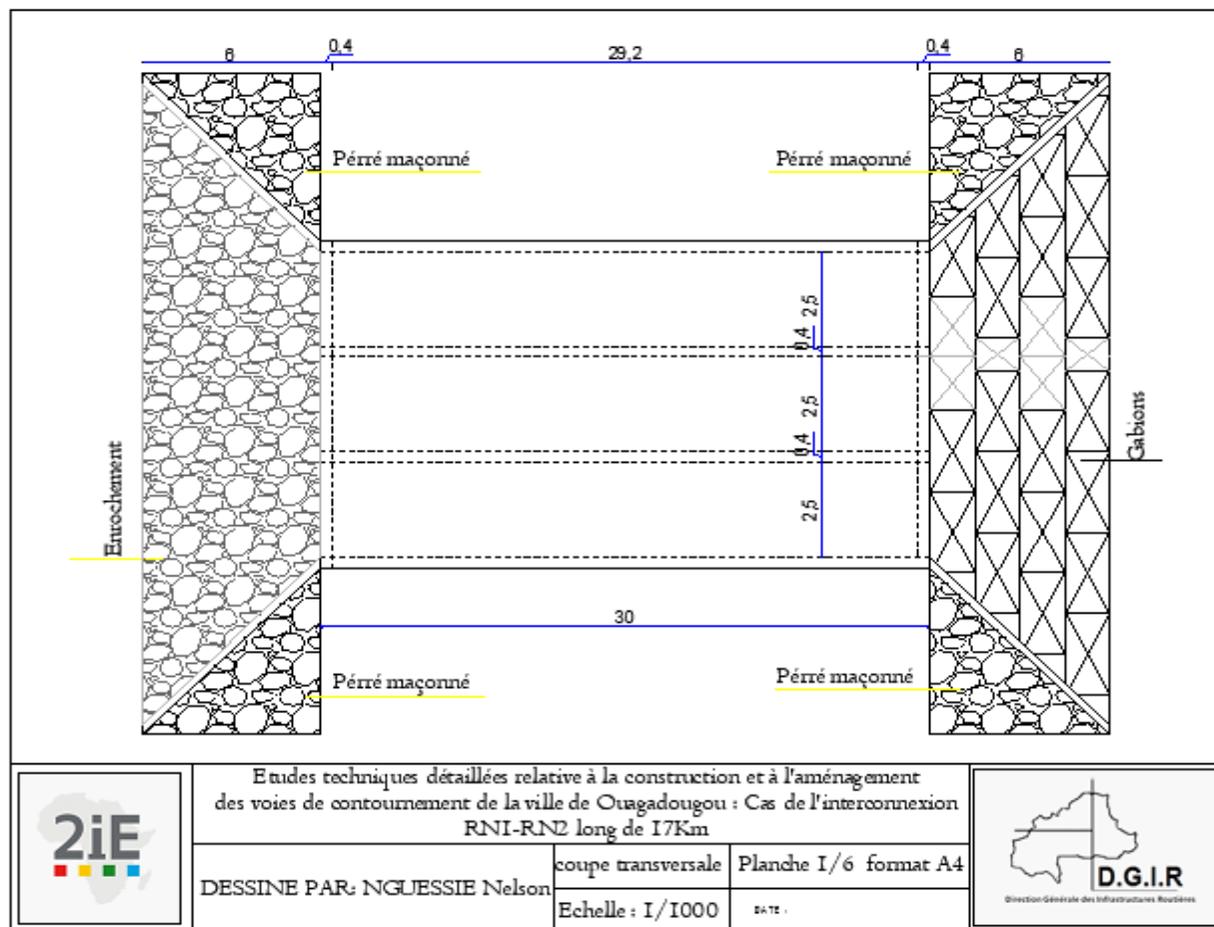
Echelle : 1/1000

DATE :

