



**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DE
VOIRIE : CAS DU TRONÇON RN4-RN5 DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE
LA VILLE DE OUAGADOUGOU (BURKINA FASO)**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC

GRADE DE MASTER

SPECIALITE : GENIE CIVIL BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

Présenté et soutenu publiquement le 30 Janvier 2023 par

Pegdwendé Cephas Thierry ZONGO (20200938)

Directeur de mémoire : Amadou SIMAL Enseignant à 2IE

Maître de stage : GARBA HAMA, Ingénieur routier, au sein de GTAH Ingénieurs Conseils

Structure (s) d'accueil du stage : GTAH Ingénieurs Conseils

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr. Babakar LEYE**

Membres et correcteurs : **M. Issa MADOUGOU**

M. Ousseini MONE

Promotion [2022/2023]

DEDICACES

*A l'éternel, Le tout puissant, pour tout ce qu'il a fait et continue de
faire pour moi et ma famille.*

*A ma Mère et mon Père Pour leur amour, leur soutien moral et
spirituel.*

*A ma tante Mme TOE née SABA Pauline pour son inestimable soutien
et grâce à qui j'ai eu la chance d'étudier à Zie.*

*A ma grand-mère maternelle pour son soutien perpétuelle, ses
encouragements, ses conseils et ses prières qui m'ont toujours accompagné
et guidé.*

Aux familles ZONGO, SABA et TOE pour leur soutien.

*A mes très chers camarades de classe, Avec qui j'ai passé ces années de
formation marquées par tant de moments inoubliables.*

CITATIONS

*« Vis comme si tu devais mourir demain. Apprends
comme si tu devais vivre toujours »*

Gandhi

*« Le monde repose sur trois bases ; l'étude, le travail la
charité »*

Siméon le Juste

« Fait de ta vie un rêve, et d'un rêve, une réalité »

Antoine de Saint-Exupéry

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier :

- ❖ Toutes les équipes, aussi bien pédagogiques qu'administratives de l'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour m'avoir accueilli et intégré dans un environnement multiculturel au sein duquel j'ai pu acquérir la connaissance et le savoir-vivre ;
- ❖ Mon directeur de mémoire M. Amadou SIMAL pour sa disponibilité, son encadrement, son orientation et ses conseils qui ont guidé mes réflexions ;
- ❖ La structure d'accueil GTAH Ingénieurs Conseils pour cette opportunité qu'ils ont pu m'offrir d'effectuer mon stage au sein de la structure et tous les moyens mis en ma disposition afin de mener à bien ce présent mémoire ;
- ❖ Mon maitre de stage M. HAMA GARBA, Ingénieur routier au sein de GTAH pour son assistance, ses conseils, sa rigueur, sa patience qui ont rendu possible la réalisation de ce document ;
- ❖ M. Moubarak BATOULIME, Ingénieur au sein de GTAH, pour ses interventions, sa disponibilité et les commentaires qu'il a eu à apporter pour la bonne réalisation de cette étude et la rédaction de ce mémoire, ainsi que l'ensemble du personnel pour leur accueil chaleureux. Merci d'avoir facilité mon insertion dans la structure ;
- ❖ M. Aristide ZAONGO, pour l'aide à l'obtention de ce stage ;
- ❖ M. Christian BAYALA, aîné de 2iE, pour sa disponibilité et ses conseils qui ont aidé à la rédaction de ce mémoire ;
- ❖ Tous ceux qui ont de près ou de loin, contribué à l'aboutissement de ce travail et de ma formation.

RESUME

Le présent projet intitulé « études techniques détaillées des travaux d'aménagement de voirie : cas du tronçon RN4-RN5 des voies de contournement de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) » entre dans le cadre de la réalisation du boulevard périphérique de la ville de Ouagadougou. Ce projet fait partie d'un vaste programme de décongestion des grands axes de la ville de Ouagadougou. La présente étude a pour but la conception d'une route qui répondra aux exigences des termes de références pour une durée de vie de 15 ans. Aussi, elle devra évaluer l'impact environnemental, ainsi que les moyens matériaux et économiques que peuvent engendrer un tel projet. L'étude géométrique s'est faite suivant les normes de conception du guide ICTAVRU et traitée avec le logiciel COVADIS, ce qui nous a permis d'élaborer un profil en long, des profils en travers et un axe en plan d'un linéaire de 27476,670 m. Il s'agit d'une route à caractère autoroutière de 2×3,5 m de largeur et de piste cyclable de 2 m par sens de circulation. La structure de chaussée est constituée d'une couche de revêtement de 5 cm en béton bitumineux, d'une couche de base de 20 cm et d'une couche de fondation de 25 cm, toutes deux en graveleux latéritique améliorer aux concassées. Le réseau d'assainissement se compose essentiellement de fossés triangulaires le long de la route et de douze (12) ouvrages de franchissement dont nous avons proposé un dimensionnement structural du plus grand. Nous avons également établi un aperçu de l'étude d'impact environnemental et social afin de connaître et d'atténuer les impacts néfastes qu'aura ce projet. Le coût du projet est de **38 346 914 698 FCA** soit **1 420 256 100 FCA/km**.

Mots clés :

- 1 - Chaussée**
- 2 - Dimensionnement**
- 3 - Environnemental**
- 4 – Etudes techniques détaillées**
- 5 – Réseau d'assainissement**

ABSTRACT

The present project entitled "Detailed technical studies of roadway development works: case of the RN4-RN5 section of the Ouagadougou city bypass roads (Burkina Faso)" is part of the implementation of the Ouagadougou city ring road. This project is part of a vast program of decongestion of the main roads of the city of Ouagadougou. The purpose of this study is to design a road that will meet the requirements of the terms of reference for a life span of 15 years. Also, it will have to evaluate the environmental impact, as well as the material and economic means that such a project can generate. The geometry study was done following the design standards of the ICTAVRU guide and processed with COVADIS software, which allowed us to develop a longitudinal profile, cross-sections and a plan axis of a linear of 27476.670 m. The road is a 2×3.5 m wide motorway with a 2 m cycle track in each direction. The pavement structure consists of a 5 cm asphalt concrete surfacing layer, a 20 cm base layer and a 25 cm sub-base layer, both of which are made of lateritic gravel improved with crushed stone. The drainage system of the highway consists mainly of triangular ditches along the road and twelve (12) crossing structures of which we proposed a structural dimensioning of the largest one. We have also established an overview of the environmental and social impact study in order to know and mitigate the negative impacts that this project will have. The cost of the project is **38 346 914 698 FCA** or **1 420 256 100 FCA/km**.

Key words :

1 - Pavement

2 - Dimensioning

3 - Environmental

4 - Detailed technical study

5 – Sewage network

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
BAEL	: Béton Armé aux Etats Limites
BCEOM	: Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer
BV	: Bassin Versant
BP Boîte	: Postale
CAM	: Coefficient d'Agressivité Moyenne
CBR	: Californian Bearing Ratio
CCPT	: Cahier de Charges de Prescriptions Techniques
CEBTP	: Centre Expérimental de recherche et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics
CIEH	: Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
ELU	: Etat Limite Ultime
ELS	: Etat Limite de Service
GTAH	: Génie-civil, Transport, Aménagement Hydraulique
ICTAVRU	: Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voiries Rapides Urbaines
LCPC	: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
LNBT	: Laboratoire Nationale des Bâtiments et Travaux Publics
MJA	: Moyenne Journalière Annuelle de poids lourds
OH	: Ouvrage Hydraulique
OPM	: Optimum Proctor Modifié
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
PGES	: Plan de Gestion Environnemental et Social
PK	: Point Kilométrique
RN	: Route Nationale
SETRA	: Service d'Etudes sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
TDR	: Termes De Références

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
CITATIONS	II
REMERCIEMENTS.....	III
RESUME.....	IV
ABSTRACT	V
LISTE DES ABREVIATIONS.....	VI
LISTE DES TABLEAUX	X
LISTE DES FIGURES.....	XI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DU PROJET	2
I.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	2
I.1.1. Description De L'entreprise	2
I.1.2 Organigramme de l'entreprise.....	3
I.2. PRESENTATION DU PROJET	4
I.2.1. Contexte et Justification	4
I.2.2. Zone d'étude.....	5
I.2.3. Données de base du projet.....	9
CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DE CALCUL.....	11
II.1. METHODOLOGIE DE CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE.....	11
II.1.1. Norme géométrique de la route.....	12
II.1.2. Type de route	12
II.1.3. Tracée en plan	12
II.1.4. Profil en long.....	13
II.1.5. Profils en travers	14
II.2. ETUDE GEOTECHNIQUE.....	14

II.2.1. Collecte des données Géotechniques	14
II.2.2. Travaux en laboratoire	15
II.2.3. Classe de portance sol support	15
II.2.4. Recherche d'emprunt	16
II.3. METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	16
II.4. ETUDE HYDROLOGIQUE	16
II.4.1 Délimitation des bassins versants	17
II.4.2. Caractéristiques des bassins versants	17
II.4.3. Analyse des données pluviométriques	19
II.4.4. Choix de la période retour	19
II.4.5. Méthodes d'évaluation des débits de crues	20
II.4.6. Passage de la crue décennale à la crue vingtenal	22
II.5. ETUDE HYDRAULIQUE	23
II.5.1. Dimensionnement hydraulique des dalots	23
II.5.2. Dimensionnement hydraulique des fossés rectangulaires	25
CHAPITRE III : ETUDES TECHNIQUES	27
III.1. ETUDE GEOMETRIQUE DE LA CHAUSSEE	27
III.1.1. Tracé en plan	27
III.1.2. Tracé du Profil en long	27
III.1.3 Tracé des profils en travers	27
III.2. ETUDE GEOTECHNIQUE	30
III.2.1. Interprétation du rapport géotechnique	30
III.2.2. Détermination de la classe de portance des sols	30
III.2.3. Prospection pour les emprunts	30
III.2.3. Matériaux pour les couches de forme et fondation	31
III.3. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE LA CHAUSSEE	31
III.3.1. Etude du trafic	31

III.3.2. Calcul du trafic	31
III.3.3. Détermination de la classe de trafic.....	32
III.3.4. Dimensionnement de la chaussée	32
III.3.5. Calcul et vérification des contraintes et déformations admissibles	33
III.4. ETUDE HYDROLOGIQUE	36
III.4.1. Délimitation des bassins versants	36
III.4.2. Caractéristiques des bassins versants.....	38
III.4.3. Résultats de l'analyse fréquentielle	39
III.4.4. Détermination des débits de crues du projet.....	39
III.5. ETUDE HYDRAULIQUE	41
III.5.1. Dimensionnement hydraulique des dalots	41
III.5.2. Dimensionnement des fossés triangulaires	43
III.6. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	44
III.7. SECURITE ROUTIERE.....	45
III.7.1. Signalisation temporaire	45
III.7.2. Signalisation définitive	46
CHAPITRE IV : APERCU DE L'ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	50
IV.1. IDENTIFICATION DES IMPACTS POTENTIELS DU PROJET	50
IV.1.1. Impacts négatifs.....	50
IV.1.2. Impacts positifs.....	50
IV.2. PRESENTATION DES MESURES D'ATTENUATION	51
CHAPITRE V : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET	53
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	54
BIBLIOGRAPHIE	55
ANNEXES.....	1

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Présentation deGTAH Ingénieurs conseils	3
Tableau 2 : Prescriptions du CCTP pour les différentes couches	10
Tableau 3 : Prescriptions pour le tracée en plan.....	12
Tableau 4 : Prescriptions pour le profil en long	13
Tableau 5 : Classe de portance du sol	15
Tableau 6 : Classe de relief	18
Tableau 7 : Classe de trafic	32
Tableau 8 : Différentes variantes de la chaussée.....	33
Tableau 9 : Caractéristiques et contraintes admissibles de la chaussée	34
Tableau 10 : Vérification des contraintes.....	36
Tableau 11 : Caractéristiques des bassins versants	38
Tableau 12 : Résultats de l'analyse fréquentielle	39
Tableau 13 : Détermination des débits de crues du projet	40
Tableau 14 : Caractéristiques des dalots	42
Tableau 15 : Caractéristiques des fossés	43
Tableau 16 : Résultat de la détermination des armatures	44
Tableau 17 : Signalisations temporaires.....	45
Tableau 18 : Signalisation définitive.....	47
Tableau 19 : Signalisation horizontale	49
Tableau 20 : Récapitulatif des devis quantitatifs et estimatifs du projet.....	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise	4
Figure 2 : Localisation de la zone du projet	6
Figure 3 : Réseau hydrographique de la zone du projet	8
Figure 4 : Profil en travers type de la chaussée	29
Figure 5 : Calcul des valeurs admissibles sur ALIZE	35
Figure 6 : Résultats du calcul des valeurs admissibles sur ALIZE	35
Figure 7 : Carte des bassins versants de la zone	37
Figure 8 : Fossé triangulaire 2/1_1/2	43
Figure 9 : Fossé en zone de remblai	44
Figure 10 : Fossé en zone de déblai	44
Figure 11: Caractéristiques des types de lignes discontinues 1	48
Figure 12 : Caractéristiques des types de lignes discontinues 2	48

INTRODUCTION

Les infrastructures de transport, et en particulierité les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. Elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte d'énormes volumes de transport de marchandises et de voyageurs. C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement de notre pays.

La plupart des grandes villes sont confrontées de nos jours a des problèmes liés à l'insuffisance d'infrastructure de transport provoquant beaucoup de congestions, vue la croissance urbaine rapide. La ville de Ouagadougou n'étant pas en marge de ces problèmes, le gouvernement a donc décidé de lancer le projet de construction des voies de contournement de la ville de Ouagadougou, ceci dans le but de lutter contre la congestion dans la ville.

Cette voie traversant les communes rurales Tanghin-Dassouri, Pabré, Loumbila, Saaba, Koubri, Saponé et Komsilga, vise à désengorger les artères principales de la ville pour assurer la fluidité du trafic, le désenclavement des différentes communes rurale et arrondissements toucher par le projet et le développement du secteur du transport.

Le présent mémoire porte sur le tronçon RN4-RN5 situé dans la zone de Saaba et Koubri. Il permettra de relier directement la route nationale n° 4 à la route nationale n° 5.

Ce document s'articule autour de 5 points à savoir la présentation de la structure d'accueil ; les méthodologies de conception ; les études techniques de la chaussée ainsi que des ouvrages hydrauliques ; l'aperçu de l'études d'impact environnemental et les devis quantitatifs et estimatifs du projet.

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

I.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I.1.1. Description De L'entreprise

GTAH Ingénieurs Conseils est un Bureau d'Études d'Ingénierie et d'Organisation en Génie Civil, Transports, Aménagements et Hydraulique dont le siège est à Ouagadougou au Burkina Faso et qui dispose de filiales au Mali et au Niger.

Il est composé d'une équipe pluridisciplinaire et d'experts couvrant l'Afrique de l'Ouest.

Ses domaines de compétence sont :

- Bâtiments, Génie Civil, Routes et Transports
- Développement Urbain
- Aménagement de l'espace rural
- Aménagement hydro-agricole et foncier
- Hydraulique fluviale et urbaine
- Aménagement et organisation de la production végétale et animale
- Energie (Energie hydraulique, Energie nouvelle et renouvelable)

Les différentes missions qui peuvent être confiées à GTAH Ingénieurs Conseils sont :

- ❖ Ingénierie
- ❖ Coordination et pilotage : Gestion des chantiers, direction des chantiers, contrôle de la réalisation
- ❖ Organisation et Assistance technique : Planification et suivi des différentes interventions
- ❖ Planification sectorielle et régionale
- ❖ Études de faisabilité
- ❖ Études spécialisées : Topographie, Pédologie, Géotechnique, Hydrologie, Géologie, Agro-climatologie, Agronomie, Économie, Sociologie, Agro-socio-économie, Étude de marché
- ❖ Études Socio-économiques, Animation, Formation, Information- Éducation- Communication

Tableau 1 : Présentation de GTAH Ingénieurs conseils

Raison sociale	GTAH Ingénieurs Conseils
Statut Juridique	Société à Responsabilité Limité (SARL)
Siège social	Ouagadougou (Burkina Faso)
E-mail	gtah.ic@fasonet.bf
Site web	www.gtahic.net
Localisation	Secteur 15, Rue 15.330, Porte n°51
Adresse	01 BP 4814 Ouagadougou 01
Téléphone	+226 25 38 83 12
Fax	+226 25 38 77 23
Domaines d'interventions	Génie Civil, Transport, Aménagement, Hydraulique
Zones d'interventions	Afrique de l'Ouest

I.1.2 Organigramme de l'entreprise

Pour mener à bien ses missions, GTAH Ingénieurs Conseils a mis en place une équipe de professionnels bien structurée. Elle est composée de :

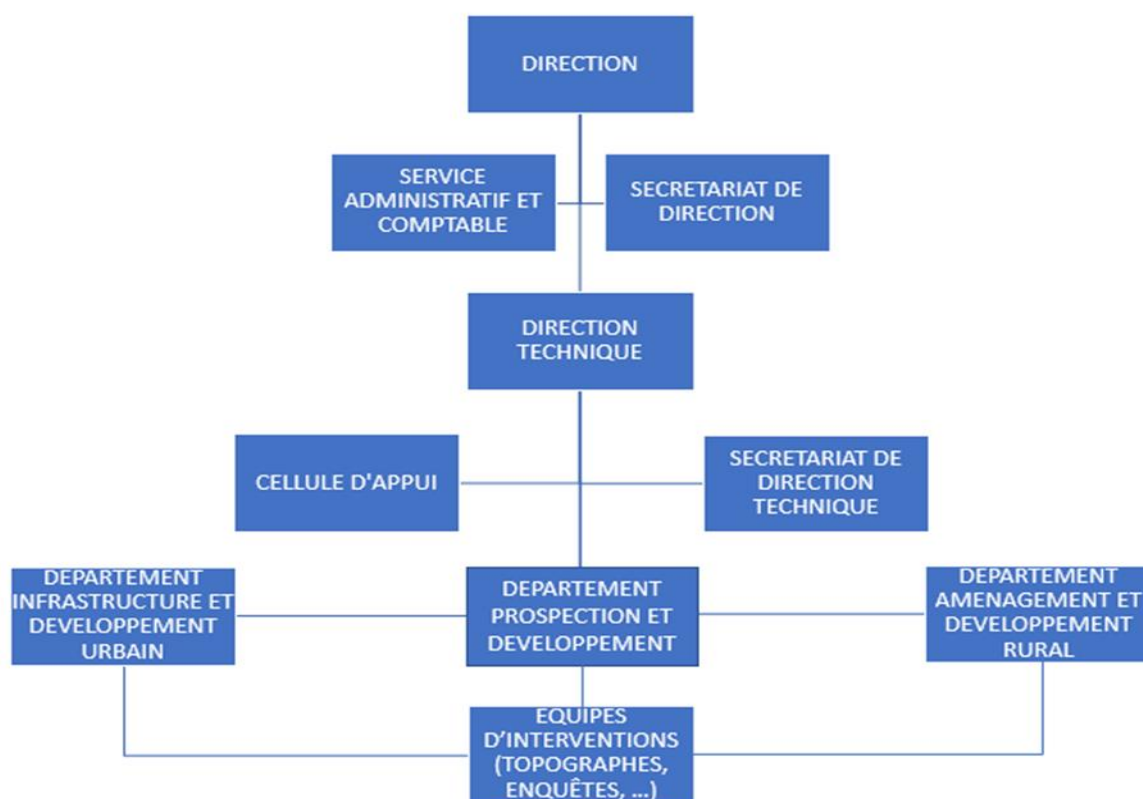


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise

I.2. PRESENTATION DU PROJET

I.2.1. Contexte et Justification

Le transport apparaît comme étant un secteur au cœur de l'ensemble des problématiques de développement vue la nécessité de promouvoir le commerce et les échanges. A cela s'ajoute également 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 aux équipements publics. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle il est une des principales priorités pour les pouvoirs publics.

La ville de Ouagadougou est le siège du Gouvernement, des représentations diplomatiques et de tous les attributs de l'État. Il joue un rôle important dans l'organisation des flux des personnes et des marchandises de par sa position géographique et à travers les principales routes nationales (RN1, RN2, RN3, RN4, RN5, RN6, RN22) qui la traversent. Sur le plan démographique, la population de cette ville connaît une forte croissance.

L'accroissement important du trafic dans la ville de Ouagadougou observé au cours de ces dernières années est à l'origine de l'apparition des problèmes de congestion au niveau des principales artères de la ville.

C'est ainsi que le projet de réalisation du boulevard périphérique de Ouagadougou a été initié. Ce boulevard servira de ceinture de la ville dans le sens où elle contournera toute la ville de Ouagadougou. Elle devra contribuer à la décongestion en améliorant la desserte de plusieurs quartiers à forte densité de population, à l'amélioration de la mobilité dans la ville de Ouagadougou. Ce grand projet, dont la longueur totale est de 125 km, concerne l'aménagement des voies, des carrefours (routes nationales et chemin de fer) et la construction d'ouvrages d'assainissements.

I.2.2. Zone d'étude

a) Situation géographique

La zone de projet se situe au Burkina Faso dans la région du centre et concerne plus précisément la province de Kadiogo qui abrite la capitale du pays. Cette province a une superficie de 2805 km² avec une population de 3 032 668 habitants. Elle a pour coordonnées géographiques, 12° 20' 00'' nord, 1° 30' 00'' ouest, et comprends 5 arrondissements (Baskuy, Bogodogo, Boulmiougou, Nongr-Massom, Sig-nonghin) et six départements (Komki-Ipala, Komsilga, Koubri, Pabré, Saaba, Tanghin-Dassouri) renfermant 148 villages. [1]

Elle est limitée au nord, nord-ouest, à l'Est par la région du plateau central, à l'ouest par la région du centre ouest et au sud par la région du centre sud.

Les voies de contournement prévues dans le cadre de ce projet, ceinturent la commune de Ouagadougou et développent un linéaire de 125 km environ. Le projet se subdivise principalement en deux grandes 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. Notre étude porte sur le tronçon RN4-RN5. Ci-dessous, la figure illustrant la localisation du projet des voies de contournement.

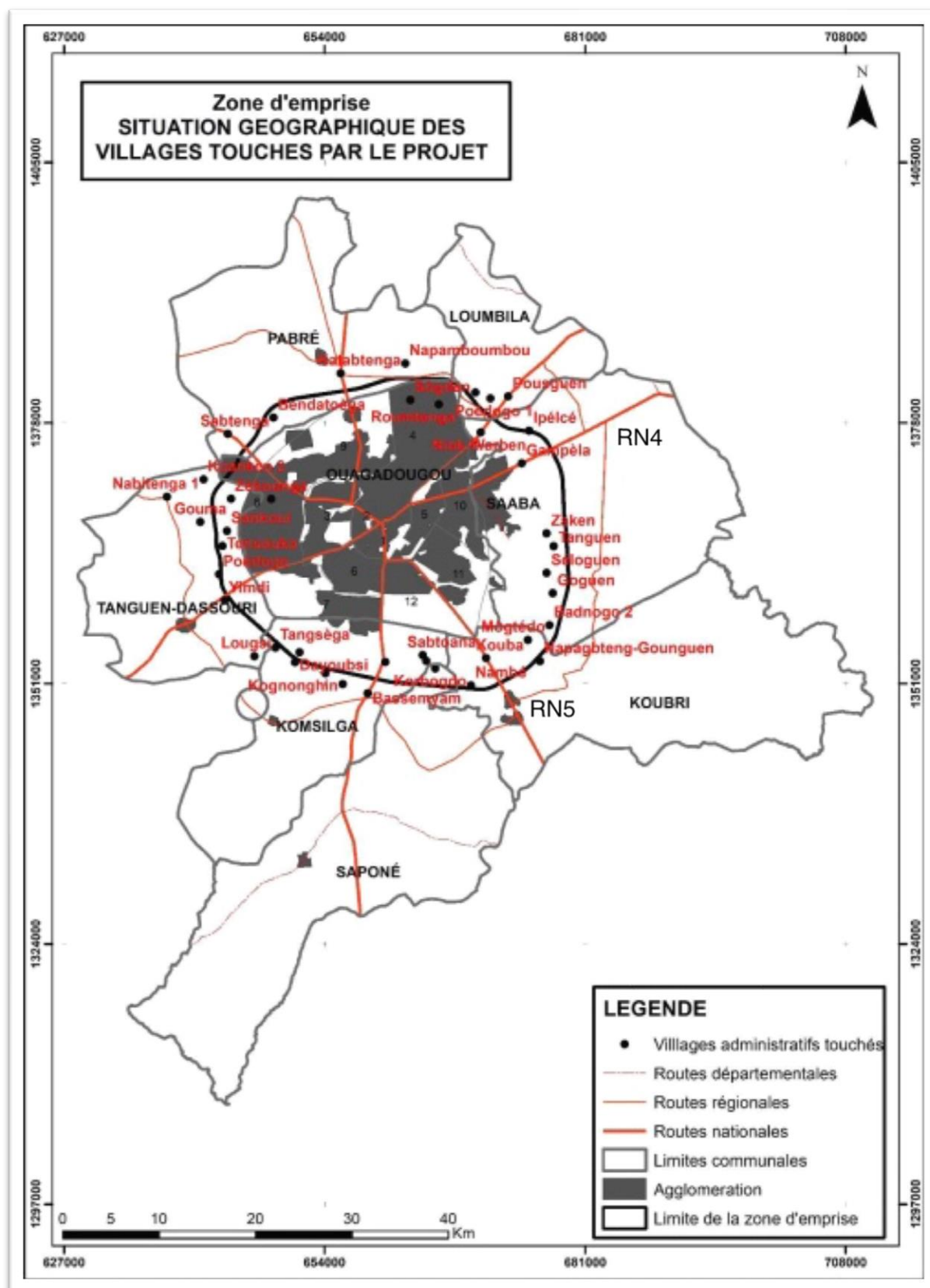


Figure 2 : Localisation de la zone du projet

b) Description de l'environnement physique

❖ Climat et pluviométrie

De façon générale, le projet se situe dans la zone soudano sahélienne. De par sa Situation géographique, elle bénéficie de l'influence du climat tropical avec deux saisons : une saison des pluies qui s'étale de juin à septembre et une saison sèche qui dure d'octobre à mai. On observe des températures chaudes dont les plus fortes dépassent souvent 38°C à l'ombre pendant les mois de mars et d'avril, et les plus froides et basses en décembre, janvier, situées autour de 20°C à 22°C.

La pluviométrie se caractérise dans son ensemble par son irrégularité et son inégale répartition dans l'espace et dans le temps. Sa moyenne annuelle varie entre 650 mm et 850 mm.

❖ Hydrographie

Le réseau hydrographique de la zone du projet est caractérisé par la présence d'axes de drainage que constituent le Massili (une branche du Nakambé ou ex Volta Blanche) et ses nombreuses ramifications ; des glacis cuirassés s'insérant entre les plateaux relativement élevés et les axes de drainage. Le Massili s'écoule suivant la direction générale d'écoulement SW/NE. Il faut noter que les cours d'eau sont à régime pluvial tropical fortement tributaire des précipitations. Les eaux de surfaces sont généralement troubles dues à la présence de matières solides en suspensions (débris de végétaux, ordures ménagères, particules de terre, etc.) remarquables surtout en saison pluvieuse. Elles sont également faibles dans la zone.

Au niveau de la ville de Ouagadougou, trois barrages ont été construits entre 1936 et 1950 pour faire face aux besoins croissants d'eau. Par ailleurs, le barrage de Loumbila, dans la province d'Ouhritenga, est d'un grand appoint dans l'approvisionnement de la ville de Ouagadougou en eau. Le tracé de la route rencontre quelques rivières, dont celles de Koubri, Boulbi et Roumtenga. On note aussi la présence de quelques talwegs qui sont traversés par le tracé. L'érosion régressive contribue à leur élargissement. Ces talwegs constituent les lits de cours d'eau secondaire. Sur certains ont été érigés des retenues d'eau temporaires. En outre, de nombreux tronçons et axes de drainages (naturels et artificiels) temporaires seront également concernés.

La carte ci-dessous montre le réseau hydrographique de la zone du projet :

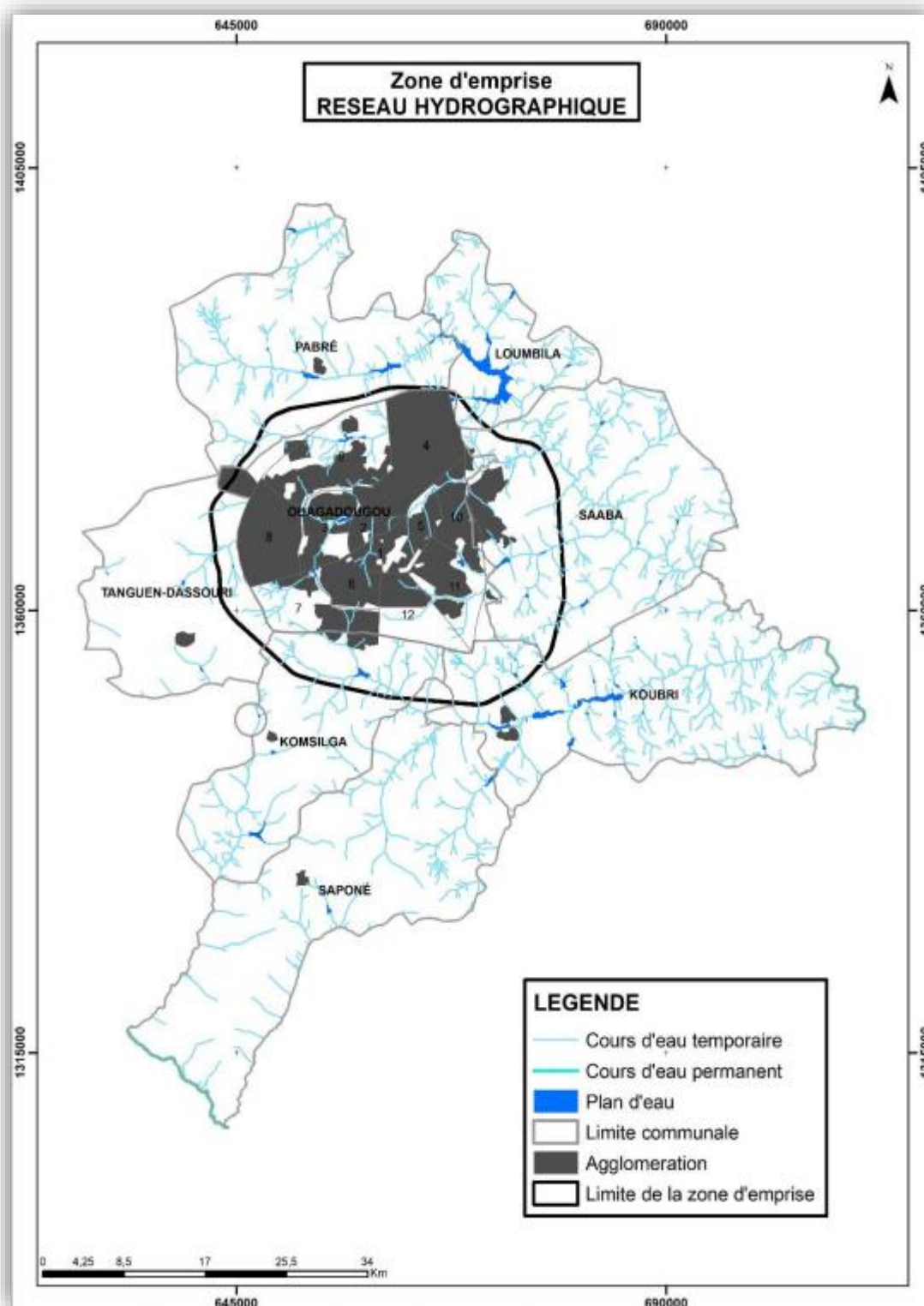


Figure 3 : Réseau hydrographique de la zone du projet

❖ Végétation et ressources forestière

Dans la zone du projet, la végétation naturelle est fortement dégradée. Cette dégradation de la végétation est essentiellement due à l'activité agricole qui entraîne parfois des défrichages massifs, à la coupe abusive du bois et aux aléas climatiques défavorables. Les zones de cultures sont prédominantes (environ 76,56%).

I.2.3. Données de base du projet

Les données de base que nous avons reçu pour mener à bien cette étude, sont présentées dans les points suivants :

a) Données géotechniques

Les résultats des essais géotechniques nous ont été transmis par le bureau GTAH sous forme d'un rapport d'étude géotechnique [2]. Ce rapport nous a donné les caractéristiques mécaniques des sols en place ainsi que les différents sites d'emprunts.

b) Données topographiques

Une étude topographique de toute la zone du projet a été effectuée en suivant les exigences des termes de références. Les données de ces levés en coordonnée X, Y, Z ont été traitées sur ordinateur à l'aide des logiciels COVADIS et AUTOCAD pour obtenir un fond topographique que l'entreprise nous a transmis sous un format DWG.

c) Données sur le Trafic

- Année de mise en service : 2023
- Durée de vie : 15 ans
- Taux de croissance : 5%
- TMJA dans le sens le plus chargé en 2014 : 250 PL

d) Données pluviométriques

Les données pluviométriques utilisées (série de pluies 1994 à 2017) proviennent des observations faites à la station de l'aéroport de Ouagadougou. Elles nous ont été fournies par le bureau d'étude.

e) Informations du TDR

Le TDR du projet nous donne les recommandations suivantes :

- Pour la conception géométrique : une route à caractères autoroutière pour une vitesse de référence de 100km/h ;
- Pour l'étude hydrologique, la prise en compte des débits vingtennal pour obtenir des meilleures sections d'ouvrages tout en les optimisant pour respecter le budget ;
- L'utilisation du B25 pour l'ensemble du projet ;
- Pour les couches d'assises :

Tableau 2 : Prescriptions du CCTP pour les différentes couches[3]

Couches	Caractéristiques minimums
Couche de forme	$IP \leq 15$ $Wl \leq 35$ Indice CBR ≥ 20 à 95 % OPM
Couche de fondation	$IP \leq 15$ $Wl \leq 35$ Indice CBR ≥ 50 à 95 % OPM
Base	$IP \leq 15$ $Wl < 35$ Indice CBR ≥ 110 à 98% de l'OPM

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DE CALCUL

Ce chapitre présente les différentes méthodologies de conception et de calcul utilisées dans notre étude. La présentation de ces méthodologies est structurée comme suit :

- Méthodologie de conception géométrique [4];
- Etude géotechnique ;
- Méthodologie de dimensionnement de la chaussée[5],[6],[7] ;
- Méthodologie de l'étude hydrologique [8],[9],[10] ;
- Méthodologie de l'étude hydraulique.

II.1. METHODOLOGIE DE CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE

La caractérisation géométrique d'une route peut se définir comme l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable.

La géométrie de la route est un concept qui doit donner une forme précise (géométrique), à une nécessité économique(la liaison entre deux points) en tenant compte des multiples facteurs humains (capacités physiques et psychiques des conducteurs, champ de vision, temps de réaction, perception des perspectives, etc.) en ne perdant pas de vue que les véhicules sont soumis à des forces mécaniques inéluctables (force centrifuge, loi de Coulomb sur l'adhérence, force d'inertie,...) et évoluent constamment.

La route doit permettre à un usager normal, circulant à une vitesse inférieure ou égale à la vitesse de sécurité choisie, de parcourir son trajet dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort, de stabilité et d'économie.

Cela implique naturellement l'adoption des caractéristiques géométriques qui sous-entendent des conditions de visibilité et de progressivité dans les modifications de trajectoires autorisant, notamment, un freinage sans risque anormal en cas d'imprévu et une limitation des risques en cas d'intempéries, notamment de pluie.

Un autre élément, moins immédiatement décelable, est la nécessité d'éviter la monotonie, reprochée souvent, avec raison, aux longs tracés autoroutiers rectilignes. Les longues lignes droites, à première vue économiques et sûres diluent l'attention, d'une part, et, d'autre part, peuvent poser des problèmes d'éblouissement non négligeables (que des plantations appropriées peuvent cependant souvent limiter).

La géométrie d'une route est caractérisée par trois éléments à savoir ; le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers.

II.1.1. Norme géométrique de la route

Afin de bien réaliser la conception géométrique d'une route, il est important de se baser sur des documents et normes en fonction du type de projet, du niveau de confort souhaité et de la catégorie de la route. Compte tenu de toutes ces paramètres, la conception géométrique de notre route a été effectuée selon les normes de l'Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU).

II.1.2. Type de route

Les normes pour le choix du type de route sont définies en fonction du trafic à écouler, du niveau d'aménagement de la route et enfin du niveau de confort et de sécurité que l'on souhaite offrir à l'usager futur. D'après l'ICTAVRU, il existe 2 types de routes à caractère autoroutier, notamment les voies de types A et voies de types U. Conformément aux besoins du TDR, nous avons opté pour une route de type A avec une vitesse de référence de 100 km/h notée A100.

II.1.3. Tracée en plan

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontale.

C'est une succession d'alignement droit et d'arc reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

Les devers associés aux voies de type A100 selon l'ICTAVRU, sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Prescriptions pour le tracée en plan

Catégorie	A100
Rayon non déversé (dévers : $\delta = - 2,5 \%$)	800m
Rayon au dévers minimal (dévers : $\delta = 2,5 \%$)	500m
Rayon minimal (dévers : $\delta = 5 \%$)	425m

- Rayon non déversé : rayon en dessous duquel la route est déversée vers l'intérieur du virage ;
- Rayon au devers minimal : rayon en dessous duquel la route est déversée vers l'intérieur du virage avec une pente comprise entre 2,5% et 5% ;

Les courbes de rayons supérieurs au rayon non déversé conservent leur profil en toit avec une pente de 2,5% vers l'extérieur de la route.

Pour des courbes de rayons compris entre R rayon au devers minimal et R minimal, la route est déversée dans le sens de la courbure avec un devers allant de 2,5% à 5%.

II.1.4. Profil en long

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles. L'ICTAVRU donne les valeurs de déclivité maximale et de rayons minimaux selon le type A100 :

Tableau 4 : Prescriptions pour le profil en long

Catégorie	A100
Déclivité moyenne π	5%
Rayon normal en angle saillant	10000
Rayon minimal en angle saillant	6000
Rayon normal en angle rentrant	3000
Rayon minimal en angle rentrant	1500

Pour une bonne modélisation, aucune pente ou rampe ne doit présenter de déclivité moyenne supérieure à la valeur de π définie ci-dessus. Des déclivités instantanées plus fortes sont admises sur moins de 30m de longueur sans qu'elles n'excèdent $1,5\pi$.

II.1.5. Profils en travers

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Le profil en travers comporte généralement des accotements, la chaussée, le TPC, les différentes couches constituant le corps de la chaussée. Ces différents éléments seront dimensionnés selon l'ICTAVRU.

II.2. ETUDE GEOTECHNIQUE

Une étude géotechnique est une étude des sols. Elle sert à deux choses, la première est de déterminer les caractéristiques mécaniques des terrains qui vont être amenés à supporter une construction. La deuxième est d'évaluer les risques naturels recensés dans l'environnement autour du terrain et les impacts que cela pourrait avoir sur la future construction.

II.2.1. Collecte des données Géotechniques

La présente étude a pour but de répondre aux problèmes liés à l'exécution des routes : difficultés de terrassements, réutilisation des déblais en remblais (mouvement des terres), nature et mise en œuvre de la plateforme ou couche d'assise. Elle a également pour but la mise à disposition du bureau d'étude, des données géotechniques utiles pour le dimensionnement d'une structure de chaussée adaptée pour une durée de vie tel que demandé dans les termes de référence en tenant compte des différents matériaux disponibles et envisageables.

L'étude consiste à faire :

- Une série de sondages par puits manuels exécutés par incrément de 250m tout le long du tracé avec prélèvement d'échantillons remaniés pour essais d'identification complète et de portance en laboratoire,
- L'étude des emprunts et carrières pour matériaux de viabilité. Les résultats des essais de laboratoire permettront de classer les sols par rapport aux Guide de dimensionnement et de définir les conditions de leur utilisation comme assise d'une chaussée.

La reconnaissance des sols a été faite à partir des puits exécutés manuellement et implantés à des incréments de 250m en quinconce le long du tracé et dans les zones défavorables.

Au total 107 puits ont été réalisés tout au long du tracé suivant les repères topographiques sur une profondeur moyenne de 80 cm sous le niveau du terrain naturel (TN).

II.2.2. Travaux en laboratoire

Des échantillons remaniés prélevés dans chaque puits ont été amenés au laboratoire pour analyse visuelle et essais comportant : analyse granulométrique, Equivalent de sable et/ou Limites d'Atterberg et, les essais Proctor-modifié CBR (3 énergies de compactage) à 96 heures d'immersion ainsi que des essais mécaniques sur les échantillons de roche prélevés dans les différentes carrières de roches massives ciblées.

Les essais sont réalisés suivant les normes ci-dessous :

- ☒ Analyse granulométrique NF P 94 056
- ☒ Limites d'Atterberg NF P 94 051
- ☒ Equivalent de sable NF EN 933-8
- ☒ Proctor modifié NF P 94 093
- ☒ CBR NF P 94 078
- ☒ Los Angeles LA NF EN 1097-2
- ☒ Micro deval MDE NF EN 1097-1
- ☒ Masse volumique réelle NE EN 1097-6

II.2.3. Classe de portance sol support

La classe de portance de la plateforme est utilisée pour définir la structure de la chaussée. Ces classes sont fonctions de l'indice CBR qui nous renseigne sur la capacité du sol support, des matériaux constitutifs de la chaussée afin que celle-ci puisse résister aux charges dues au trafic. Le tableau suivant nous montre les classes de portance selon le guide pratique du dimensionnement de chaussée pour les pays tropicaux du CEBTP.

Tableau 5 : Classe de portance du sol

Classe de portance	Indice CBR
S1	CBR<5
S2	5<CBR<10
S3	10<CBR<15
S4	15<CBR<30

S5	CBR>30
----	--------

II.2.4. Recherche d'emprunt

Elle consiste à la recherche de sites d'emprunt possédant des caractéristiques géotechniques conformes aux recommandations du CCPT, pour :

- matériaux pour remblai ;
- matériaux pour corps de chaussée ;
- matériaux pour construction d'ouvrages d'assainissement.

Pour faciliter le transport des matériaux, la recherche d'emprunt a été faite de sorte que les gites ne soient pas loin de notre tronçon routier.

II.3. METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie. Pour le dimensionnement de la structure de la chaussée nous allons utiliser le guide CEBTP, « Guide pratique de dimensionnement des chaussées dans les pays tropicaux » qui est utilisé dans notre pays. Il prend en compte le trafic et la portance du sol support de la chaussée.

Enfin, à l'aide du logiciel ALIZE LCPC nous vérifierons les résistances de la structure choisie. Le logiciel ALIZE-LCPC, met en œuvre la méthode rationnelle de dimensionnement des structures de chaussées, élaborée par le LCPC et le SETRA. Il intègre ainsi un outil de calcul des valeurs admissibles (contraintes ou déformations) en fonction du contexte de trafic et de matériaux. Le critère dimensionnant est la contrainte verticale ϵ_z à la surface des couches granulaire, l'élongation transversale ϵ_t à la base des couches en grave bitume et en béton bitumineux.

II.4. ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique a pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement hydrologique des bassins versant : occupation des sols, topologie, temps de réaction et de concentration, analyse de la pluviométrie et de la réaction des cours d'eau (débits, volumes induits).

Il a pour finalité de déterminer les débits d'eau à évacuer par les ouvrages hydrauliques et d'assainissement de la route.

Cette étude consistera d'abord à la détermination des caractéristiques physiques des bassins versants ayant pour exutoire les points des cours d'eau qui traversent notre route ensuite, à l'évaluation des débits de crues pour chaque bassin versant en vue de dimensionner les ouvrages hydrauliques.