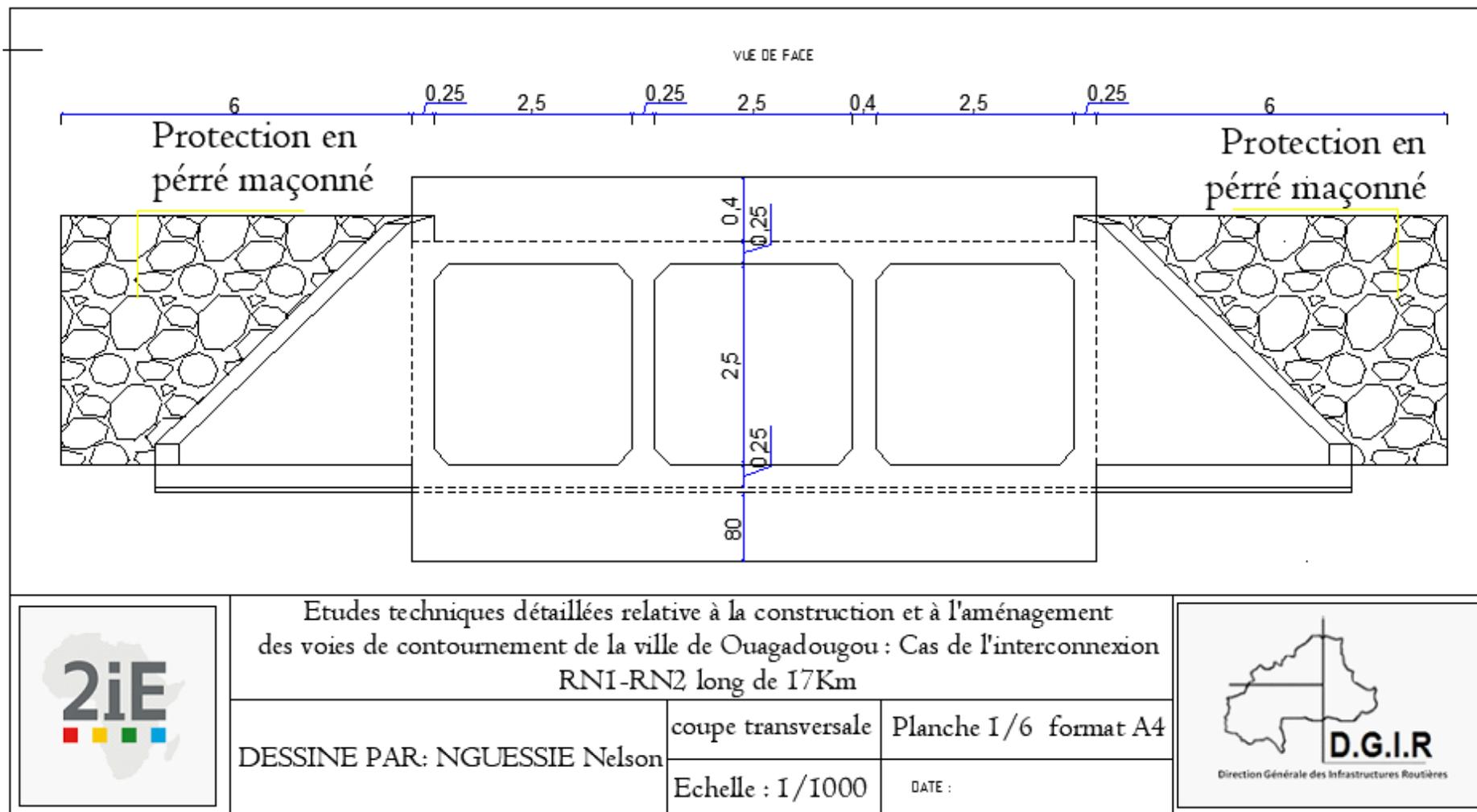


PLAN DE COFFRAGE DU DALOT

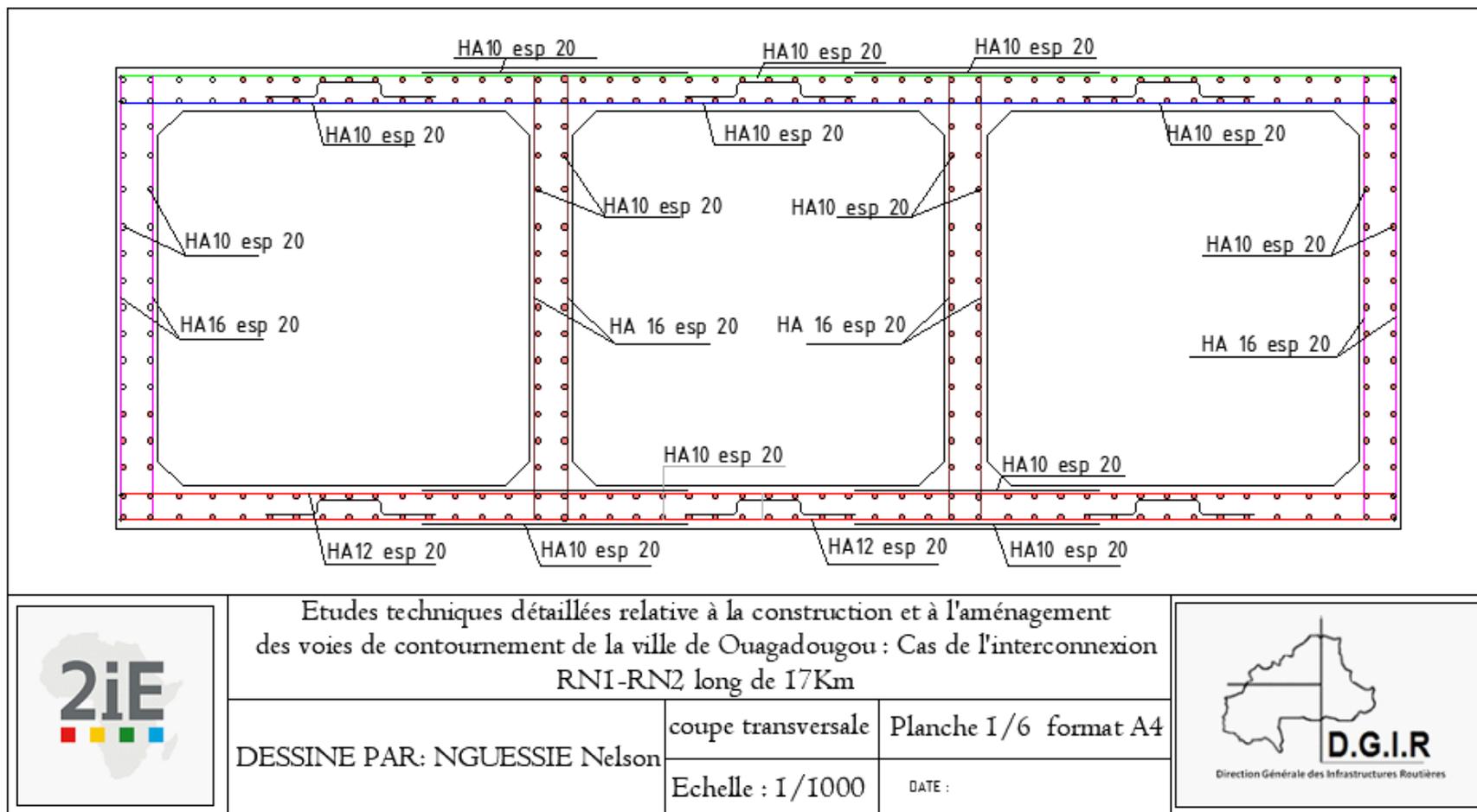
Vue en plan



Vue de face



Plan de ferrailage



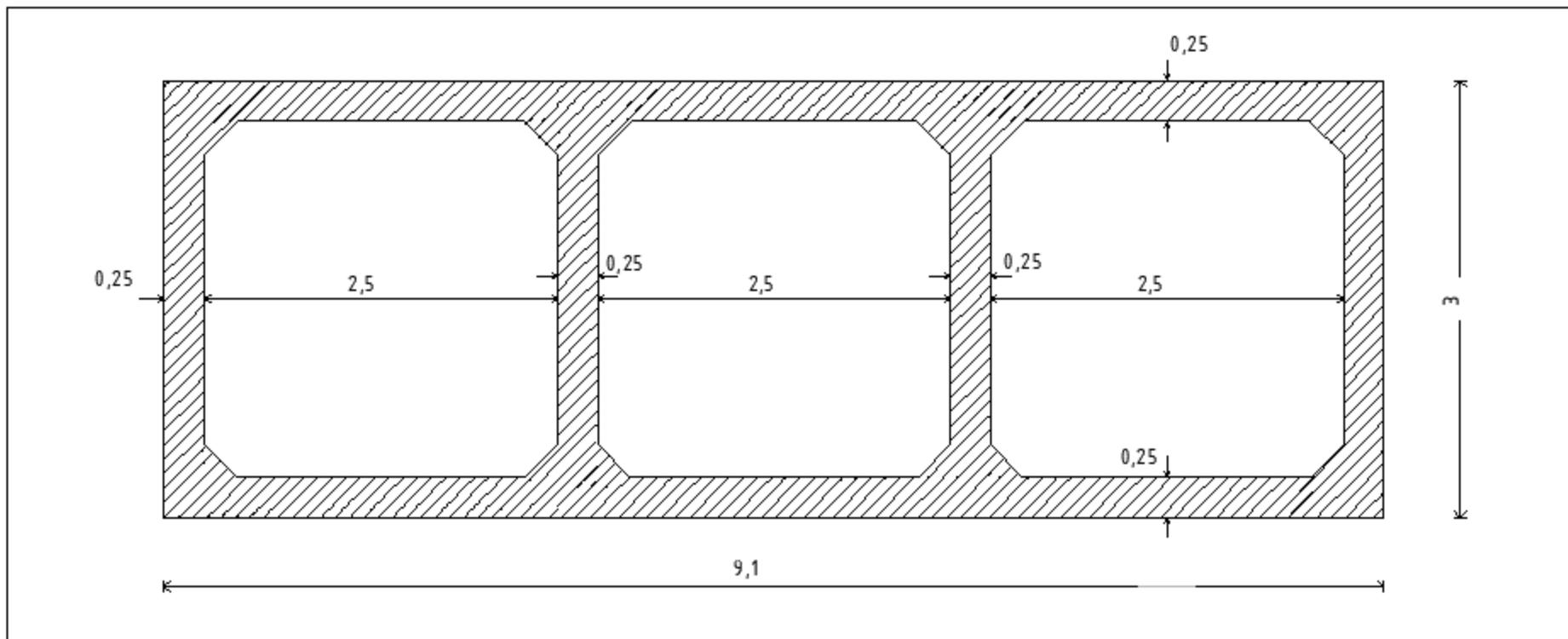
Coupe transversale

Rédigé et soutenu par Nelson NGUESSIE

Promotion 2020/2021

[lvi]


**Institut International d'Ingénierie** Rue de la Science - 01 BP 594 - Ouagadougou 01 - BURKINA FASO  
 Tél. : (+226) 25. 49. 28. 00 - Fax : (+226) 25. 49. 28. 01 - Mail : 2ie@2ie-edu.org - [www.2ie-edu.org](http://www.2ie-edu.org)



	Etudes techniques détaillées relative à la construction et à l'aménagement des voies de contournement de la ville de Ouagadougou : Cas de l'interconnexion RNI-RN2 long de 17Km		
	DESSINE PAR: NGUESSIE Nelson	coupe transversale	
	Echelle : 1/1000	DATE :	