II.4.1 Délimitation des bassins versants

Le bassin versant marque à la fois la notion topographique de zone limitée par une ligne de partage des eaux et celle de surface d'interception des précipitations susceptibles d'être drainées jusqu'à l'exutoire par le réseau hydrographique. Pour la délimitation du bassin versant, nous avons utilisé les logiciels Global mapper et AutoCAD. Nous avons délimité les bassins versants comme suit :

- Délimiter le tronçon de route à étudier à l'aide de Google Earth
- Exporter le tronçon sur le logiciel Global Mapper
- Générer le SRTM
- Générer les courbes de niveau
- Générer les bassins versant et les écoulements
- Délimiter les bassins versant
- Calculer et exporter les paramètres (Surface, périmètres, altitudes et pente) sur une feuille Excel.

II.4.2. Caractéristiques des bassins versants

Les caractéristiques des bassins versants déterminés à l'issue de leurs délimitations sont les suivantes :

- Sa Superficie (S)
- Son Périmètre (P)
- Le coefficient de ruissellement (C)
- L'Indice de compacité (I_{comp})
- La Longueur du rectangle équivalent (L)
- L'Indice global de pente (I_g)
- La Dénivelée (D)
- Le Relief (R)
- La Perméabilité (P)

a) Indice de compacité

Appelé également coefficient de forme, il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie :

$$I_{comp} = 0,282.P.S^{-1/2} \quad \text{Équation 1}$$

Où, P est le périmètre du bassin, en km

S est la superficie du bassin, en km²

b) Rectangle équivalent

C'est un rectangle qui a la même superficie, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant. Sa longueur est donnée par l'expression :

$$L = S^{1/2} \cdot (I_{comp} / 1,128) \cdot [1 + (1 - (1,128 / I_{comp})^2)^{1/2}] \quad \text{Équation 2}$$

Où, L est exprimée en km ;

I_{comp} est l'indice de compacité, sans dimension ;

S est la superficie du bassin versant, exprimée en km²

c) Indice global de pente

Indice caractérisant le relief d'un bassin. Il est défini par la formule

$$Ig = \frac{D}{L} \quad \text{Équation 3}$$

Où, D représente la dénivelée, exprimée en mètres, séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elles ; ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique ;

- L est la longueur du rectangle équivalent, exprimée en km ;

-Ig est exprimé en m/km.

d) Relief

Dénivelée spécifique (Ds) : Produit de l'indice de pente global (Ig) par la racine carrée de la superficie du bassin (S). Elle s'exprime en mètres et est indépendante, en théorie, de l'aire du bassin. On peut distinguer différentes classes de relief en fonction de Ds :

Tableau 6 : Classe de relief

Relief faible	Ds < 50 m
---------------	-----------

Relief modéré	$50 \text{ m} < D_s < 100 \text{ m}$
Relief fort	$100 \text{ m} < D_s$

e) Perméabilité

L'estimation de la perméabilité représente un point particulièrement délicat pour l'estimation des crues, car un bassin, même de dimensions modestes, ne présente jamais des conditions édaphiques homogènes.

La classification qualitative adoptée par Rodier comprend six classes :

- TI : bassin rigoureusement imperméable
- I : bassin imperméable
- RI : bassin relativement imperméable
- P : bassin perméable
- TP : bassin très perméable

II.4.3. Analyse des données pluviométriques

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future.

Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel, qui est une équation décrivant le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée.

À l'aide du logiciel de traitement statistique « HYFRAN PLUS », cette analyse a été effectuée sur la base d'un échantillon de 23 hauteurs de pluies max mensuelles et annuelles enregistrées à la station pluviométrique de l'aéroport de Ouagadougou au Burkina Faso de 1994 à 2017. Les données pluviométriques sont présentées dans l'annexe VI.

II.4.4. Choix de la période retour

La période de retour, ou temps de retour, est la durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement un événement d'une même intensité se reproduit. Ce choix dépend de l'importance de l'écoulement intercepté par l'ouvrage, du type d'ouvrage projeté et du niveau d'aménagement adopté pour la route étudiée.

Pour ce projet, conformément au TDR, nous avons opté pour une période de retour $T = 10$ ans pour des petits ouvrages hydrauliques, et, $T = 20$ ans pour de grands ouvrages hydrauliques.

II.4.5. Méthodes d'évaluation des débits de crues

Une crue se forme lorsqu'une forte quantité de pluie tombe sur le bassin versant. Il en résulte une montée des eaux, plus ou moins rapide en fonction de l'intensité de la pluie, de son étendue géographique, de sa durée, mais aussi de l'état de saturation des sols.

Plusieurs méthodes de détermination des débits de crues existent et varient en fonction de la zone d'étude et de ses caractéristiques. Parmi ces méthodes, nous avons utilisé les suivantes :

- Méthode rationnelle, décrite dans l'hydraulique routière BCEOM ;
- Méthode ORSTOM, décrite dans crue et apports ORSTOM ;
- Méthode CIEH, décrite dans crue et apport ORSTOM

L'utilisation de chaque méthode dépend de la taille du bassin. Pour les bassins au débit calculable par plusieurs méthodes, la plus élevée des débits a été retenue.

a) Méthode rationnelle

La méthode rationnelle est appliquée à des petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km^2 , conditions de validité des considérations théoriques qui ont permis d'élaborer cette méthode.

La méthode rationnelle est basée sur l'hypothèse qu'une pluie constante et uniforme sur l'ensemble d'un bassin versant produit un débit de pointe lorsque toutes les sections du bassin versant contribuent à l'écoulement, soit après un temps égal au temps de concentration. Le débit à l'exutoire est donné par la relation suivante :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad \text{Équation 4}$$

Avec, C : Coefficient de ruissellement ;

I : intensité de pluie (mm/h) ;

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

Q : débit (m^3/s)

b) Méthode ORSTOM

La méthode s'applique à des bassins dont la superficie se situe entre quelques dizaines d'hectares et plus de 1500 km^2 .

Dans la méthode, le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est défini par la relation :

$$Q_{10} = A \cdot P_{10} \cdot Kr_{10} \cdot \alpha_{10} \cdot S \cdot Tb_{10} \quad \text{Équation 5}$$

Avec A : le coefficient d'abattement

P_{10} : la hauteur de pluie journalière décennale en mm

Kr_{10} : le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale

α_{10} : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale

S : la superficie du bassin versant en Km^2

Tb_{10} : le temps de base correspondant à la crue décennale en min

Q_{10} : Le débit de pointe décennale en m^3/s

- **Coefficient de pointe décennal**

Le coefficient de pointe, rapport du débit maximum ruisselé au débit moyen, est défini par la relation :

$$\alpha_{10} = Q_{r10} / Q_{m10} \quad \text{Équation 6}$$

On admet que α_{10} est voisin de 2,6 quelle que soit la superficie du bassin. Toutefois, l'aspect du réseau hydrographique devra être analysé pour apporter d'éventuelles corrections.

- **Coefficient d'abattement**

Il est déterminé par la relation suivante :

$$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 \times Pan)}{1000} \times \log S \right] \quad \text{Équation 7}$$

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

Pan : la hauteur moyenne de la pluie moyenne (mm).

- **Temps de base**

Le temps de base dépend de plusieurs facteurs principalement de la surface du bassin versant et de l'indice de pente global. Le temps de base Tb_{10} est déterminé en utilisant les relations proposées ci-après ou à partir des courbes de la FAO 54 (crue et apport).

$$\text{Pour } S < 7 km^2 \quad Tb_{10} = 215 \cdot (S - 0,5)^{0,45} + 300 \quad \text{Équation 8}$$

$$\text{Pour } S > 7 km^2 \quad Tb_{10} = 250 \cdot S^{0,35} + 300 \quad \text{Équation 9}$$

c) Méthode CIEH

En 1983, Puech et Chabi-Gonni ont proposé une méthode statistique, connue depuis sous le nom de méthode CIER et basée sur 162 bassins versants dont l'origine vient essentiellement du recueil de Oubreuil (1972) sur les bassins expérimentaux. La méthode CIEH s'applique aux bassins couvrant plus de 10 km² (jusqu'à 2500 km² en théorie) pour la zone sahélienne et à la totalité des bassins d'une superficie inférieure à 1500 km² pour la zone tropicale sèche.

La formulation retenue pour retrouver l'expression du débit de pointe Q₁₀ est basée sur un schéma de régression multiple et se présente sous la forme :

$$Q_{10} = a \cdot S^s \cdot P_{an}^p \cdot I_g^i \cdot Kr_{10}^k \cdot Dd^d \dots \dots \quad \text{Équation 10}$$

Où a, s, p, i, k, d..... sont des coefficients à déterminer et

S est la surface du bassin (Km²)

I_g est l'indice global de pente (m/km)

P_{an} est la pluie annuelle moyenne

Kr₁₀ est le coefficient de de ruissellement décennal (%)

Dd est la densité de drainage [km⁻¹]

(La liste des paramètres à inclure dans le modèle n'est pas limitative).

La détermination de ces coefficients est effectuée par une méthode de régression linéaire multiple.

En nous basant sur le tableau des coefficients de sélection des régressions pour le calcul des Q₁₀ en fonction des pays, Nous avons obtenu les équations suivantes pour le Burkina Faso :

$$\text{-Équation 39 : } Q_{10} = 0,410 \times S^{0,425} \times Kr^{0,923} \quad \text{Équation 11}$$

$$\text{-Équation 40 : } Q_{10} = 0,254 \times S^{0,462} \times I_g^{0,101} \times Kr^{0,976} \quad \text{Équation 12}$$

II.4.6. Passage de la crue décennale à la crue vingtenal

Les méthodes ORSTOM et CIEH se réfèrent au calcul de la crue décennale. Sauf dans certains cas particuliers, où prévoir un temps de retour de 10 ans n'est pas suffisant pour le projet. Dans notre projet, pour les grands ouvrages hydrauliques, le dimensionnement se fera suivant une période de retour de 20 ans. Pour ce débit nous allons le calculer par la méthode GRADEX, (Grésillon et al, 1977).

La plupart des études concernant le passage de la crue décennale à la crue de projet proposent une simple relation linéaire du type :

$$Q_{20} = C \times Q_{10} \text{ avec } C = 1 + \frac{P_{20} - P_{10}}{P_{10}} \times \frac{(T_b/24)^{0,12}}{Kr_{10}} \quad \text{Équation 13}$$

Ou, P_{10} est la précipitation journalière correspondant à une période de retour de 10 ans

P_{20} est la précipitation journalière correspondant à une période de retour de 20 ans

T_b est le temps de base en heures

Kr_{10} est le coefficient de ruissellement de la crue décennale (exprimé en fraction et non pas en pourcentage).

II.5. ETUDE HYDRAULIQUE

L'étude hydraulique étudie le transfert et le transport des écoulements d'eau dans le réseau hydrographique. Les calculs hydrologiques nous ont permis d'obtenir les débits des différents bassins versants. L'étude hydraulique permettra ainsi à terme de déterminer les sections nécessaires à donner aux ouvrages hydrauliques afin d'évacuer les débits de crues.

Cette étude se déroulera de la manière suivante :

- Dimensionnement hydraulique des ouvrages de franchissement
- Dimensionnement hydraulique des fossés triangulaires

II.5.1. Dimensionnement hydraulique des dalots

Nous utiliserons des dalots comme ouvrage de franchissement compte tenue de l'importance du projet et des débits de crues.

Le dimensionnement des dalots consiste à déterminer des sections capables d'évacuer les débits avec des vitesses inférieures à la vitesse admissible.

Nos dalots fonctionnent en sortie dénoyée du fait que nous ne sommes pas situées dans une zone inondable.

a) Type d'écoulement

➤ Vitesse maximale admissible

C'est la vitesse maximale à ne pas dépasser à la sortie des sections pour que l'ouvrage fonctionne normalement. $V_{max} = 4 \text{ m}^3/\text{s}$.

➤ **Détermination de la section minimale**

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$S=Q/V \quad \text{Équation 14}$$

Avec, S : la Section

Q : le débit projet

V : la vitesse admissible

➤ **Détermination de la section réelle**

Pour déterminer la section réelle, on fixe la hauteur et la largeur, puis on applique la formule suivante :

$$S = D*B \quad \text{Équation 15}$$

Avec, S : la section

D : la hauteur

B : la largeur

➤ **Débit cellulaire**

C'est le débit qui passe dans chaque cellule. Il est déterminé par la formule suivante :

$$q = Q/n \quad \text{Équation 16}$$

Avec, q : le débit cellulaire

Q : le débit projet

n : le nombre de cellule qui est une valeur fixée

➤ **Détermination de la profondeur d'eau en amont (H1)**

Le débit critique se calcul suivant la formule suivante :

$$Q^* = \frac{Q}{A \times \sqrt{2gD}} \quad \text{Équation 17}$$

Avec, A : Section d'une cellule

g : Pesanteur

A partir de la valeur du débit critique Q^* , on lit la valeur de H^* sur l'abaque de l'annexe

Ensuite nous calculons H1 par la formule $H1=H^* \cdot d$.

Ce qui nous permettra de vérifier la condition $H1 < 1,25 \cdot D$.

b) Pente de dalot

On détermine le débit réduis

$$Q_2^* = \frac{Q}{\sqrt{g \cdot B^5}} \quad \text{Équation 18}$$

Ensuite on détermine I_c^* dans les abaques de l'annexe XXI afin de calculer la pente critique par la formule suivante :

$$I_c = \frac{I_c^* \times 10}{K^2 \times B^{1/2}} \quad \text{Équation 19}$$

d) Vérification de la vitesse d'écoulement

On détermine d'abord la vitesse réduite

$$Q_3^* = \frac{Q}{K \cdot B^2 \cdot \sqrt{I}} \quad \text{Équation 20}$$

Puis, nous lisons V^* dans les abaques de l'annexe XXI afin de calculer la vitesse d'écoulement par la formule

$$V = K \times I^{1/2} \times B^{2/3} \times V^* \quad \text{Équation 21}$$

La vitesse d'écoulement est vérifiée si $V \leq V_{max}$.

II.5.2. Dimensionnement hydraulique des fossés rectangulaires

Les routes subissent des risques graves d'érosion dus aux eaux de ruissellements. Les protections contre ces dégradations peuvent être des fossés triangulaires. Ces fossés concentrent toutes les eaux de ruissellement ayant une action directe sur la route, qu'elles proviennent des impluviums extérieurs ou bien de la plate-forme routière proprement dite et des talus attenants. Les pentes des talus de ces fossés sont en générale 1/2 et 2/1 ou bien 2/3 et 3/2. Nous opterons pour des talus de 1/2 et 2/1. Ces fossés seront revêtus en maçonnerie de moellons pour éviter les affouillements et comporteront des ouvrages de décharge en nombre suffisant pour éviter les débordements de l'eau quand les débits dépassent les capacités des fossés intéressés. La pente longitudinale minimale sera de 0,3% pour éviter des dépôts dans le fossé.

Les débits des fossés sont donnés par la formule de MANNING STRICKLER.

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \text{Équation 22}$$

Q=Débit en m³/s

V=Vitesse en m/s

K=coefficient de rugosité de MANNING

R=Rayon hydraulique en m

I=Pente longitudinale en m/m

$$D'où Q = V * S = K * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{1/2} \quad \text{Équation 23}$$

On prendra pour le coefficient de rugosité K, la valeur de 67.

La vitesse à ne pas dépasser dans nos fossés est de 3,5m/s. Cette vitesse fixe par conséquent une capacité maximale pour les fossés revêtues, débit à ne pas dépasser pour une pente longitudinale donnée.

La surface mouillée S et le rayon, hydraulique R étant fonction de la hauteur d'eau h, on peut déterminer de la formule de MANNING, ce qui permet de calculer la capacité limite Qmax des fossés triangulaires en fonction des paramètres V et i qui sont fixés.

Pour les fosses de talus 2/1, 1/2 on a :

$$R = \frac{h\sqrt{5}}{6} = \left(\frac{V}{k\sqrt{i}}\right)^{\frac{3}{2}}, \quad \text{Équation 24}$$

$$S = \frac{5h^2}{4} \quad \text{Équation 25}$$

$$D'où Q = S * V = \frac{9*V^4}{K^3*i^{3/2}} \quad \text{Équation 26}$$

CHAPITRE III : ETUDES TECHNIQUES

Nous présenterons dans ce chapitre, les différentes études que nous avons mené suivant les différentes méthodologies d'étude du chapitre précédent.

III.1. ETUDE GEOMETRIQUE DE LA CHAUSSEE

Cette étude a été faite suivant les règles en vigueur du guide ICTAVRU et cela a conduit à définir notre route de type autoroutière A avec une vitesse de référence de 100 km/h. Le respect de ces normes a permis d'obtenir le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers de notre route afin d'assurer la sécurité et le confort des usagers. Nous avons utilisé le logiciel COVADIS pour mener cette étude.

III.1.1. Tracé en plan

Le tracé en plan a été fait dans le respect des normes du guide ICTAVRU. Nous avons obtenu un rayon minimal de 1000m qui est supérieur au rayon minimal prescrit par le guide ICTAVRU. Les éléments de l'axe en plan sont fournis en l'annexe I.

III.1.2. Tracé du Profil en long

Suivant les recommandations du guide ICTAVRU, nous obtenons un profil en long ayant 14 697 m comme rayon minimal avec 0,88 % comme déclivité maximale, tous deux respectant les prescriptions de ce guide. Les éléments du profil en long sont donnés dans l'annexe II.

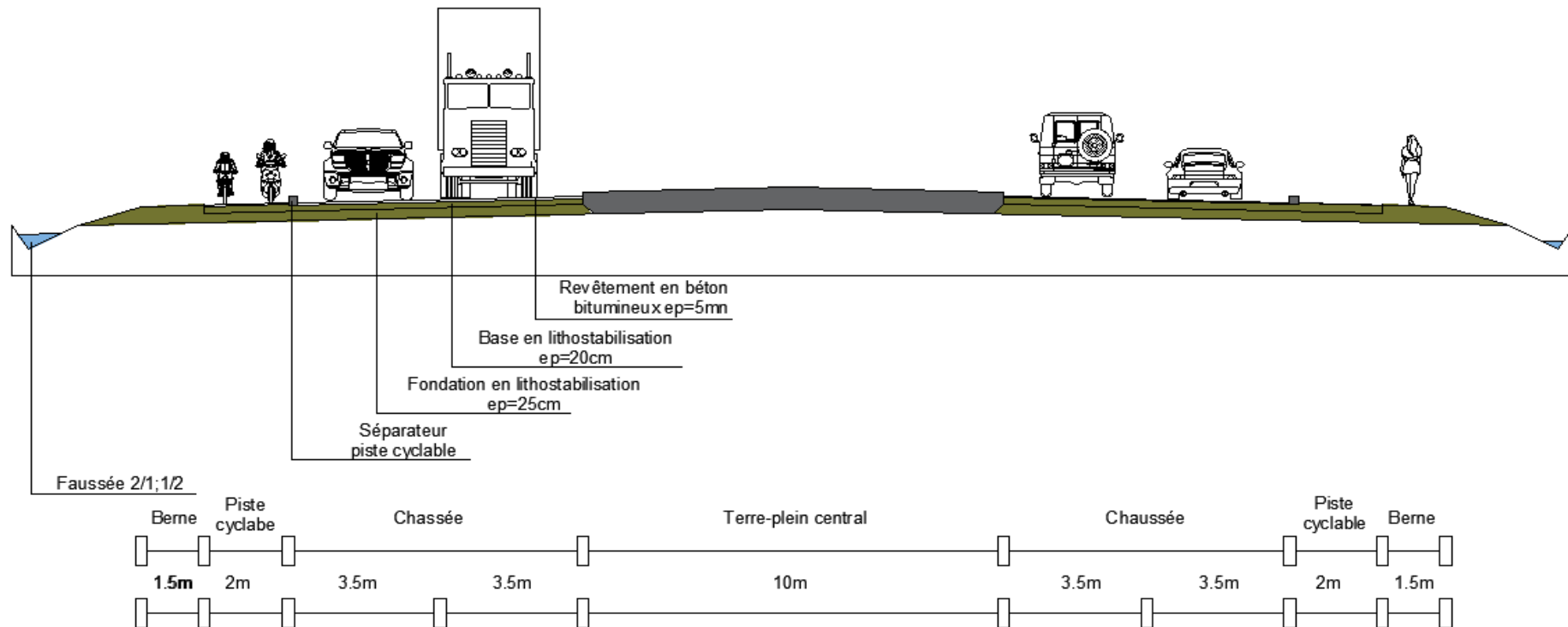
III.1.3 Tracé des profils en travers

Suivant les recommandations du guide ICTAVRU, nous obtenons des profils en travers avec la configuration suivante :

- Chaussée : 2X2 Voies
- Largeur de chaussée : 2x7m
- Pistes cyclables : 2m
- Terre-plein central (TPC) : 10m

- Berne : 1,5m
- Faussés latéraux de section triangulaire

Figure 4 : Profil en travers type de la chaussée



Les éléments du profil en travers sont fournis dans d'annexe III.

III.2. ETUDE GEOTECHNIQUE

III.2.1. Interprétation du rapport géotechnique

Le rapport de géotechnique réalisé, a eu pour objectif de déterminer les caractères physiques et mécaniques des différents sols présents sur le projet.

III.2.2. Détermination de la classe de portance des sols

La détermination de la classe de portance des sols se fait à base de l'indice CBR. Ainsi, nous utiliseront les classes de portance définie par le guide de dimensionnement de chaussée des pays tropicaux.

Selon le rapport géotechnique, la couche d'assise de la voie de contournement nord tronçon RN4-RN5 est composée à 79% de graveleux et sable argileux ou limoneux de classe S5 (16%) ; S4 (45%) ; S3(18%) et des zones de très faible portance S2 (16%) ; S1(5%).

Le tableau de découpage des zones du tronçon RN4-RN5 en fonction des familles de classe de portance sont données en annexe IV et les tableaux récapitulatifs des résultats des essais en annexe V.

III.2.3. Prospection pour les emprunts

Le principal matériau utilisé tant en viabilité des routes en terre qu'en corps de chaussée des routes revêtues, est le graveleux latéritique. Les prospections ont permis de cibler au total 28 emprunts répartis entre les deux contournements. Des essais en laboratoire ont été réalisés sur les échantillons prélevés en vue de leurs utilisations à différents niveaux du corps de chaussée (en couche de forme, en couche de fondation et en couche de base). Il faut noter que compte tenu de la morphologie du sol ; les emprunts reconnus se situent plus ou moins à proximité de la route.

A l'issu des essais d'identification et de portance, il a été constaté que la majorité des emprunts sont conforme à l'utilisation en couche de forme ($CBR > \text{ou égale à } 20$ et impropre à la couche de fondation dont les exigences sont plus rigides ($CBR > \text{à } 50$). Ainsi sur les vingt-huit (28) emprunts prospectés 26 sont conformes à l'utilisation en couche de forme, dont seul sept (07) sont conformes pour utilisation en couche de fondation.

III.2.3. Matériaux pour les couches de forme et fondation

Selon les exigences du CCTP, Il sera prévu une couche de forme d'une épaisseur de 30 cm avec un indice $CBR \geq 20$. Comme les matériaux d'emprunt ne répondent pas aux exigences du CCTP pour la couche de fondation, nous proposons l'amélioration de ces matériaux aux concassées (litho-stabilisation), pour des raisons économiques et la facilité d'exécution de la manœuvre.

III.3. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DE LA CHAUSSEE

III.3.1. Etude du trafic

L'étude du trafic du tronçon RN4-RN5 de boulevard périphérique de Ouagadougou a été obtenu grâce à une projection sur la durée de vie souhaitée de l'ouvrage qui est de 15ans avec un taux d'accroissement de 5% (donné par le TDR) de poids lourds. Pour le calcul des structures de chaussées, le trafic à prendre en compte doit être exprimé par le nombre cumulé de poids lourd qui passeront sur la voie la plus sollicitée de la chaussée.

III.3.2. Calcul du trafic

Nous sommes dans le cas d'une croissance exponentielle.

$$T_n = T_1 (1 + i)^{n-1} \quad \text{Équation 27}$$

T_n = trafic moyen journalier de l'année n ;

T_1 = trafic moyen journalier de la première année ;

n = nombre d'année (durée de vie) ;

i = taux d'accroissement annuel du trafic .

$$T_{2023} = T_{2014} (1 + 0,05)^9$$

$$T_{2023} = 250 \times (1 + 0,05)^9$$

$$T_{2023} = 388 \text{ PL /j}$$

Détermination du trafic équivalent

$$NE = N_{PL} \times CAM \quad \text{Équation 28}$$

Avec NE : Nombre d'essieux équivalents

N_{PL} : Nombre de poids lourds

CAM : Coefficient d'agressivité moyen des poids lourds

Détermination du Nombre de poids lourds

$$N_{PL} = 365 \times TMJA \times C \quad \text{Équation 29}$$

Avec TMJA : Trafic moyen journalier annuel exprimé en poids lourds

C : Facteur de cumul du trafic

Détermination du Facteur de cumul

$$C = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{Équation 30}$$

$$C = \frac{(1 + 0,05)^{15} - 1}{0,05}$$

$$C = 21,58$$

$$N_{PL} = 365 \times 388 \times 21,58$$

$$N_{PL} = 3056159,6 \text{ PL}$$

$$NE = 3056159,6 \times 1$$

$$NE = 3,06.10^6$$

III.3.3. Détermination de la classe de trafic

La classe du trafic est déterminée à partir du trafic poids lourds. Les différentes classes sont définies par les limites données par :

Tableau 7 : Classe de trafic (CEBTP)

Classe de trafic	Nombre cumulé de poids lourds
T1	$N < 5.10^5$
T2	$5.10^5 < N < 1,5.10^6$
T3	$1,5.10^6 < N < 4.10^6$
T4	$4.10^6 < N < 10^7$
T5	$10^7 < N < 2.10^7$

Ainsi, le résultat obtenu du trafic cumulé pendant la durée de vie de quinze (15) ans de la chaussée étant de $3,06.10^6$ PL, la classe de trafic attendu est T3.

III.3.4. Dimensionnement de la chaussée

Les paramètres d'entrée pour le choix de la structure sont le trafic et la portance de la plateforme (T3, S4). Nous dimensionnons le corps de chaussée à l'aide du guide CEBTP qui propose plusieurs structures de chaussée correspondant à ces paramètres d'entrés. Nous proposons les structures de chaussée résumée dans le tableau ci-après :

Tableau 8 : Différentes variantes de la chaussée (CEBTP)

T3-S4	Couches	Matériaux constitutifs des couches	Epaisseur (cm)
Variante 1	Revêtement	Béton bitumineux	5
	Base	Grave ciment	20
	Fondation	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	20
Variante 2	Revêtement	Béton bitumineux	5
	Base	Graveleux latéritique (amélioré aux concassés)	20
	Fondation	Graveleux latéritique (amélioré aux concassés)	25
Variante 3	Revêtement	Béton bitumineux	5
	Base	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	20
	Fondation	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	15

Nous retiendrons la variante 2 vue le cout moindre du graveleux latéritique amélioré aux concassées même s'il est moins résistant que le grave ciment.

III.3.5. Calcul et vérification des contraintes et déformations admissibles

a) Calcul des contraintes et déformations admissibles

Notre dimensionnement est associé à deux expressions de sollicitation admissibles :

-L'endommagement par fatigue des matériaux bitumineux, pris en compte à travers leur déformation d'extension réversible maximale admissible $\epsilon_{t,adm}$.

-L'endommagement par cumul des déformation permanentes dans les matériaux non traités, pris en charge à travers leur déformation verticale réversible maximale admissible $\epsilon_{z,adm}$.

Deux critères sont à vérifier :

- Que l'allongement ϵ_t à la base des couches bitumineuse reste inférieur a une valeur admissibles $\epsilon_{t,adm}$.
- Que la déformation verticale ϵ_z à la surface des couches non liées et du sol support est inférieur a une valeur limite $\epsilon_{z,adm}$.

Le tableau suivant présente les résultats des calculs des contraintes et déformations admissibles :

Tableau 9 : Caractéristiques et contraintes admissibles de la chaussée

Couche	Matériaux	Modules (MPa)	Valeurs admissibles (MPa)
Roulement	Béton bitumineux	1300	176,4
Base	Graveleux latéritique amélioré aux concassés	550	436,0
Fondation	Graveleux latéritique amélioré aux concassés	550	436,0

Les détails sur les calculs sont donnés en annexe V.

b) Vérification à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC

-Donnés d'entrée

Le trafic considéré est de 250 PL évoluant à un taux d'accroissement géométrique de 5% pour une durée de vie de la chaussée de 15 ans.

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

☒ Moyenne journalière annuelle (MJA) : 388
☒ Taux accroissement géométrique (%) : 5
☐ Taux accroissement arithmétique (%) : 6,27
☒ Durée de service (années) : 15
☐ Trafic cumulé PL : 3,0560E+6
 Cocher au plus 3 cases

Valeurs admissibles : données

matériau type : gnt et sol (sol trafics moyen et fort)
 coefficient CAM : 1
 trafic cumulé NE : 3,0560E+6
 Coefficient A : 12000
 pente b : -0,222

Calculer EpsiZ admissible
 Calcul inverse NE = f(EpsiZ)

Bibliothèque des matériaux | Imprimer | Enregistrer

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94
 CAM : Catalogue 1998
 Risques : Guide lcpc-sétra 94
 Risques : Catalogue 1998
 Structures catalogue 98

EpsilonZ admissible = 436,0 µdéf

Mémo ...

1-EpsiT= 176,4
5-EpsiZ= 436,0

effacer=dbl click

Figure 5 : Calcul des valeurs admissibles sur ALIZE

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

variante 1 : Durée=00:00sec

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2
☐ tableau 3 ☐ tableau 4
☐ tableau 5 ☐ tableau 6
☐ tableau 7 ☐ tableau 8

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,050	1300,0	0,350	0,000	-172,1	-0,116	-4,9	0,657
	collé		0,050	-108,1	0,112	407,1	0,608
0,200	550,0	0,350	0,050	-108,1	0,086	804,4	0,608
	collé		0,250	-134,2	-0,010	311,4	0,173
0,250	550,0	0,350	0,250	-134,2	-0,010	311,4	0,173
	collé		0,500	-168,4	-0,107	209,0	0,047
infini	120,0	0,350	0,500	-168,4	-0,003	400,8	0,047

Déflexion = 41,0 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 149,7 m

Imprimer | Enregistrer

Variante n+1

Voir Chargt. | Fermer

Figure 6 : Résultats du calcul des valeurs admissibles sur ALIZE

-Résultats de la modélisation

Pour un bon dimensionnement, il faut vérifier que les valeurs de contraintes déterminées dans chaque couche sont inférieures aux valeurs admissibles.

Les résultats de la vérification sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Vérification des contraintes

Couche	Matériaux	Contraintes calculées (MPa)	Valeurs admissibles (MPa)
Roulement	Béton bitumineux	108,1	176,4
Base	Graveleux latéritique amélioré aux concassés	311,4	436,0
Fondation	Graveleux latéritique amélioré aux concassés	209,0	436,0
Sol support	-	400,8	436,0

On peut remarquer que toutes les contraintes calculées sont inférieures aux contraintes admissibles, par conséquent cette structure de chaussée est vérifiée, donc nous gardons la variante 2 comme structure de chaussée.

III.4. ETUDE HYDROLOGIQUE

Grace à l'étude hydrologique, nous avons pu délimiter les bassins versants et calculer leurs caractéristiques. Ces caractéristiques nous ont servie à calculer les débits de crue qui seront utilisés dans l'étude hydraulique.

III.4.1. Délimitation des bassins versants

La délimitation des Bassins versants se fait en suivant les lignes de partage des eaux. Elle a été faite à l'aide du logiciel Global Mapper. Nous avons au total 43 bassins versants sur notre zone d'étude avec des superficies comprises de 0,1165 Km² à 143,65 Km². La figure suivante illustre les différents bassins versants :

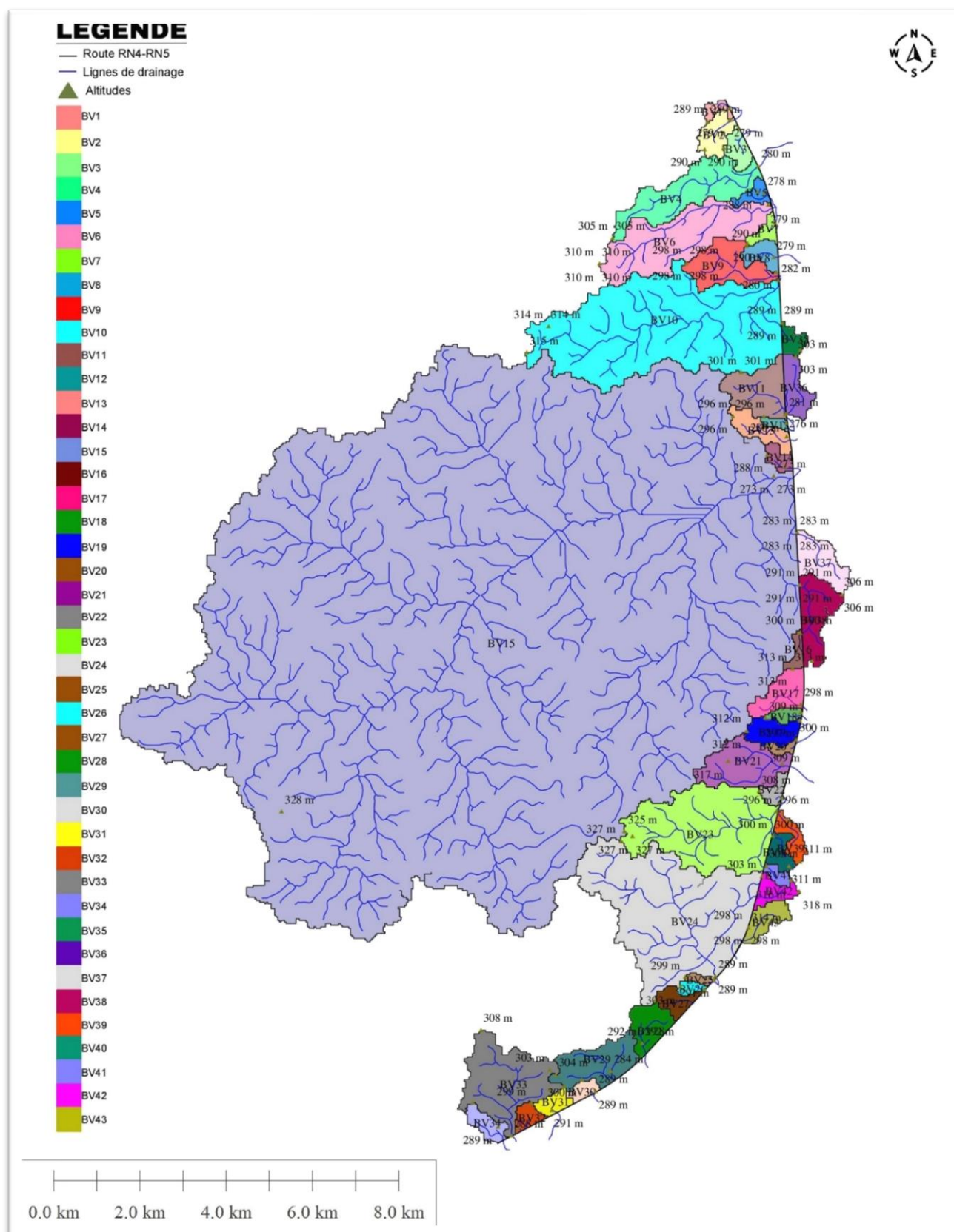


Figure 7 : Carte des bassins versants de la zone

III.4.2. Caractéristiques des bassins versants

La délimitation des bassins versants nous a permis d'obtenir les caractéristiques suivantes :

Tableau 11 : Caractéristiques des bassins versants

Noms	Superficie (Km ²)	Périmètre (Km)	Longueur Talweg (Km)	Pente (%)	Z max (m)	Z min (m)
BV1	0,1736	2,934	0,4915	1,42	289	279
BV2	0,621	4,791	0,83785	1,45	290	279
BV3	0,4208	3,576	0,52058	1,77	289	279
BV4	2,595	13,886	4,259	1,57	305	280
BV5	0,2908	3,751	0,50387	1,58	288	278
BV6	3,916	14,812	4,83	1,52	310	279
BV7	0,2615	3,286	0,33183	1,39	290	279
BV8	0,4522	3,882	0,48924	1,48	290	279
BV9	1,512	8,528	2,345	1,41	298	280
BV10	11,249	26,295	7,814	1,52	314	282
BV11	1,432	6,799	1,712	1,78	301	280
BV12	0,1394	2,06	0,2471	1,65	288	279
BV13	0,691	6,211	1,509	1,7	296	276
BV14	0,2893	3,021	0,55028	1,6	288	276
BV15	143,65	83,285	19,12	1,59	325	273
BV16	0,2249	3,113	0,53724	1,6	313	300
BV17	0,879	5,353	1,272	1,77	313	298
BV18	0,2275	2,549	0,36661	1,55	309	297
BV19	0,658	4,653	1,031	1,62	312	297
BV20	0,145	2,557	0,16877	1,59	309	300
BV21	1,805	8,355	2,306	1,74	317	298
BV22	0,2743	3,059	0,18056	1,68	308	297
BV23	5,545	16,235	4,396	1,61	327	296
BV24	9,202	19,915	5,191	1,71	327	289
BV25	0,1165	2,055	0,087012	1,5	299	291
BV26	0,1607	2,102	0,28487	1,74	303	289
BV27	0,4388	3,787	0,5992	1,54	308	291
BV28	0,827	4,741	1,362	1,67	308	292
BV29	1,553	8,178	1,522	1,82	304	284
BV30	0,2472	2,636	0,11361	1,76	300	289
BV31	0,3314	3,039	0,30881	1,63	300	291
BV32	0,3054	3,217	0,26006	1,61	299	288
BV33	2,992	12,546	2,797	1,4	303	295

BV34	0,4542	4,162	1,026	1,5	303	289
BV35	0,3165	3,046	0,46987	1,86	303	289
BV36	0,3165	3,046	1,511	1,86	303	289
BV37	1,029	5,963	1,933	1,63	306	283
BV38	1,335	7,789	1,848	1,54	309	291
BV39	0,4322	4,721	1,094	1,56	311	297
BV40	0,4154	3,829	0,72686	1,44	311	300
BV41	0,201	2,586	0,4669	1,52	316	305
BV42	0,44	4,558	0,69887	1,72	318	303
BV43	0,582	4,286	1,217	1,56	314	298

Les autres caractéristiques des bassins versants seront calculées suivants les différentes méthodes d'évaluation des débits de crues du projet.

III.4.3. Résultats de l'analyse fréquentielle

A l'aide du logiciel HYFRAN PLUS, nous avons traité les données pluviométriques de la station de l'aéroport de Ouagadougou qui est la station la plus proche de notre zone de projet. Cette analyse nous a permis d'avoir les résultats résumés dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Résultats de l'analyse fréquentielle

Période de retour T (an)	Hauteur de pluie journalière décennale P10 (mm)	Intervalle de confiance (mm)	
10	131	94,7	167
20	151	109	200

III.4.4. Détermination des débits de crues du projet

Les débits des bassins versants ayant une superficie de moins de 4 km² ont été déterminées par ma méthodes rationnelle et ceux dont les superficies dépassent les 4 km², par les méthodes ORSTOM et CIEH pour retenir le débit maximal des deux. Les débits vingtennaux seront utilisés pour les bassins versants ayant plus de 4 km² comme superficie. Le tableau suivant présente les débits de nos différents bassin versants.

Tableau 13 : Détermination des débits de crues du projet

Noms	Superficie (m ²)	Méthode d'estimation	Q pour T = 10 ans (m ³ /s)	Q pour T = 20 ans (m ³ /s)
BV1	0,1736	Rationnelle	0,43	
BV2	0,621	Rationnelle	2,05	
BV3	0,4208	Rationnelle	1,08	
BV4	2,595	Rationnelle	18,69	
BV5	0,2908	Rationnelle	0,73	
BV6	3,916	Rationnelle	29,11	
BV7	0,2615	Rationnelle	0,51	
BV8	0,4522	Rationnelle	1,10	
BV9	1,512	Rationnelle	8,23	
BV10	11,249	ORSTOM , CIEH	23,86	46,83
BV11	1,432	Rationnelle	6,31	
BV12	0,1394	Rationnelle	0,24	
BV13	0,691	Rationnelle	2,86	
BV14	0,2893	Rationnelle	0,74	
BV15	143,65	ORSTOM ,CIEH	48,68	96,69
BV16	0,2249	Rationnelle	0,56	
BV17	0,879	Rationnelle	3,48	
BV18	0,2275	Rationnelle	0,46	
BV19	0,658	Rationnelle	2,31	
BV20	0,145	Rationnelle	0,20	
BV21	1,805	Rationnelle	9,63	
BV22	0,2743	Rationnelle	0,38	
BV23	5,545	ORSTOM	34,19	59,09
BV24	9,202	ORSTOM	39,19	77,01
BV25	0,1165	Rationnelle	0,11	
BV26	0,1607	Rationnelle	0,27	
BV27	0,4388	Rationnelle	1,10	
BV28	0,827	Rationnelle	3,37	

BV29	1,553	Rationnelle	6,46	
BV30	0,2472	Rationnelle	0,26	
BV31	0,3314	Rationnelle	0,64	
BV32	0,3054	Rationnelle	0,52	
BV33	2,992	Rationnelle	21,01	
BV34	0,4542	Rationnelle	1,61	
BV35	0,3165	Rationnelle	0,72	
BV36	0,3165	Rationnelle	1,40	
BV37	1,029	Rationnelle	4,78	
BV38	1,335	Rationnelle	6,33	
BV39	0,4322	Rationnelle	1,59	
BV40	0,4154	Rationnelle	1,27	
BV41	0,201	Rationnelle	0,47	
BV42	0,44	Rationnelle	1,24	
BV43	0,582	Rationnelle	2,22	

Les détails sur les différents calculs des débits sont dans les annexes XII, XIII et XIV.

III.5. ETUDE HYDRAULIQUE

Les calculs hydrologiques nous ont permis de déterminer les différentes sections de nos ouvrages hydrauliques afin de permettre la circulation des eaux sans qu'elles n'affectent négativement la chaussée.

III.5.1. Dimensionnement hydraulique des dalots

Les Dalots qui sont des ouvrages de franchissement ont été dimensionnés suivants le guide d'hydraulique routière avec une vitesse maximale de 4 m/s. Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau :

Tableau 14 : Caractéristiques des dalots

Noms	N° d'ouvrage	Débit de projet Q (m ³ /s)	Débit cellulaire q (m ³ /s)	Sections projetées	Vitesse de sortie m/s	Pente %	Point Kilométrique
BV4	OH1	18,69	6,23	3X3X2	2,76	0,41	PK2+749,10
BV6	OH2	29,11	7,28	4X3X2	2,90	0,42	PK4+335,45
BV9	OH3	8,23	4,11	2X2X2	2,64	0,50	PK4+447,06
BV10	OH4	46,83	9,36	5X3X3	3,18	0,42	PK7+606,71
BV11	OH5	6,31	6,31	1X3X2	2,85	0,41	PK9+26,03
BV21	OH6	9,63	4,81	2X3X2	2,45	0,39	PK16+773,39
BV23	OH7	59,09	11,82	5X3X3	3,57	0,45	PK18+209,63
BV24	OH8	77,01	15,40	5X3X3	3,89	0,53	PK21+49,80
BV29	OH9	6,46	6,46	1X3X2	2,49	0,45	PK24+412,46
BV33	OH10	21,01	10,51	2X3X3	2,77	0,44	PK27+110,76
BV37	OH11	4,78	4,78	1X3X2	2,45	0,39	PK10+356,25
BV38	OH12	6,33	6,33	1X3X2	2,67	0,41	PK11+568,85

Nous avons au total 7 types de dalots regroupé dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Typologies des dalots

Types	Sections	Dalots	Vitesse de sortie m/s
1	1X3X2	OH5	2,85
		OH9	2,49
		OH11	2,45
		OH12	2,67
2	2X3X2	OH6	2,45
3	2X3X3	OH10	2,77
4	2X2X2	OH3	2,64
5	3X3X2	OH1	2,76

6	4X3X2	OH2	2,90
7	5X3X3	OH4	3,18
		OH7	3,57
		OH8	3,89

III.5.2. Dimensionnement des fossés triangulaires

Pour permettre l'évacuation des eaux de ruissèlement provenant de la chaussée et des bassins versants avoisinant, nous avons proposé un dimensionnement de nos fossés triangulaires à travers les tableaux et abaques du BCEOM. Le résultat de ce dimensionnement est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Caractéristiques des fossés

Type d'ouvrage	Débit maximale (m ³ /s)	Pente %	Hauteur (m)	Talus	
				M ₁	M ₂
Fossé triangulaire	1,11	1	0,6	1/2	2/1

Les abaques utilisés sont dans l'annexe XI.