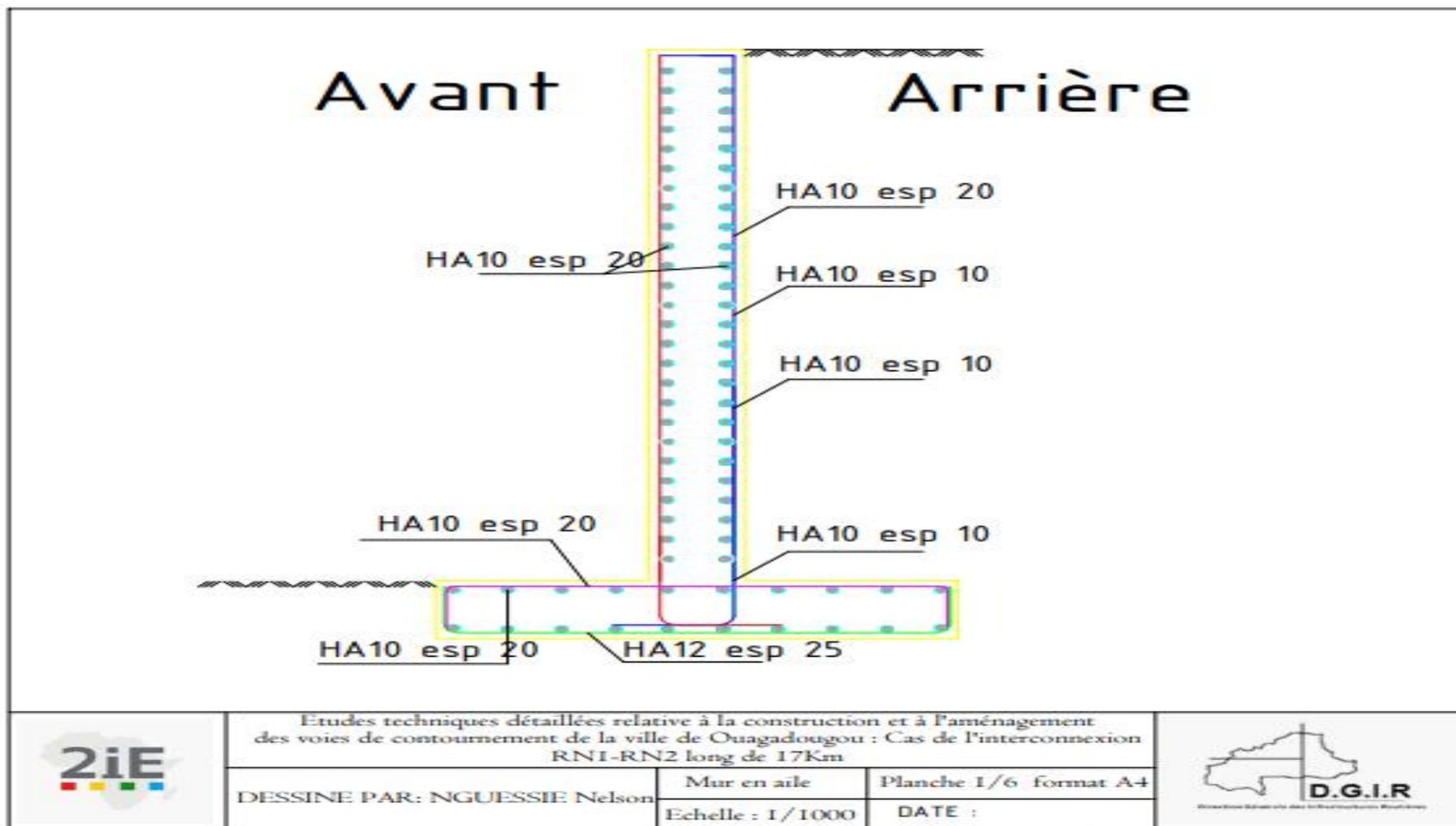
Ferraillage du mur en aile

Rédigé et soutenu par Nelson NGUESSIE

Promotion 2020/2021

[lvii]


**Institut International d'Ingénierie** Rue de la Science - 01 BP 594 - Ouagadougou 01 - BURKINA FASO  
 Tél. : (+226) 25. 49. 28. 00 - Fax : (+226) 25. 49. 28. 01 - Mail : 2ie@2ie-edu.org - [www.2ie-edu.org](http://www.2ie-edu.org)



Plan de ferrailage du caniveau