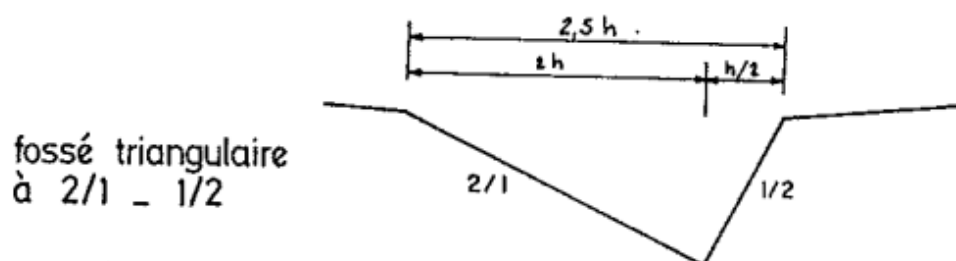


Figure 8 : Fossé triangulaire 2/1_1/2

Nos fossés seront situés des deux côtés de la route dans les zones de déblais, et d'un seul côté dans les zones de remblai.

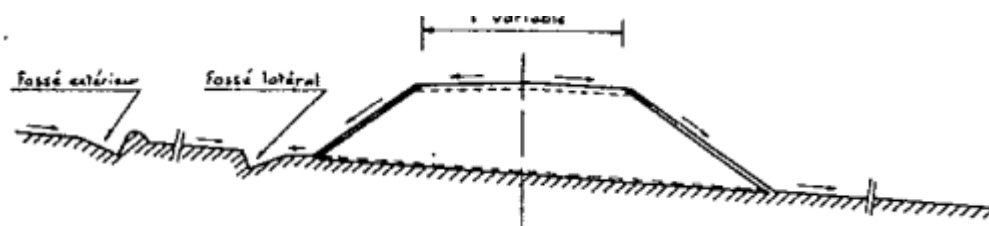


Figure 9 : Fossé en zone de remblai

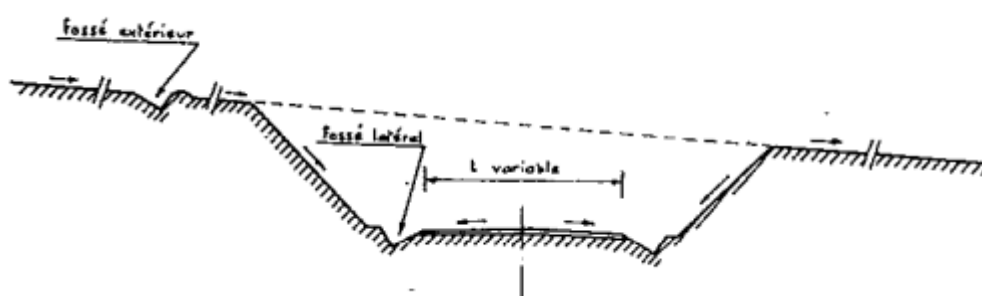


Figure 10 : Fossé en zone de déblai

III.6. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Nous avons effectué un dimensionnement manuel ainsi qu'une vérification sur le logiciel CYPE du dalot OH8 qui est notre plus grand ouvrage. Le tableau suivant donne le résumé des différentes sections d'acier :

Tableau 17 : Résultat de la détermination des armatures

DESIGNATION			Choix des aciers
RADIER	Appuis	A et F	4HA12
		B et E	9HA14
		C et D	6HA14
	Travée	AB et EF	9HA16 + 9HA10
		BC et DE	9HA16
		CD	9HA16
TABLIER	Appuis	G et L	6HA10
		H et K	10HA12
		I et J	6HA12
	Travée	LK et HG	9HA14 + 9HA12
		KJ et IH	12HA14

		JI	14HA14
PIEDROIT	Piédroits de rive	AL et FG	9HA14
	Piédroits intermédiaire	BK et EH	7HA14
		CJ et DI	7HA14
MUR EN AILE	Voile		9HA14

Les détails du calcul sur le dimensionnement sont fournis dans l'annexe XIII, et les plans de ferrailages dans l'annexe XXI.

III.7. SECURITE ROUTIERE

La sécurité routière, est l'ensemble des mesures prises pour empêcher ou prévenir les accidents de la route. Comme mesure de sécurité routière, nous mettrons en place des glissières et barrières de sécurité dans les endroits jugés dangereux afin d'éviter les sorties de route, ainsi que des signalisations verticales et horizontales. Des bordures de chaussées et des garde-corps au niveaux des dalots seront également placés.

III.7.1. Signalisation temporaire

La signalisation temporaire a pour objet d'avertir et de guider l'usager afin d'assurer sa sécurité et celle des agents intervenant sur la voirie tout en favorisant la fluidité de la circulation. Les panneaux de signalisations temporaires utilisées sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Signalisations temporaires

Formes	Descriptions
	☐ AK5 ☐ Travaux
	☐ KD22a ☐ Déviation
	☐ KC1 ☐ Sortie de camions

	☐ K8 ☐ Déviation ou rétrécissement de voies
	☐ K5a ☐ Signalisation de position des limites d'obstacles temporaires ou de chantier
	☐ K2 ☐ Barrages, signalisation de position de travaux ou de tout autre obstacle de caractère temporaire
	☐ AK3 ☐ Rétrécissement de voie
	☐ AK14 ☐ Danger
	☐ Consignes à respecter

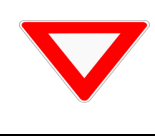
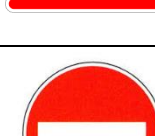
III.7.2. Signalisation définitive

La signalisation définitive assure la sécurité routière des usagers tout au long de la durée d'exploitation de la route. Elle se compose essentiellement des signalisations horizontales et des signalisations verticales.

a) Signalisation verticale

La signalisation verticale se fait par l'intermédiaire des panneaux et des balises. En fonction de leurs couleurs, leurs formes, leurs emplacements et leurs contenus..., ces panneaux transmettent diverses informations aux usagers, dans le seul but de garantir leur sécurité [11]. Pour ce projet, nous avons retenu les panneaux consignés dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Signalisation définitive

Formes	Descriptions
	☐ A17 ☐ Annonce de feux tricolores
	☐ A13b ☐ Passage piéton
	☐ A1a ☐ Virage à droite
	☐ A1b ☐ Virage à gauche
	☐ AB25 ☐ Carrefour à sens giratoire
	☐ B14-100 ☐ Limitation de vitesse
	☐ AB4 ☐ Arrêt à l'intersection
	☐ AB3a ☐ Cédez le passage à l'intersection
	☐ AB2 ☐ Intersection avec une route dont les usagers doivent céder le passage
	☐ B1 ☐ Sens interdit à tout véhicule

b) Signalisation horizontale

C'est l'ensemble des marques peintes sur la surface de la chaussée.

Les figures suivantes donnent les caractéristiques de tous les types de lignes discontinues [12].

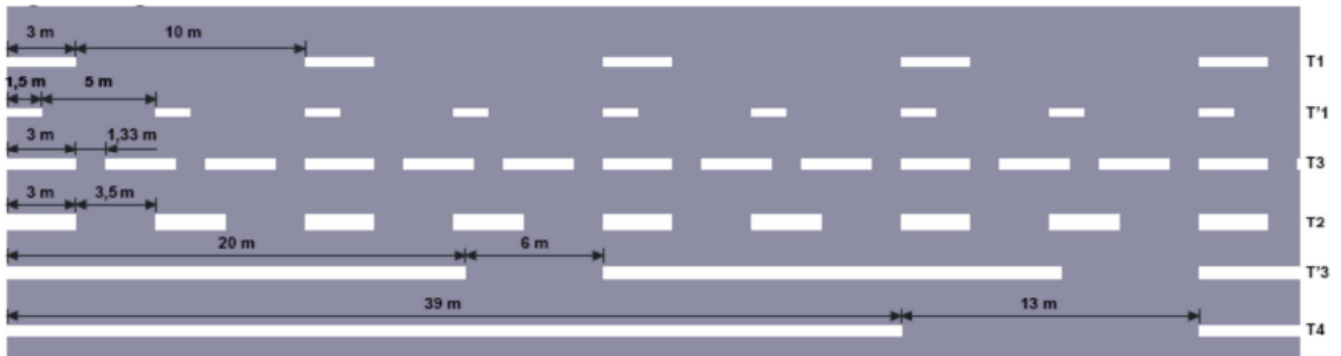


Figure 11: Caractéristiques des types de lignes discontinues 1

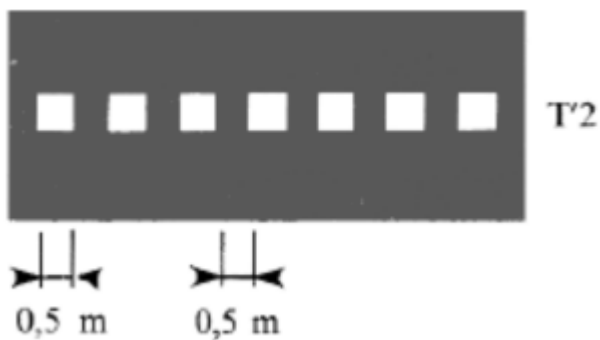


Figure 12 : Caractéristiques des types de lignes discontinues 2

Pour ce projet, nous avons retenu les signalisations horizontales suivantes :

Tableau 20 : Signalisation horizontale

Désignations des marques	Modulations	Largeur
Ligne axiale ou de délimitation de voie en rase campagne	T1	2u
Ligne de rive de chaussée	T2	3u
Ligne de délimitation de bandes cyclables	T3	5u
Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	T'3	3u
Ligne de délimitation de terre-plein centrale	Continue	3u
Ligne "STOP"	Continue	50cm
Ligne "CEDEZ LE PASSAGE"	T'2	50cm
Ligne "CEDEZ LE PASSAGE" pour les pistes cyclables	25cm	25cm
Ligne d'effet de feux	T'2	15cm
Ligne de guidage en intersection tourne à gauche a l'indonésienne – Carrefour en baïonnette	T'2	10cm

Le présent projet étant une route à chaussées séparées, nous emploierons dans les lignes de largeur $u = 7,5\text{cm}$ et $u = 3$, uniquement pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

CHAPITRE IV : APERCU DE L'ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

L'Etude d'Impact Environnemental et Social vise à évaluer les incidences directes et indirectes des activités du projet sur l'équilibre écologique de la zone d'implantation, le cadre et la qualité de vie des populations et sur l'environnement en général, afin d'assurer son insertion harmonieuse dans son milieu d'accueil [13].

IV.1. IDENTIFICATION DES IMPACTS POTENTIELS DU PROJET

IV.1.1. Impacts négatifs

Les impacts négatifs sont entre autres :

- L'abattage des arbres et arbustes.
- La propagation des IST et le VIH/SIDA.
- L'empiètement des champs et pertes des terres agricoles.
- Les perturbations temporaires des activités économiques.
- Nuisances sonores et vibrations chez le personnel, les populations riveraines, et surtout chez les élèves des écoles proches de la route.
- Risques de grossesses non désirées.
- Développement de maladies respiratoires et de nuisances diverses due à la pollution de l'air par les poussières et les gaz d'échappements et aux nuisances sonores.
- Risques d'accidents pour le personnel de chantier, les populations riveraines et les usagers de la route.
- Destruction des biens socio-économiques dans l'emprise.
- Destruction de sites sacrés et patrimoniaux (tombes, vestiges, etc.).
- Perturbation temporaire de la circulation sur la route et risques potentiels d'accidents, surtout à la traversée des localités.

IV.1.2. Impacts positifs

Les impacts positifs sont entre autres :

- Facilitation du trafic et amélioration des échanges inter commune, province et région ; décongestion des artères de la ville de Ouagadougou et réduction du temps de parcours.
- Création d'emplois pendant le projet.
- Augmentation de revenus fiscaux de la commune et de l'Etat par le paiement d'impôts (entreprises, employés) et autres taxes (exploitation de gites, carrières, eau).
- Amélioration de l'aspect de la zone due aux aménagements spécifiques (signalisation horizontales et plantations d'arbres).
- Développement des activités de transport et désenclavement des différentes communes, provinces et régions.
- Créations d'emplois dans le domaine public et privé.

IV.2. PRESENTATION DES MESURES D'ATTENUATION

Les mesures environnementales sont des actions à mettre en œuvre pour supprimer, atténuer, limiter ou compenser les dommages causés à l'environnement et à la société par le déroulement des activités du projet. Ce sont également des actions envisagées pour optimiser les impacts positifs.

Ces mesures d'atténuation sont entre autres :

- **Mise en œuvre d'un programme de communication et sensibilisation.**

L'objectif de la mesure est de minimiser les effets négatifs du projet sur les populations locales. Elle facilitera aussi la libération des emprises des voies de contournement pour les travaux

- **Mise en œuvre d'un programme détaillée d'actions de protection environnementale et sociale du chantier.**

La mesure a pour objectif principal de minimiser les dommages causés aux milieux biophysique et social par l'Entreprise dans l'exécution des travaux.

- **Mise en œuvre des actions sécuritaires adéquates pour les travailleurs, les populations riveraines et les usagers.**

L'objectif de cette mesure est de prévenir les accidents de circulation et de chantier et/ou de minimiser les dommages en cas de survenance de ces accidents

- **Promotion de l'emploi et contribution à l'émergence des activités économiques**

L'objectif visé par la mesure est de réduire le taux de chômage dans la zone du projet en offrant des emplois temporaires et en promouvant les initiatives locales en matière d'entrepreneuriat. Ce qui procurera de revenus aux populations locales et contribuera à l'amélioration de l'économie locale.

- **Prévention et gestion de conflits**

Cette mesure a pour objectifs de prévenir les risques de conflits liés au non-respect des us et coutumes locaux, aux prélèvements des ressources naturelles pour les travaux, à l'occupation des terres et au recrutement de la main d'œuvre locale.

CHAPITRE V : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET

Le devis quantitatif et estimatif permet d'évaluer le budget à mobiliser pour la réalisation du projet. Cette partie consiste l'estimation du coût de la construction de notre tronçon. Les prix unitaires de l'étude ont été obtenus dans le mercuriale de BTP 2022 [14] du Burkina Faso et sur les projets similaires. Nous avons regroupé les travaux à réaliser pour l'aménagement du tronçon en plusieurs postes récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau 21 : Récapitulatif des devis quantitatifs et estimatifs du projet

Poste	Désignations	Montant (FCFA)
1	INSTALLATION GENERALE DU CHANTIER	930 000 000
2	TRAVAUX PREPARATOIRES	790 587 150
3	TERRASSEMENTS	2 274 590 720
4	CHAUSSÉE	2 274 590 720
5	ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE	23 101 101 300
6	OUVRAGES HYDRAULIQUE	623 315 267
7	SIGNALISATION	146 110 900
8	IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	4 211 680 000
Total des travaux hors taxe		32 497 385 337
Montant de la TVA 18%		5 849 529 361
Montant TTC		38 346 914 698
Coût kilométrique		1 420 256 100

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le présent mémoire entre dans le cadre des études techniques détaillée du tronçon RN4-RN5 des voies de contournement de la ville de Ouagadougou.

Dans notre démarche, nous nous sommes efforcés à respecter toutes les contraintes et les normes existantes qui ne peuvent être négligées tout en prenant en compte les facteurs confort, sécurité des usagers, ainsi que l'économie et l'impact environnemental.

L'ensemble des études menés sur les 27 Km ont permis de proposer des aménagements et infrastructures répondant aux normes et exigences d'une route moderne pour une durée de vie de 15 ans.

Les études techniques nous ont permis d'avoir les résultats suivants :

- Une conception géométrique respectant les normes de conception pour une route à caractère autoroutière. Une route de 2x2 voies de 3,5m avec une piste cyclable de 2 m chacune et des dévers de 2,5% de part et d'autre.
- Une structure de chaussée composée de graveleux latéritique amélioré aux concassés sur 25 cm d'épaisseur en couche de fondation et 20 cm en couche de base, du béton bitumineux avec une épaisseur de 5cm ;
- Des infrastructures d'assainissement adaptées à savoir des fossés triangulaires et douze (12) dalots à mettre en place ;
- Une signalisation routière en accord avec le Code de la route et les normes de sécurité.

Aussi une étude d'impact environnemental a été mener afin de détecter au préalable les impacts que pourrait engendrer le projet et proposer des solutions pour atténuer les impacts négatifs du projet.

La réalisation de ce projet nécessite la mobilisation de moyen financier dont l'estimation au bout d'une étude détaillée a donné un budget de **38 346 914 698 FCFA** toutes taxes comprises.

Pour que la route puisse durer dans le temps, nous recommandons d'effectuer les entretiens courants et périodiques aussi bien sur les ouvrages que sur la chaussée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GTAH ingénieurs conseils, « *Actualisation des études techniques détaillées et environnementale des travaux de construction et de bitumage des voies de contournement de la ville de Ouagadougou* », Mai 2019
- [2] Laboratoire national du bâtiment et des travaux publics du Togo, « *Rapport d'étude géotechnique travaux de construction et d'aménagement des voies de contournement de la ville de Ouagadougou* », Janvier 2019
- [3] GTAH ingénieurs conseil, « *Cahier des clauses techniques particulières travaux de construction et de bitumage des voies de contournement de la ville de Ouagadougou* ».
- [4] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, « *Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU)* », Mars 2009
- [5] Centre expérimental de recherches et d'étude du bâtiment et des travaux publics (CEBTP), « *Guide pratique de dimensionnement pour les pays tropicaux* », 1984
- [6] Laboratoire central des ponts et chaussée (LCPC), service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA), « *Conception et dimensionnement des structures de chaussées guide technique* », Décembre 1994
- [7] AREA URBANISME, GENIPLANT « *Guide de la définition et des bons usages des matériaux de revêtement et du petit mobilier urbain relatifs à l'espace public-les matériaux de revêtement-les bordures* », 2011
- [8] Comité interafricain d'études hydrauliques (CIEH), office de la recherche scientifique et technique outre-mer (ORSTOM) et le laboratoire commun de télédétection CEMAGREF/ENGREF (LCT), « *crues et apports-manuel pour l'estimation des crues*

décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche », 2 mars 1998

[9] Nguyen VAN TUU, Bernard LEMOINE et Jacques POUPLARD « *Hydraulique routière* », Janvier 1979

[10] François-Noël CRES, « *Hydrologie urbaine quantitative - assainissement pluvial* », Janvier 1979

[11] Direction de la voirie et des déplacements, « *Guide de la signalisation verticale à Paris* », 21 janvier 2015

[12] Direction de la voirie et des déplacements, « *Guide de la signalisation horizontale à Paris* », 11 mars 2015

[13] GTAH ingénieurs conseils, « *Rapport d'étude d'impact environnemental et social* », Mars 2019

[14] Autorité de régulation de la commande publique (ARCOP), « *Mercuriale BTP 2022 Ouagadougou* », 2022

ANNEXES

Annexe I : Eléments axe en plan

Annexe II : Eléments profil en long

Annexe IV: Tableau de découpage des zones du tronçon en fonction des classes de portance....

Annexe V : Calcul des contraintes et déformations admissibles

Annexe VI : Données pluviométrique

Annexe VII : Ajustement par la loi de GAUSS sur HyfranPlus

Annexe IX : Graphique de l'ajustement par la loi de GUMBEL sur HyfranPlus

Annexe X : Graphique de l'ajustement par la loi de GAUSS sur HyfranPlus

Annexe XI : Caractéristiques des bassins versants

Annexe XII : Détermination des débits méthode rationnelle

Annexe XIII : Détermination du débit décennal du bassin BV23 par la méthode ORSTOM

Annexe XIV : Détermination du débit décennal du bassin BV10 par la méthode CIEH

Annexe XV: Détermination du débit vingtenal du bassin BV23

Annexe XVI : Détermination des sections hydrauliques des dalots

Annexe XVII : Carte de localisation des bassins versants

Annexe XVIII : Dimensionnement structural du dalot OH8

Annexe XIX : Devis quantitatif et estimatif

Annexe XX: Abaques de dimensionnement hydraulique

Annexe XXI : Plans de ferraillage, profils et tracés combinées de la route

Annexe I : Eléments axe en plan

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	170,9973	1751,366	0,000	677606,871	1375144,072
Arc 1	Rayon	-3060,6508	575,616	1751,366	678377,432	1373571,330
	Centre X	675628,941				
	Centre Y	1372224,713				
Droite 2	Gisement	182,9702	159,363	2326,982	678580,736	1373033,718
Arc 2	Rayon	-6084,1457	1386,934	2486,345	678622,859	1372880,023
	Centre X	672755,103				
	Centre Y	1371271,834				
Droite 3	Gisement	197,4825	2747,172	3873,280	678834,493	1371512,367
Arc 3	Rayon	12784,1729	1328,226	6620,452	678943,100	1368767,343
	Centre X	691717,279				
	Centre Y	1369272,757				
Droite 4	Gisement	190,8683	273,804	7948,678	679064,399	1367445,267
Arc 4	Rayon	-14002,6351	1279,424	8222,482	679103,539	1367174,275
	Centre X	665244,712				
	Centre Y	1365172,606				
Droite 5	Gisement	196,6851	4149,386	9501,906	679228,368	1365901,402
Arc 5	Rayon	-3740,8390	1118,411	13651,291	679444,331	1361757,640
	Centre X	675708,563				
	Centre Y	1361562,941				
Droite 6	Gisement	215,7183	1363,020	14769,702	679335,957	1360648,673
Arc 6	Rayon	-108135,9669	2407,235	16132,722	679002,833	1359326,988
	Centre X	574146,188				
	Centre Y	1385755,597				
Droite 7	Gisement	217,1355	1259,022	18539,957	678388,569	1356999,496
Arc 7	Rayon	-999,8317	382,147	19798,978	678053,763	1355785,807
	Centre X	677089,932				
	Centre Y	1356051,688				
Droite 8	Gisement	241,4678	9,099	20181,126	677885,049	1355445,509
Arc 8	Rayon	-20361,2409	2353,762	20190,224	677879,532	1355438,273
	Centre X	661687,239				
	Centre Y	1367782,899				
Droite 9	Gisement	248,8272	1060,995	22543,987	676347,597	1353653,000
Arc 9	Rayon	-3886,2719	1225,528	23604,981	675611,308	1352889,070
	Centre X	672813,142				
	Centre Y	1355585,989				
Droite 10	Gisement	268,9028	2646,161	24830,509	674636,884	1352154,215
				27476,670	672300,191	1350912,430
Longueur totale de l'axe 27476.670 mètres						

Annexe II : Eléments profil en long

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 0.54 %	200,459	0+000.000	277,932
Parabole 1	Rayon -71801.826 m	812,737	0+200.459	279,005
	Sommet 0+585.042			
	Absc. m			
	Sommet Alt. 280.035 m			
Pente 2	Pente -0.60 %	116,699	1+013.196	278,759
Parabole 2	Rayon 16537.727 m	199,925	1+129.895	278,063
	Sommet 1+228.509			
	Absc. m			
	Sommet Alt. 277.769 m			
Pente 3	Pente 0.61 %	370,247	1+329.820	278,079
Parabole 3	Rayon -84834.241 m	979,362	1+700.067	280,347
	Sommet 2+219.766			
	Absc. m			
	Sommet Alt. 281.939 m			
Pente 4	Pente -0.54 %	15,394	2+679.428	280,694
Parabole 4	Rayon 81454.897 m	860,355	2+694.822	280,611
	Sommet 3+136.175			
	Absc. m			
	Sommet Alt. 279.415 m			
Pente 5	Pente 0.51 %	781,972	3+555.178	280,492
Parabole 5	Rayon -	1777,445	4+337.150	284,515
	162787.979 m			
	Sommet 5+174.529			
	Absc. m			
Parabole 5	Sommet Alt. 286.669 m			
Pente 6	Pente -0.58 %	281,726	6+114.594	283,954
Parabole 6	Rayon 111742.058 m	1307,360	6+396.320	282,327
	Sommet 7+041.606			
	Absc. m			
	Sommet Alt. 280.464 m			
Pente 7	Pente 0.59 %	161,012	7+703.680	282,426
Parabole 7	Rayon -41369.847 m	480,235	7+864.692	283,380
	Sommet 8+109.809			
	Absc. m			

	Sommet Alt.	284.106 m			
Pente 8	Pente	-0.57 %	851,315	8+344.927	283,438
Parabole 8	Rayon	21408.965 m	253,298	9+196.242	278,599
	Sommet	9+317.916 m			
	Absc.	m			
	Sommet Alt.	278.254 m			
Pente 9	Pente	0.61 %	1596,464	9+449.540	278,658
Pente 10	Pente	0.60 %	182,567	11+046.004	288,473
		-			
Parabole 9	Rayon	293044.348 m	3492,858	11+228.571	289,562
	Sommet	12+975.406 m			
	Absc.	m			
	Sommet Alt.	294.768 m			
Pente 11	Pente	-0.60 %	127,100	14+721.429	289,567
Parabole 10	Rayon	87420.940 m	1102,942	14+848.529	288,809
	Sommet	15+369.403 m			
	Absc.	m			
	Sommet Alt.	287.257 m			
Pente 12	Pente	0.67 %	1149,352	15+951.471	289,195
Parabole 11	Rayon	-26354.504 m	344,476	17+100.823	296,848
	Sommet	17+276.297 m			
	Absc.	m			
	Sommet Alt.	297.432 m			
Pente 13	Pente	-0.64 %	642,493	17+445.299	296,890
Parabole 12	Rayon	234987.977 m	2874,415	18+087.793	292,770
	Sommet	19+594.688 m			
	Absc.	m			
	Sommet Alt.	287.939 m			
Pente 14	Pente	0.58 %	62,604	20+962.207	291,918
Parabole 13	Rayon	-69390.310 m	882,340	21+024.811	292,282
	Sommet	21+428.630 m			
	Absc.	m			
	Sommet Alt.	293.457 m			
Pente 15	Pente	-0.69 %	337,069	21+907.151	291,807
Parabole 14	Rayon	168064.819 m	2161,559	22+244.221	289,483
	Sommet	23+403.209 m			
	Absc.	m			
	Sommet Alt.	285.486 m			
Pente 16	Pente	0.60 %	1521,503	24+405.779	288,477

Parabole 15	Rayon	-14697.753 m	217,358	25+927.282	297,553
	Sommet	26+014.960			
	Absc.	m			
	Sommet Alt.	297.815 m			
Pente 17	Pente	-0.88 %	1330,360	26+144.640	297,243
				27+475.000	285,505
Longueur totale de l'axe 27475.000 mètre(s)					

Annexe III : Aperçu de quelques éléments du profil en travers

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0+000.000	Droite 1	Pente 1	277,932	277,932	271,00	677606,871	1375144,072	2,50	-2,50	0,54
P02	0+025.000	Droite 1	Pente 1	278,059	278,066	271,00	677617,870	1375121,622	2,50	-2,50	0,54
P03	0+050.000	Droite 1	Pente 1	277,930	278,200	271,00	677628,870	1375099,172	2,50	-2,50	0,54
P04	0+075.000	Droite 1	Pente 1	277,873	278,333	271,00	677639,869	1375076,721	2,50	-2,50	0,54
P05	0+100.000	Droite 1	Pente 1	278,150	278,467	271,00	677650,869	1375054,271	2,50	-2,50	0,54
P06	0+125.000	Droite 1	Pente 1	277,991	278,601	271,00	677661,868	1375031,821	2,50	-2,50	0,54
P07	0+150.000	Droite 1	Pente 1	278,103	278,735	271,00	677672,868	1375009,371	2,50	-2,50	0,54
P08	0+175.000	Droite 1	Pente 1	278,071	278,869	271,00	677683,867	1374986,920	2,50	-2,50	0,54
P09	0+200.000	Droite 1	Pente 1	278,055	279,003	271,00	677694,866	1374964,470	2,50	-2,50	0,54
P10	0+225.000	Droite 1	Parabole 1	278,063	279,133	271,00	677705,866	1374942,020	2,50	-2,50	0,50
P11	0+250.000	Droite 1	Parabole 1	278,067	279,254	271,00	677716,865	1374919,570	2,50	-2,50	0,47
P12	0+275.000	Droite 1	Parabole 1	278,116	279,366	271,00	677727,865	1374897,120	2,50	-2,50	0,43
P13	0+300.000	Droite 1	Parabole 1	277,930	279,470	271,00	677738,864	1374874,669	2,50	-2,50	0,40
P14	0+325.000	Droite 1	Parabole 1	277,937	279,564	271,00	677749,864	1374852,219	2,50	-2,50	0,36
P15	0+350.000	Droite 1	Parabole 1	278,018	279,651	271,00	677760,863	1374829,769	2,50	-2,50	0,33
P16	0+375.000	Droite 1	Parabole 1	278,093	279,728	271,00	677771,862	1374807,319	2,50	-2,50	0,29
P17	0+400.000	Droite 1	Parabole 1	278,057	279,797	271,00	677782,862	1374784,868	2,50	-2,50	0,26
P18	0+425.000	Droite 1	Parabole 1	278,059	279,857	271,00	677793,861	1374762,418	2,50	-2,50	0,22
P19	0+450.000	Droite 1	Parabole 1	277,881	279,908	271,00	677804,861	1374739,968	2,50	-2,50	0,19
P20	0+475.000	Droite 1	Parabole 1	278,080	279,951	271,00	677815,860	1374717,518	2,50	-2,50	0,15
P21	0+500.000	Droite 1	Parabole 1	277,947	279,985	271,00	677826,860	1374695,068	2,50	-2,50	0,12
P22	0+525.000	Droite 1	Parabole 1	277,445	280,010	271,00	677837,859	1374672,617	2,50	-2,50	0,08
P23	0+550.000	Droite 1	Parabole 1	277,274	280,027	271,00	677848,859	1374650,167	2,50	-2,50	0,05
P24	0+575.000	Droite 1	Parabole 1	277,610	280,035	271,00	677859,858	1374627,717	2,50	-2,50	0,01
P25	0+600.000	Droite 1	Parabole 1	277,472	280,034	271,00	677870,857	1374605,267	2,50	-2,50	-0,02

P26	0+625.000	Droite 1	Parabole 1	277,554	280,024	271,00	677881,857	1374582,816	2,50	-2,50	-0,06
P27	0+650.000	Droite 1	Parabole 1	277,748	280,006	271,00	677892,856	1374560,366	2,50	-2,50	-0,09
P28	0+675.000	Droite 1	Parabole 1	277,786	279,979	271,00	677903,856	1374537,916	2,50	-2,50	-0,13
P29	0+700.000	Droite 1	Parabole 1	277,705	279,943	271,00	677914,855	1374515,466	2,50	-2,50	-0,16
P30	0+725.000	Droite 1	Parabole 1	277,672	279,899	271,00	677925,855	1374493,016	2,50	-2,50	-0,19
P31	0+750.000	Droite 1	Parabole 1	277,727	279,846	271,00	677936,854	1374470,565	2,50	-2,50	-0,23
P32	0+775.000	Droite 1	Parabole 1	277,751	279,784	271,00	677947,853	1374448,115	2,50	-2,50	-0,26
P33	0+800.000	Droite 1	Parabole 1	277,923	279,714	271,00	677958,853	1374425,665	2,50	-2,50	-0,30
P34	0+825.000	Droite 1	Parabole 1	277,699	279,634	271,00	677969,852	1374403,215	2,50	-2,50	-0,33
P35	0+850.000	Droite 1	Parabole 1	277,656	279,546	271,00	677980,852	1374380,764	2,50	-2,50	-0,37
P36	0+875.000	Droite 1	Parabole 1	277,551	279,450	271,00	677991,851	1374358,314	2,50	-2,50	-0,40
P37	0+900.000	Droite 1	Parabole 1	277,309	279,345	271,00	678002,851	1374335,864	2,50	-2,50	-0,44
P38	0+925.000	Droite 1	Parabole 1	277,238	279,231	271,00	678013,850	1374313,414	2,50	-2,50	-0,47
P39	0+950.000	Droite 1	Parabole 1	277,223	279,108	271,00	678024,849	1374290,964	2,50	-2,50	-0,51
P40	0+975.000	Droite 1	Parabole 1	277,166	278,976	271,00	678035,849	1374268,513	2,50	-2,50	-0,54
P41	1+000.000	Droite 1	Parabole 1	277,132	278,836	271,00	678046,848	1374246,063	2,50	-2,50	-0,58
P42	1+025.000	Droite 1	Pente 2	277,876	278,688	271,00	678057,848	1374223,613	2,50	-2,50	-0,60
P43	1+050.000	Droite 1	Pente 2	277,340	278,539	271,00	678068,847	1374201,163	2,50	-2,50	-0,60
P44	1+075.000	Droite 1	Pente 2	277,147	278,390	271,00	678079,847	1374178,712	2,50	-2,50	-0,60
P45	1+100.000	Droite 1	Pente 2	277,251	278,241	271,00	678090,846	1374156,262	2,50	-2,50	-0,60
P46	1+125.000	Droite 1	Pente 2	277,296	278,092	271,00	678101,845	1374133,812	2,50	-2,50	-0,60
P47	1+150.000	Droite 1	Parabole 2	277,399	277,955	271,00	678112,845	1374111,362	2,50	-2,50	-0,47
P48	1+175.000	Droite 1	Parabole 2	277,430	277,855	271,00	678123,844	1374088,912	2,50	-2,50	-0,32
P49	1+200.000	Droite 1	Parabole 2	277,440	277,793	271,00	678134,844	1374066,461	2,50	-2,50	-0,17
P50	1+225.000	Droite 1	Parabole 2	277,444	277,769	271,00	678145,843	1374044,011	2,50	-2,50	-0,02
P51	1+250.000	Droite 1	Parabole 2	277,643	277,783	271,00	678156,843	1374021,561	2,50	-2,50	0,13
P52	1+275.000	Droite 1	Parabole 2	277,809	277,834	271,00	678167,842	1373999,111	2,50	-2,50	0,28
P53	1+300.000	Droite 1	Parabole 2	277,864	277,923	271,00	678178,841	1373976,660	2,50	-2,50	0,43

P54	1+325.000	Droite 1	Parabole 2	278,078	278,050	271,00	678189,841	1373954,210	2,50	-2,50	0,58
P55	1+350.000	Droite 1	Pente 3	277,954	278,203	271,00	678200,840	1373931,760	2,50	-2,50	0,61
P56	1+375.000	Droite 1	Pente 3	278,097	278,356	271,00	678211,840	1373909,310	2,50	-2,50	0,61
P57	1+400.000	Droite 1	Pente 3	278,155	278,509	271,00	678222,839	1373886,860	2,50	-2,50	0,61
P58	1+425.000	Droite 1	Pente 3	278,307	278,662	271,00	678233,839	1373864,409	2,50	-2,50	0,61
P59	1+450.000	Droite 1	Pente 3	278,370	278,815	271,00	678244,838	1373841,959	2,50	-2,50	0,61
P60	1+475.000	Droite 1	Pente 3	278,440	278,969	271,00	678255,838	1373819,509	2,50	-2,50	0,61
P61	1+500.000	Droite 1	Pente 3	278,691	279,122	271,00	678266,837	1373797,059	2,50	-2,50	0,61
P62	1+525.000	Droite 1	Pente 3	278,210	279,275	271,00	678277,836	1373774,608	2,50	-2,50	0,61
P63	1+550.000	Droite 1	Pente 3	278,062	279,428	271,00	678288,836	1373752,158	2,50	-2,50	0,61
P64	1+575.000	Droite 1	Pente 3	278,395	279,581	271,00	678299,835	1373729,708	2,50	-2,50	0,61
P65	1+600.000	Droite 1	Pente 3	278,922	279,734	271,00	678310,835	1373707,258	2,50	-2,50	0,61
P66	1+625.000	Droite 1	Pente 3	279,492	279,888	271,00	678321,834	1373684,808	2,50	-2,50	0,61
P67	1+650.000	Droite 1	Pente 3	279,431	280,041	271,00	678332,834	1373662,357	2,50	-2,50	0,61
P68	1+675.000	Droite 1	Pente 3	280,097	280,194	271,00	678343,833	1373639,907	2,50	-2,50	0,61
P69	1+700.000	Droite 1	Pente 3	280,352	280,347	271,00	678354,832	1373617,457	2,50	-2,50	0,61
P70	1+725.000	Droite 1	Parabole 3	280,059	280,496	271,00	678365,832	1373595,007	2,50	-2,50	0,58
P71	1+750.000	Droite 1	Parabole 3	279,997	280,639	271,00	678376,831	1373572,556	2,50	-2,50	0,55
P72	1+751.366	Arc 1	Parabole 3	279,982	280,646	271,00	678377,432	1373571,330	2,50	-2,50	0,55
P73	1+775.000	Arc 1	Parabole 3	279,926	280,773	271,49	678387,749	1373550,066	2,50	-2,50	0,52
P74	1+800.000	Arc 1	Parabole 3	279,508	280,901	272,01	678398,482	1373527,488	2,50	-2,50	0,49
P75	1+825.000	Arc 1	Parabole 3	279,032	281,021	272,53	678409,031	1373504,822	2,50	-2,50	0,47
P76	1+850.000	Arc 1	Parabole 3	278,682	281,133	273,05	678419,394	1373482,072	2,50	-2,50	0,44
P77	1+875.000	Arc 1	Parabole 3	278,610	281,239	273,57	678429,572	1373459,237	2,50	-2,50	0,41
P78	1+900.000	Arc 1	Parabole 3	278,522	281,337	274,09	678439,562	1373436,320	2,50	-2,50	0,38
P79	1+925.000	Arc 1	Parabole 3	278,574	281,427	274,61	678449,365	1373413,322	2,50	-2,50	0,35
P80	1+950.000	Arc 1	Parabole 3	278,539	281,510	275,13	678458,979	1373390,245	2,50	-2,50	0,32
P81	1+975.000	Arc 1	Parabole 3	278,482	281,586	275,65	678468,405	1373367,090	2,50	-2,50	0,29

P82	2+000.000	Arc 1	Parabole 3	278,213	281,655	276,17	678477,641	1373343,859	2,50	-2,50	0,26
P83	2+025.000	Arc 1	Parabole 3	278,060	281,716	276,69	678486,688	1373320,553	2,50	-2,50	0,23
P84	2+050.000	Arc 1	Parabole 3	278,199	281,769	277,21	678495,543	1373297,174	2,50	-2,50	0,20
P85	2+075.000	Arc 1	Parabole 3	278,435	281,816	277,73	678504,208	1373273,724	2,50	-2,50	0,17
P86	2+100.000	Arc 1	Parabole 3	278,268	281,855	278,25	678512,680	1373250,203	2,50	-2,50	0,14
P87	2+125.000	Arc 1	Parabole 3	278,250	281,886	278,77	678520,960	1373226,614	2,50	-2,50	0,11
P88	2+150.000	Arc 1	Parabole 3	278,341	281,911	279,29	678529,047	1373202,958	2,50	-2,50	0,08
P89	2+175.000	Arc 1	Parabole 3	278,281	281,927	279,81	678536,941	1373179,237	2,50	-2,50	0,05
P90	2+200.000	Arc 1	Parabole 3	278,457	281,937	280,33	678544,641	1373155,453	2,50	-2,50	0,02
P91	2+225.000	Arc 1	Parabole 3	278,316	281,939	280,85	678552,146	1373131,606	2,50	-2,50	-0,01
P92	2+250.000	Arc 1	Parabole 3	278,312	281,934	281,37	678559,456	1373107,699	2,50	-2,50	-0,04
P93	2+275.000	Arc 1	Parabole 3	278,383	281,921	281,89	678566,570	1373083,732	2,50	-2,50	-0,07
P94	2+300.000	Arc 1	Parabole 3	278,387	281,901	282,41	678573,489	1373059,709	2,50	-2,50	-0,09
P95	2+325.000	Arc 1	Parabole 3	278,174	281,874	282,93	678580,211	1373035,630	2,50	-2,50	-0,12
P96	2+326.982	Arc 1	Parabole 3	278,254	281,871	282,97	678580,736	1373033,718	2,50	-2,50	-0,13
P97	2+350.000	Droite 2	Parabole 3	278,473	281,839	282,97	678586,820	1373011,519	2,50	-2,50	-0,15
P98	2+375.000	Droite 2	Parabole 3	278,318	281,797	282,97	678593,428	1372987,408	2,50	-2,50	-0,18
P99	2+400.000	Droite 2	Parabole 3	278,019	281,748	282,97	678600,036	1372963,297	2,50	-2,50	-0,21
P100	2+425.000	Droite 2	Parabole 3	277,933	281,691	282,97	678606,644	1372939,186	2,50	-2,50	-0,24

Annexe IV : Tableau de découpage des zones du tronçon en fonction des classes de portance

N°	Tronçons	zones	classe de portance	Valeur du CBR	Observations
	RN4 – RN5 PK 53 – PK 81	PK53+650-PK53+900 PK54+150-PK54+400 PK54+650-PK54+900 PK56+650-PK56+900 PK58+650-PK54+900 PK56+650-PK56+900 PK58+650-PK59+650 PK60+150-PK60+650 PK62+150-PK62+400 PK65+150 – PK 65+400 PK69+650-PK69+900 PK76+00-PK76+300	S5	>30	bon pour couche d'assise ou de plate-forme et réutilisable en couche de remblai
		PK53+650-PK53+900 PK54+450-PK54+650 PK54+400-PK54+650 PK54+900-PK55+400 PK56+650-PK56+900 PK56+900-PK57+150 PK57+900-PK58+650 PK59+900-PK60+150 PK62+400 – PK 62+650 PK63+150 - PK63+350 PK64+650 - PK64+900 PK65+650 – PK66+150 PK67+400 – PK67+650 PK68+650 – PK68+900 PK69+900-PK70+150 PK71+400-PK71+700 PK72+700-PK73+900 PK76+300-PK79+100 PK79+400-PK80+00	S4	15 -- 30	bon pour couche d'assise ou de plate-forme et réutilisable en couche de remblai
		PK53+300-PK53+400 PK55+400-PK55+650 PK55+900-PK56+150 PK55+650-PK55+900 PK56+150-PK56+400 PK57+650-PK57+900	S3	10 -- 15	Bon pour couche d'assise

	PK59+650-PK59+900 PK60+650-PK60+900 PK57+150-PK57+650 PK60+900-PK61+150 PK62+650 – PK63+150 PK63+150 – PK63+350 PK64+400 - PK64+650 PK65+900 – PK66+150 PK68+900-PK 69+150 PK71+150-PK71+400 PK71+700-PK71+950 PK72+300 PK73+00-PK73+900 PK79+100-PK79+400 PK80+00-PK80+200			
	PK55+650-PK55+900 PK55+650-PK55+900 PK56+150-PK56+400 PK57+150-PK57+650 PK60+900-PK61+150 PK63+350-PK63+650 PK64+150-PK64+400 PK67+900-PK68+650 PK69+150-PK69+400 PK70+150-PK71+150 PK71+950-PK72+300 PK72+300-PK72+400 PK72+300-PK72+400 PK73+900-PK74+300 PK75+100-PK75+350 PK75+350-PK76+00	S2	5--10	Substitution par matériaux sélectionnés
	PK60+650-PK60+900 PK63+90– PK64+150 PK64+150-PK64+400 PK70+150-PK71+150 PK71+950-PK72+300 PK72+300-PK72+400 PK75+100-PK75+350 PK75+350-PK76+00	S1	< 5	Substitution par matériaux sélectionnés

Source : Rapport d'étude géotechnique

Annexe V : Tableaux récapitulatifs des essais

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S1-1	S1-2	S2-1	S2-2	S3	S4
	Profils		axe	axe	C/D	C/D	axe	C/ gauche
	Pks		Pk 53 + 400	Pk 53 + 400	Pk 53 + 650	Pk 53 + 650	Pk 53 + 900	Pk 54 + 150
	Profondeur	(m)	0,05 - 0,45	0,45 - 0,80	0,10 - 0,30	0,30 - 0,80	0,25 - 0,80	0,30 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		46,2	70,3	34	36	40,7	36,7
	% < 80µm		22,1	53,9	29	14	24,3	20
	LL		21,99	28,15	25	23	28	29
	IP		9	11	12	10,2	12	11,8
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0	4,169	0,28	0	0,186	0,09
	CLASSE HBR		A-2-4	A-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6
	YOPM		2,06	1,91	1,95	1,98	2,12	2,13
	W%OPM		9,3	10,7	9,6	9,8	8,4	8,7
	CBR 95% :		12	7	18	27	31	27
	classe/portance		S3	S2	S4	S4	S5	S4
		APPELLATION		Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Limons Sablo-Argileux	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S5	S6	S7	S8	S9	S10
	Profils		axe	C/D	axe	C/G	axe	C/D
	Pks		Pk 54 + 400	Pk 54 + 650	Pk 54 + 900	Pk 55 + 150	Pk 55 + 400	Pk 55 + 650
	Profondeur	(m)	0,30 - 0,80	0,30 - 0,80	0,20-0,80	0,20-0,80	0,15-0,8	0,20-0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		2,6	22	35,6	35,6	51,7	80,5
	% < 80µm		0,8	11	22,3	25,3	45,8	37,5
	LL		21,19	23	22,63	24	25	24
	IP		7	10	9	10	10	8,5
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0	0	0	0	2,16	0,5
	CLASSE HBR		A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-6	A-4
	YOPM		2,22	2,12	2,11	1,98	1,96	1,95
	W%OPM		8,6	8,2	8,8	9,3	10,8	10,2
	CBR 95% :		35	28	34	27	20	13
	classe/portance		S5	S4	S5	S4	S4	S3
		APPELLATION		Graveleux Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Limons Sablo- Argileux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S11- 1	S11- 2	S12	S13	S14	S15
	Profils		axe	axe	C/G	axe	C/D	axe
	Pks		Pk 55 + 900	Pk 55+ 900	Pk 56+ 150	Pk 56+ 400	Pk 56+ 650	Pk 56+ 900
	Profondeur	(m)	0,15-0,35	0,35 - 0,80	0,20 - 0,80	0,15 - 0,80	0,15-0,80	0,25 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		82,5	77,5	76	77,8	45	38,8
	% < 80µm		39,8	68,9	62	58,2	30	25,9
	LL		17,34	19,46	20,5	21,8	20,3	21,44
	IP		7,67	8,46	8,9	9,81	8,8	9
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0,96	6,78	5,4	4,64	0	0
	CLASSE HBR		A-4	A-4	A-4	A-4	A-2-4	A-2-4
	YOPM		1,97	1,89	1,93	1,92	1,96	2,16
	W%OPM		8,8	11	9,4	9,8	8,3	8
	CBR 95% :		15	6	13	7	24	32
	classe/portance		S4	S2	S3	S2	S4	S5
	APPELLATION		Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S16	S17	S18	S19	S20	S21
	Profils		C/G	axe	C/D	axe	C/G	axe
	Pks		Pk 57+150	Pk 57+400	Pk 57+650	Pk 57+900	Pk 58+150	Pk 58+400
	Profondeur	(m)	0,25-0,80	0,15 - 0,80	0,20 - 0,8	0,15 - 0,80	0,15-0,8	0,20 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		42	89,5	89,5	89,2	89,2	51,8
	% < 80µm		35,9	61	58	55,6	34	28,8
	LL		21,44	27,43	23,4	16	19	18,09
	IP		9	9	8,2	7	7	8,09
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0,18	5,2	4,6	4,12	0	0
	CLASSE HBR		A-4	A-4	A-4	A-4	A-2-4	A-2-4
	YOPM		2,1	1,82	1,91	2,03	2,1	2,15
	W%OPM		10	11,8	10,5	9,3	8,3	7,9
	CBR 95% :		24	8	11	14	17	20
	classe/portance		S4	S2	S3	S3	S4	S4
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	Sable Limoneux Peu Graveleux	Sable Limoneux Peu Graveleux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S22	S23- 1	S23- 2	S24	S25	S26
	Profils		C/D	axe	axe	C/G	axe	C/D
	Pks		Pk 58+650	Pk 58+900	Pk 58+900	Pk 59+150	Pk 59+400	Pk 59+650
	Profondeur	(m)	0,20- 0,80	0,20 - 0,40	0,40 - 0,80	0,40 - 0,80	0,20-0,45	0,10 - 0,40
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		30	22	19,3	22,3	25	30
	% < 80µm		25	15,7	14,1	17,2	16,8	25
	LL		26	23,93	25,73	25,3	28	27,5
	IP		10,2	10,03	11,73	10,5	11	11,8
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0,02	0,00021	0	0,011	0,018	0,18
	CLASSE HBR		A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6
	YOPM		2,14	2,19	2,24	2,19	2,13	2
	W%OPM		8	8	8,3	8,5	7,8	8,5
	CBR 95% :		29	37	42	36	39	31
	classe/portance		S4	S5	S5	S5	S5	S5
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S27- 1	S27- 2	S28- 1	S28- 2	29	30
	Profils		axe	axe	C/G	C/G	axe	C/D
	Pks		Pk 59+900	Pk 59+900	Pk 60+150	Pk 60+150	Pk 60+400	Pk 60+650
	Profondeur	(m)	0,15- 0,35	0,35 - 0,80	0,10 - 0,30	0,30/0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		47,7	43,4	38,5	43,4	15,9	19
	% < 80µm		37,3	33,6	28,6	12	9,8	15
	LL		30	32,58	30	28	28,3	27,8
	IP		14	15	11	10,3	12	10
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		1,352	0,93	0,136	0	0	0
	CLASSE HBR		A-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-4
	YOPM		1,86	1,94	1,94	2	2,21	2,15
	W%OPM		10,2	10,8	10,8	11	8,8	9,1
	CBR 95% :		10	18	22	26	34	32
	classe/portance		S3	S4	S4	S4	S5	S5
	APPELLATION		Limons Sablo-Argileux Peu Graveleux	Limons Sablo-Argileux Peu Graveleux	Sables Limono-Argileux	Graveleux et Sable Limono-Argileux	Graveleux et Sable Limono-Argileux	Graveleux et Sable Limono-Argileux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S31- 1	S31- 2	S32	S33	S34	S35
	Profils		axe	axe	C/G	axe	C/D	axe
	Pks		Pk 60+900	Pk 60+900	Pk 61+150	Pk 61+400	Pk 61+650	Pk 61+900
	Profondeur	(m)	0,10-0,30	0,30 - 0,80	0,10 - 0,80	0,10 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		26,3	61,3	63,8	30,3	44	79,6
	% < 80µm		20,3	54,1	43,1	24,7	36	67,7
	LL		23	29	31	33	28,3	30
	IP		10	14	14	12	11,2	13
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0	5,384	2,744	0,194	0,452	7,74
	CLASSE HBR		A-2-4	A-6	A-6	A-2-6	A-6	A-6
	YOPM		2,11	2,01	1,92	1,99	2,06	2,03
	W%OPM		9	10,5	10,8	9,9	7,7	7,1
	CBR 95% :		13	2	9	15	24	26
	classe/portance		S3	S1	S2	S4	S4	S4
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Limons Sablo- Argileux Peu Graveleux	Limons Sablo- Argileux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Limons Sablo- Argilleux	Limons Sablo- Argileux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81							
DESIGNATION	N° Sondage		S36	S37- 1			
	Profils		C/G	axe			
	Pks		Pk 62+150	Pk 62+400			
	Profondeur	(m)	0,20-0,80	0,15 - 0,30			
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		79,6	21,9			
	% < 80µm		33,4	13,1			
	LL		29	20,82			
	IP		12,4	9			
	ES		---	---			
	IG		0,4416	0	0	0	0
	CLASSE HBR		A-2-6	A-2-4	A-1a	A-1a	A-1a
	YOPM		2,08	2,12			
	W%OPM		8,2	6,5			
	CBR 95% :		25	30			
	classe/portance		S4	S5			
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique			

TRONCON RN4_RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S37-2	S38	S39	S40	S41	S42
	Profils		axe	c/d	c/d	c/g	axe	c/d
	Pks		Pk 62+400	Pk 62+650	Pk 62+950	Pk 63 + 150	Pk 63+350	Pk 63+650
	Profondeur	(m)	0,30 - 0,80	0,30 - 0,80	0,25 - 0,80	0,30 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		7,7	46	46	66,4	64	63
	% < 80µm		3,4	30	32	48	48	39
	LL		26,63	24	25	27	26	28
	IP		11	9	12	11	9,5	10
	ES			---	---	---	---	---
	IG		0	0	0,34	2,93	2,6	0,8
	CLASSE HBR		A-2-6	A-2-4	A-2-6	A-6	A-4	A-6
	YOPM		2	2,01	2,03	2	1,97	1,97
	W%OPM		12,3	12	8,2	11,6	9,5	11,4
	CBR 95% :		22	16	13	16	10	5
	classe /portance		S4	S4	S3	S4	S3	S2
	APPELLATION		graveleux et sable limoneux peu plastique	sable limoneux peu graveleux	sable limoneux peu graveleux	limon sablo- argileux	limon sableux	Limons Sablo- Argileux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S43	S44	S45-1	S45-2	S46	S46
	Profils		axe	c/g	axe	axe	c/d	c/d
	Pks		Pk 63+900	Pk 64+150	Pk 64+400	Pk 64+400	Pk 64+650	Pk 64+650
	Profondeur	(m)	0,15 - 0,80	0,2 - 0,8	0,15 - 0,30	0,30 - 0,80	0,30 - 0,80	0,30 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		75,7	68	66,4	38,8	50	50
	% < 80µm		39,4	48	50,1	31,8	42	42
	LL		18,29	29	29	46	33	33
	IP		8	15	15	20	12	12
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0,88	4,25	4,775	1,68	1,94	1,94
	CLASSE HBR		A-4	A-6	A-6	A-2-7	A-6	A-6
	YOPM		2,07	1,93	1,83	1,94	1,96	1,96
	W%OPM		7,6	9,5	13	12,1	12,1	12,1
	CBR 95% :		3	6	4	14	15	15
	classe /portance		S1	S2	S1	S3	S4	S4
	APPELLATION		limon sableux	limon sablo-argileux	limon sablo-argileux	graveleux et sable argileux tres plastique	limon sablo-argileux peu graveleux	limon sablo-argileux peu graveleux

TRONCON RN4_RN5 PK 53 AU PK 81									
PROFILS GEOTECHNIQUES	DESIGNATION	N° Sondage	S46	S47	S48	S49	S50	S51	
		Profil	axe	axe	c/g	axe	c/d	axe	
		Pks	Pk 64+650	Pk 64+900	Pk 65+150	Pk 65+400	Pk 65+650	Pk 65+900	
		Profondeur	(m)	0,30 - 0,80	0,25 - 0,85	0,20 - 0,80	0,15 - 0,80	0,15 - 0,80	0,30 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	DESIGNATION	% < 0,5mm	50	42,1	19	8,9	36	67,2	
		% < 80µm	42	30,9	15	4,7	29	44,1	
		LL	33	27,36	24	21	25	19	
		IP	12	12	15	9	10,3	9	
		ES		---	---	---	---	---	
		IG	1,94	0,318	0	0	0,042	1,82	
		CLASSE HBR	A-6	A-2-6	A-2-6	A-2-4	A-2-6	A-4	
		YOPM	1,96	2,07	1,83	2,12	1,97	1,94	
		W%OPM	12,1	8,7	13	9,6	11,1	10,3	
		CBR 95% :	15	23	32	34	20	12	
		classe /portance		S4	S4	S5	S5	S4	S3
		APPELLATION		limon sablo-argileux peu graveleux	graveleux et sable limono-argileux	graveleux et sable limoneux peu plastique	graveleux et sable limoneux peu plastique	sable limono argileux peu graveleux	Limons Sableux

TRONCON RN4_RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S52	53	S54	S55	S56	S57
	Profil		axe	axe	c/d	axe	c/g	axe
	Pks		Pk 66 + 150	Pk 66+400	Pk 66+650	Pk 66+900	Pk 67+150	Pk 67+400
	Profondeur	(m)	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80	0,00 - 0,80	0,20 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		38,8	31,3	14	15,3	15,3	44
	% < 80µm		31,8	15,5	28,9	6,2	5	32,7
	LL		46	19	22	24,32	24,32	22
	IP		21	8	9	15,3	10	8
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		1,848	0	0	0	0	0
	CLASSE HBR		A-2-7	A-2-4	A-2-4	A-2-6	A-2-4	A-2-4
	YOPM		1,96	2,11	2,08	2,06	2,05	2,02
	W%OPM		12,2	7,2	11,5	11,5	9	10,3
	CBR 95% :		19	29	27	26	23	20
	classe /portance		S4	S4	S4	S4	S4	S4
	APPELLATION		graveleux et sable limoneux tres plastique	graveleux et sable limoneux peu plastique	graveleux et sable limoneux peu plastique	graveleux et sable limoneux peu plastique	graveleux et sable limoneux peu plastique	graveleux et sable limoneux peu plastique

TRONCON RN4_RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATIO	N° Sondage		S58	59	S60	S62	S63	S64-1
	Profil		c/d	axe	c/d	axe	axe	c/g
	Pks		Pk 67+650	Pk 67+900	Pk 68+150	Pk 68+650	Pk 68+900	Pk 69+150
	Profondeur	(m)	0,20 - 0,80	0,15 - 0,80	0,20 - 0,80	0,15 - 0,80	0,015 - 0,80	0,0 - 0,35
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		47	65,7	64	13,4	13,4	28
	% < 80µm		35	45,2	46	9	10,4	16
	LL		32	34	32	24	24,32	24
	IP		13	16	14	32	10,4	11
	ES			---	---	---	---	---
	IG		0,6	3,852	3,44	0	0	0,01
	CLASSE HBR		A-6	A-6	A-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6
	YOPM		1,96	1,83	1,85	2,06	1,98	1,93
	W%OPM		11,3	11,8	11,8	11,5	12	11,9
	CBR 95% :		19	8	8	16	16	11
	classe /portance		S4	S2	S2	S4	S4	S3
	APPELLATION		limon sablo-argileux	limon sablo-argileux	limon sablo-argileux	graveleux et sable limoneux peu plastique	graveleux et sable limoneux peu plastique	graveleux et sable limoneux argileux

TRONCON RN4_RN5 PK 53 AU PK 81							
DESIGNATION	N° Sondage		S64-2	S65-1	S65-2		
	Profils		c/g	axe	axe		
	Pks		Pk 69+150	Pk 69+400	Pk 69+400		
	Profondeur	(m)	0,35 - 0,80	0,00 - 0,25	0,25 - 0,80		
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		34	61	71		
	% < 80µm		30	48	61		
	LL		33	21	25		
	IP		14	9	11		
	ES		---	---	---		
	IG		0,6	2,6	5,6	0	0
	CLASSE HBR		A-2-6	A-4	A-6	A-1a	A-1a
	YOPM		1,87	2	2		
	W%OPM		13,6	9	10,5		
	CBR 95% :		9	10	9		
	classe/portance		S2	S3	S2	S1	S1
	APPELLATION		sable limono-argileux peu graveleux	limon sableux	limon sablo-argileux	graveleux et sable limoneux peu plastique	graveleux et sable limoneux peu plastique

TRONCON RN4_RN5 PK 53 AU PK 81							
DESIGNATION	N° Sondage		S66-1	S66-2	S67	S68	S69-1
	Profils		C/D	C/D	axe	C/G	axe
	Pks		Pk 69 + 650	Pk 69 + 650	Pk 69 + 900	Pk 70 + 150	Pk 70 + 400
	Profondeur	(m)	0,00 - 0,30	0,30 - 0,80	0,15 - 0,80	0,15 - 0,80	0,20 - 0,40
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		28	14	20	29	91
	% < 80µm		16	8	14	24	78
	LL		18	18	22	34	22
	IP		7	7	10	15	7
	ES		---	---	---	---	---
	IG		0	0	0	0,45	8
	CLASSE HBR		A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-6	A-4
	YOPM		2,15	2,18	2,18	1,97	1,89
	W%OPM		9,5	9,8	9,7	12,1	11,2
	CBR 95% :		21	48	35	19	6
	classe/portance		S4	S5	S5	S4	S2
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limono-Argilleux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limono-Argilleux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limono-Argilleux	Limons Sableux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S70-1	S70-2	S71	S72	S73-1	S73-2
	Profils		C/D	C/D	axe	C/G	axe	axe
	Pks		Pk 70 + 650	Pk 70 + 650	Pk 70 + 900	Pk 71 + 150	Pk 71 + 400	Pk 71 + 400
	Profondeur	(m)	0,00 - 0,60	0,60 - 1,00	0,10-0,80	0,20-0,80	0,00-0,30	0,30-0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		78	78	78	70	70	30
	% < 80µm		41	63	65	42	48	24
	LL		16	28	26	20	34	28
	IP		7	13	14	10	13	12
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		1,2	6,8	7,6	1,4	3,59	0,18
	CLASSE HBR		A-4	A-6	A-6	A-6	A-6	A-2-6
	YOPM		1,96	1,88	1,9	1,92	1,95	2,11
	W%OPM		10,3	11	10,5	12,5	12	6,5
	CBR 95% :		8	9	9	11	10	28
	classe/portance		S2	S2	S2	S3	S3	S4
	APPELLATION		Limons Sableux	Limons Sablo-Argileux	Limons Sablo-Argileux	Sable Limono-Argileux	Sable Limoneux Peu Argileux	Graveleux et Sable Limono-Argileux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S74	S75	S76-1	S76-2	S77	S78
	Profils		C/D	axe	C/G	C/G	axe	C/D
	Pks		Pk 71 + 700	Pk 71+950	Pk 72 + 300	Pk 72+ 300	Pk 72 + 700	Pk 73+ 000
	Profondeur	(m)	0,20-0,80	0,20 - 0,80	0,00 - 0,40	0,40 - 0,80	0,25-0,80	0,20 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		25	69	80	44	78	45
	% < 80µm		20	54	44	35	63	36
	LL		31,6	25,41	25	29	23	44
	IP		13	11	9	11	9	13
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0,15	4,19	1,8	0,2	5,6	0,85
	CLASSE HBR		A-2-6	A-6	A-4	A-6	A-4	A-7-5
	YOPM		2,04	1,91	1,9	2,07	1,88	2,04
	W%OPM		11	12,2	10,4	8,2	11	8,1
	CBR 95% :		23	11	9	12	9	16
	classe/portance		S4	S3	S2	S3	S2	S4
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limono- Argileux	Limons Sablo- Argileux	Limons Sableux	Limons Sablo- Argileux Peu Graveleux	Limons Sableux	Limons Argileux Tres Peu Graveleux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S79	S80	S81	S82-1	S82-2	S83
	Profils		axe	C/G	axe	C/D	C/D	axe
	Pks		Pk 73+200	Pk 73+450	Pk 73+700	Pk 73+900	Pk 73+900	Pk 74+300
	Profondeur	(m)	0,20-0,80	0,20 - 0,80	0,00 - 0,80	0,00 - 0,45	0,45-0,80	0,20 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		37	63	66	57	19	57
	% < 80µm		29	44	44	43	17	38
	LL		36,13	21,43	29	20	27	19,6
	IP		15	8	12	9	9	7
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0,7	1,8	2,38	1,6	0	0,6
	CLASSE HBR		A-2-6	A-4	A-6	A-4	A-2-4	A-4
	YOPM		1,94	1,91	1,91	1,98	2,07	1,98
	W%OPM		11	11	10,9	11	8,5	12,8
	CBR 95% :		14	11	12	14	23	7
	classe/portance		S3	S3	S3	S3	S4	S2
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limono- argileux	Limons Sableux	Limons Sablo- Argileux	Limons Sableux Peu Graveleux	Sable Limoneux Peu Plastique	Limons Sableux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S84	S85	S86	S87	S88	S89
	Profil		C/G	axe	C/D	axe	C/G	axe
	Pks		Pk 74+700	Pk 75+100	Pk 75+350	Pk 75+600	Pk 76+000	Pk 76+300
	Profondeur	(m)	0,10- 0,90	0,20 - 0,80	0,15 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20-0,80	0,30 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		85	72	74	67	70	45
	% < 80µm		65	51	52	41	41	34
	LL		27	28,82	31	35	19	23
	IP		12	11	14	12	9	9
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		6,8	3,56	4,88	1,72	1,2	0
	CLASSE HBR		A-6	A-6	A-6	A-6	A-4	A-2-4
	YOPM		1,72	1,85	1,85	1,78	2	2,06
	W%OPM		9,5	11,5	10,6	16	9,1	10,1
	CBR 95% :		3	8	7	4	17	30
	classe/portance		S1	S2	S2	S1	S4	S5
	APPELLATION		Limons Sablo-Argileux	Limons Sablo-Argileux	Limons Sablo-Argileux	Limons Sablo-Argileux	Limons Sableux	Graveleux et Sable Limono-Argileux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S90	S91	S92	S93	S94	S95-1
	Profil		C/D	axe	C/G	axe	C/D	axe
	Pks		Pk 76+550	Pk 76+800	Pk 77+000	Pk 77+400	Pk 77+800	Pk 78+100
	Profondeur	(m)	0,15 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20/0,80	0,15 - 0,80	0,00 - 0,40
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		46	45	41	35	32	32
	% < 80µm		37,3	30	31	15	13	16
	LL		28	30	28	36	36	38
	IP		38	10	9	15	16	17
	ES		12	---	---	---	---	---
	IG		4,92	0	0	0	0	0,07
	CLASSE HBR		A-6	A-2-4	A-2-4	A-2-6	A-2-6	A-2-6
	YOPM		2,07	2,06	2,05	2,08	2,09	2,08
	W%OPM		8,8	8,7	8,2	9,5	9,7	9,6
	CBR 95% :		27	22	25	20	26	23
	classe/portance		S4	S4	S4	S4	S4	S4
APPELLATION			Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sables limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S95-2	S96	S97	S98	S99	S100
	Profil		axe	C/G	axe	C/D	axe	C/G
	Pks		Pk 78+100	Pk 78+350	Pk 78+600	Pk 78+850	Pk 79+100	Pk 79+400
	Profondeur	(m)	0,40-0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80	0,25 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,40
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		32	30	30	78	19	50
	% < 80µm		13	15	19	16	14	39
	LL		27	26	28,51	23	35	30
	IP		16	11	12	9	14	12
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0	0	0,08	0	0	1,28
	CLASSE HBR		A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-4	A-2-6	A-6
	YOPM		2,05	2,05	2,09	2,05	2,08	1,95
	W%OPM		9,5	9,5	9,4	11	11	13,9
	CBR 95% :		21	24	27	26	24	12
	classe/portance		S4	S4	S4	S4	S4	S3
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limono-Argilleux	Graveleux et Sable Limono-Argilleux	Graveleux et Sable Limono-Argilleux	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limono-Argilleux	Limons Sablo-Argileux Peu Graveleux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81								
DESIGNATION	N° Sondage		S101	S102	S103	S104	S105	S106
	Profils		axe	C/G	axe	C/D	axe	C/G
	Pks		Pk 79+700	Pk 80+000	Pk 80+200	Pk 80+400	Pk 80+650	Pk 80+900
	Profondeur	(m)	0,20-0,80	0,20 - 0,80	0,40 - 0,80	0,20 - 0,80	0,15 - 0,80	0,25 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		40	33	78	83	85	99
	% < 80µm		35	26	45	52	45	46
	LL		23	36	23	22,87	23	18,24
	IP		9	14	9	9	9	7
	ES		---	---	---	---	---	---
	IG		0	0,44	2	3,4	2	2,2
	CLASSE HBR		A-4	A-2-6	A-4	A-4	A-4	A-4
	YOPM		1,9	2,03	1,85	1,84	1,85	1,87
	W%OPM		12,9	9,9	12	13,8	12,4	12,2
	CBR 95% :		15	24	10	6	6	9
	classe /portance		S4	S4	S3	S2	S2	S2
	APPELLATION		Graveleux et Sable Limoneux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux

TRONCON RN4 RN5 PK 53 AU PK 81							
DESIGNATION	N° Sondage		S107-1	S107-2			
	Profils		axe	axe			
	Pks		Pk 81+200	Pk 81+200			
	Profondeur	(m)	0,00-0,45	0,45 - 0,80			
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		87	77			
	% < 80µm		89	70			
	LL		33	47			
	IP		11	17			
	ES		---	---	---	---	---
	IG		8,4	11,025	0	0	0
	CLASSE HBR		A-6	A-7-6	A-1a	A-1a	A-1a
	YOPM		1,9	1,86			
	W%OPM		8,5	7,2			
	CBR 95% :		6	5			
	classe /portance		S2	S2	S1		
	APPELLATION		Limons Sablo- Argileux	Argiles Très Compressible			

Annexe V : Calcul des contraintes et déformations admissibles

Contrainte admissible

La contrainte admissible (σ_{adm}) de compression au niveau supérieur de la plateforme est donnée par la formule semi-empirique de Kerkhoven et Dormon donnée par le CEBTP (1984). Cette formule fait intervenir l'effet de répétition des charges (NE) et du CBR.

$$\sigma_{z,adm} = \frac{0,3 \text{ CBR}}{1+0,7 \log (NE)}$$

$$\sigma_{z,adm} = \frac{0,3 \times 20}{1+0,7 \times \log(3,06 \times 10^6)}$$

$$\sigma_{z,adm} = 1,083 \text{ MPa}$$

Déformations admissibles

La déformation verticale admissible pour un trafic fort est donnée par la relation

$$\varepsilon_{z,adm} = 12000 \times NE^{-0,222}$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 12000 \times (3,06 \times 10^6)^{-0,222}$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 436$$

Allongement a la base des couches bitumineuses

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}; 25 \text{ Hz}) \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times K_c \times K_r \times K_s$$

Pour les matériaux bitumineux, $\varepsilon_6(10^\circ\text{C}; 25 \text{ Hz}) = 100.10^6$

$$b = -\frac{1}{5}; \quad \text{SN} = 0,25; \quad \text{Sh} = 0,010 \text{ m} \quad \text{et} \quad K_c = 1,1$$

$$E(10^\circ\text{C}) = 7200 \quad \text{Et} \quad E(\theta_{eq}) = 1300$$

$$K_s = 1$$

$$K_r = 10^{-ub}$$

Pour un risque de 5%, $u = -1,645$

$$\delta = \left[\text{SN}^2 + \frac{c^2}{b^2} \times \text{Sh}^2 \right]^{0,5} \quad \text{Avec } C=0,02$$

$$\delta = \left[0,25^2 + \frac{0,02^2}{(-0,2)^2} \times 1 \right]^{0,5}$$

$$\delta = 0,2692$$

$$Kr = 10^{-1,645 \times 0,2 \times 0,2682}$$

$$Kr = 0,815$$

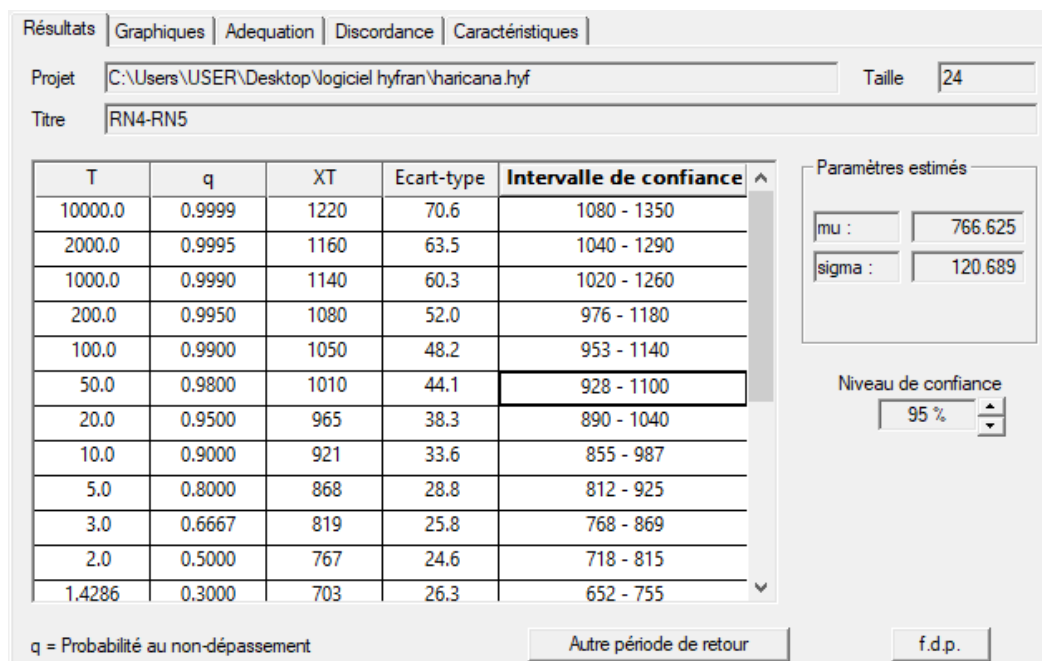
$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^6 \times \left(\frac{2,4448 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0,2} \times \sqrt{\frac{7200}{1200}} \times 1,1 \times 0,815$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 176,4$$

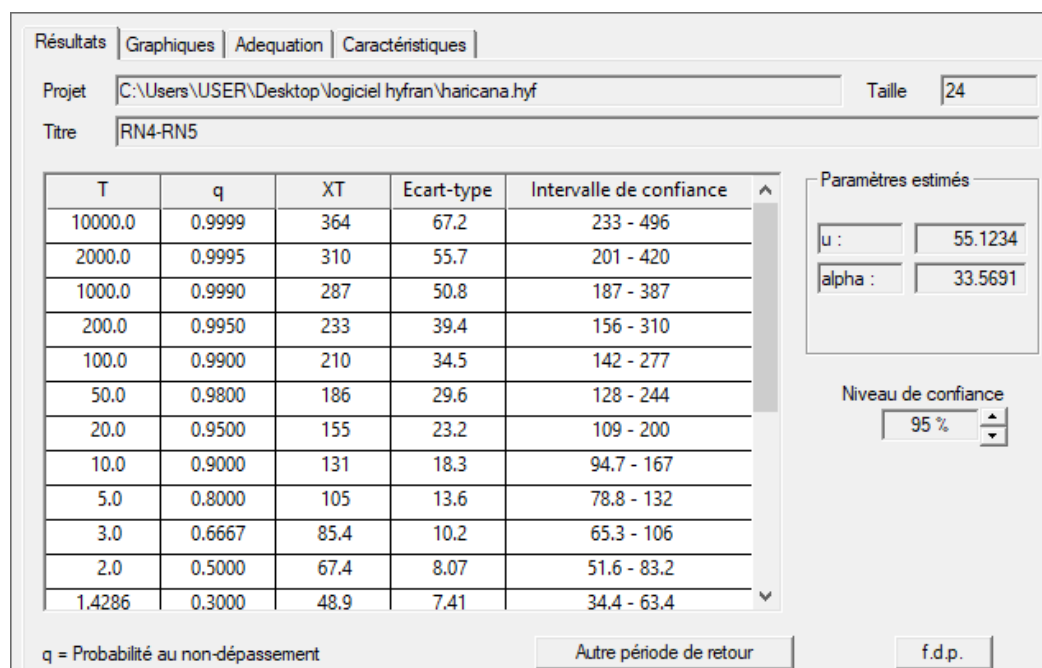
Annexe VI : Données pluviométrique

Station		Année	Pluies total annuelle	Pluies Max journalière
Ouagadougou aéro		1994	727,8	58,2
Ouagadougou aéro		1995	700,2	73,1
Ouagadougou aéro		1996	677,4	70,3
Ouagadougou aéro		1997	587,8	45,2
Ouagadougou aéro		1998	668,3	72,4
Ouagadougou aéro		1999	800,2	66
Ouagadougou aéro		2000	594,1	58,6
Ouagadougou aéro		2001	618,7	49,8
Ouagadougou aéro		2002	656,2	58,1
Ouagadougou aéro		2003	847,7	62,1
Ouagadougou aéro		2004	772	55,1
Ouagadougou aéro		2005	839,9	75,7
Ouagadougou aéro		2006	596,8	51,5
Ouagadougou aéro		2007	713,2	116,7
Ouagadougou aéro		2008	767,4	58,4
Ouagadougou aéro		2009	923,6	261,3
Ouagadougou aéro		2010	839	70,4
Ouagadougou aéro		2011	689,4	43,8
Ouagadougou aéro		2012	1003	67,8
Ouagadougou aéro		2013	795,3	67,3
Ouagadougou aéro		2014	843,9	57,2
Ouagadougou aéro		2015	898,6	67
Ouagadougou aéro		2016	974,1	94,5
Ouagadougou aéro		2017	874,1	96,6

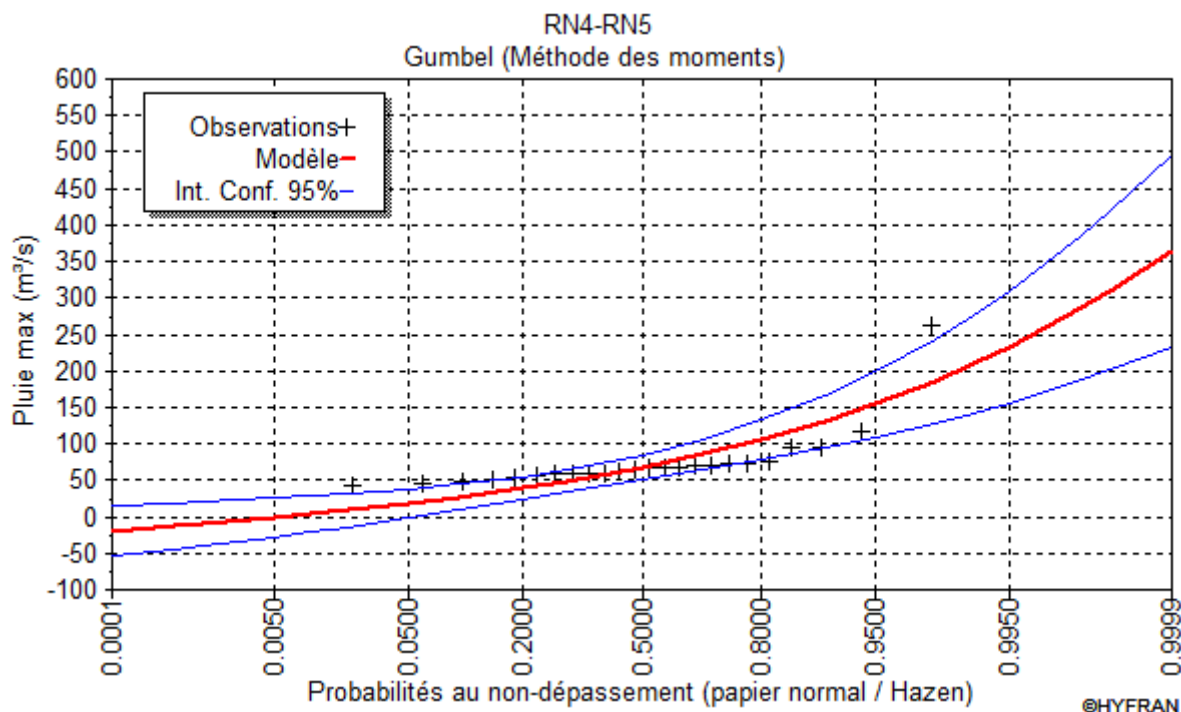
Annexe VII : Ajustement par la loi de GAUSS sur HyfranPlus



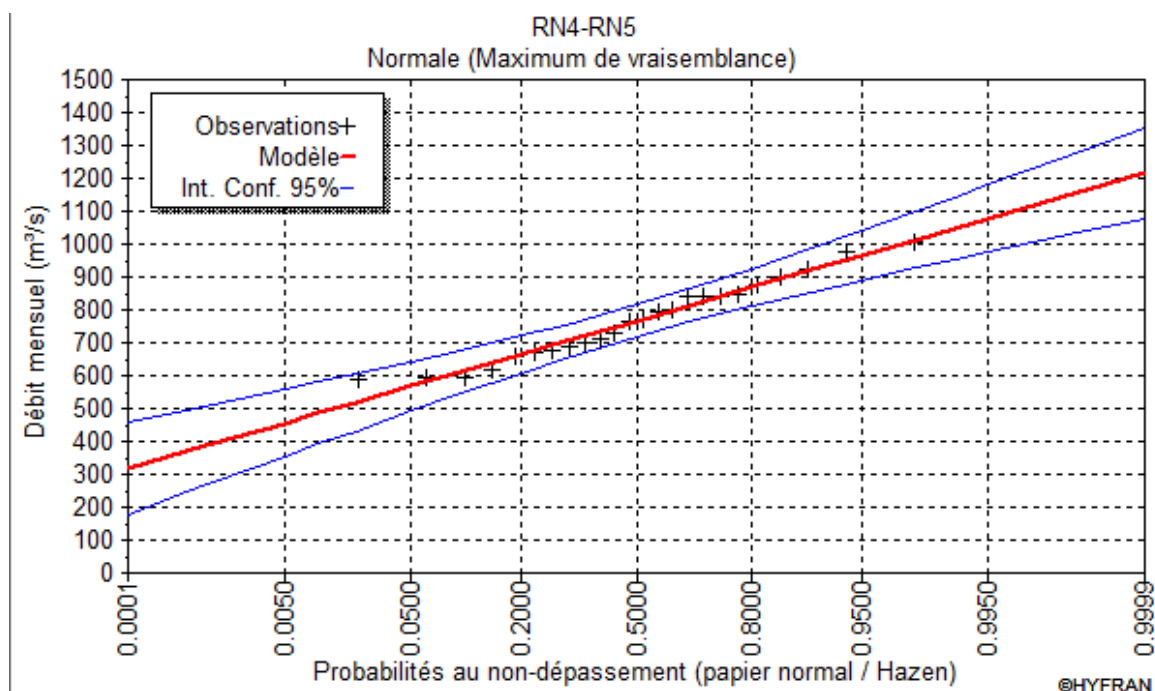
Annexe VIII : Ajustement par la loi de GUMBEL sur HyfranPlus



Annexe IX : Graphique de l'ajustement par la loi de GUMBEL sur HyfranPlus



Annexe X : Graphique de l'ajustement par la loi de GAUSS sur HyfranPlus



Annexe XI : Caractéristiques des bassins versants

Nom	Pente moyenne (m/Km)	KG	Leq (Km)	H5%	H95%	Ig (m/Km)	It	n	Igcorr	Ds	Coefficient d'Abattement
BV1	24,00	1,97	1,34	287,00	280,90	4,56	4,01	2,00	4,56	1,90	1,10
BV2	13,96	1,70	2,10	288,10	281,00	3,38	2,98	2,00	3,38	2,66	1,03
BV3	15,42	1,54	1,51	287,00	279,60	4,90	3,86	2,00	4,90	3,18	1,05
BV4	15,52	2,41	6,55	297,50	284,00	2,06	4,48	3,00	2,87	4,62	0,95
BV5	18,54	1,95	1,70	287,80	281,70	3,58	4,39	2,00	3,58	1,93	1,07
BV6	15,67	2,10	6,83	288,10	281,90	0,91	1,01	3,00	0,91	1,80	0,92
BV7	21,51	1,80	1,46	287,90	281,00	4,71	4,73	2,00	4,71	2,41	1,08
BV8	16,36	1,62	1,67	287,90	281,00	4,13	4,87	2,00	4,13	2,78	1,04
BV9	14,64	1,94	3,87	295,00	283,90	2,87	2,71	2,00	2,87	3,52	0,98
BV10	9,54	2,20	12,23	307,50	286,00	1,76	1,90	3,00	1,76	5,90	0,86
BV11	17,55	1,59	2,91	297,50	284,00	4,64	5,24	2,00	4,64	5,56	0,98
BV12	24,11	1,54	0,87	287,00	280,00	8,05	6,09	2,00	7,07	2,64	1,11
BV13	24,06	2,09	2,86	292,90	280,00	4,50	3,73	2,00	4,50	3,74	1,02
BV14	22,31	1,57	1,29	285,90	277,00	6,92	5,00	2,00	5,96	3,21	1,07
BV15	4,34	1,95	37,85	316,00	284,00	0,85	3,21	4,00	1,44	17,23	0,72
BV16	27,41	1,84	1,40	309,90	301,00	6,38	4,06	2,00	5,22	2,48	1,08
BV17	16,00	1,60	2,29	309,00	301,00	3,49	3,02	2,00	3,49	3,27	1,01
BV18	25,16	1,50	1,06	306,00	297,90	7,64	7,04	2,00	7,64	3,65	1,08
BV19	18,49	1,61	2,00	309,90	299,90	5,01	4,78	2,00	5,01	4,06	1,02
BV20	23,64	1,88	1,15	307,00	300,90	5,29	5,48	2,00	5,29	2,02	1,11
BV21	14,14	1,74	3,69	314,90	301,90	3,52	3,11	2,00	3,52	4,74	0,97
BV22	21,00	1,64	1,32	306,00	299,00	5,29	4,88	2,00	5,29	2,77	1,07
BV23	13,16	1,93	7,36	319,00	301,00	2,44	4,32	3,00	3,07	7,23	0,90
BV24	12,53	1,84	0,43	320,00	295,00	58,14	60,56	2,00	59,35	180,04	0,88
BV25	23,44	1,69	0,90	297,00	292,00	5,57	3,15	2,00	4,36	1,49	1,12
BV26	34,92	1,47	0,87	301,90	292,90	10,40	10,01	2,00	10,40	4,17	1,10
BV27	25,66	1,60	1,62	304,00	294,00	6,16	6,71	2,00	6,16	4,08	1,05
BV28	17,59	1,46	1,95	305,00	294,00	5,65	4,10	2,00	4,88	4,44	1,01
BV29	16,05	1,84	3,67	299,00	287,50	3,14	3,29	2,00	3,14	3,91	0,98
BV30	22,12	1,48	1,09	299,00	291,90	6,50	6,98	2,00	6,50	3,23	1,08
BV31	15,63	1,48	1,26	299,10	292,50	5,26	5,16	2,00	5,26	3,03	1,06
BV32	19,90	1,63	1,39	297,00	290,00	5,04	4,37	2,00	5,04	2,79	1,07
BV33	4,62	2,03	5,75	303,50	295,50	1,39	1,01	3,00	1,39	2,41	0,94
BV34	20,77	1,73	1,83	300,00	291,00	4,91	4,64	2,00	4,91	3,31	1,04
BV35	24,89	1,52	1,27	301,90	291,60	8,08	8,67	2,00	8,08	4,55	1,06

BV36	24,89	1,52	1,27	300,10	289,00	8,71	8,96	2,00	8,71	4,90	1,06
BV37	22,67	1,65	2,58	301,00	286,00	5,81	5,42	2,00	5,81	5,89	1,00
BV38	15,58	1,89	3,51	305,90	294,00	3,39	3,40	2,00	3,39	3,91	0,98
BV39	21,30	2,01	2,16	308,80	299,90	4,12	3,67	2,00	4,12	2,71	1,05
BV40	17,07	1,66	1,67	309,90	302,00	4,74	4,23	2,00	4,74	3,06	1,05
BV41	24,54	1,62	1,11	313,00	305,90	6,38	6,71	2,00	6,38	2,86	1,09
BV42	22,61	1,92	2,07	314,50	305,00	4,60	4,29	2,00	4,60	3,05	1,05
BV43	20,97	1,57	1,82	311,00	300,00	6,03	6,79	2,00	6,03	4,60	1,03

Annexe XII : Détermination des débits méthode rationnelle

Bassins versants	A (km ²)	H (m)	L (m)	Tc (min)	a	B	I (mm/h)	C	Q10
BV1	0,1736	10	491,5	9,98	9,4	0,5	29,70	0,3	0,43
BV2	0,621	11	837,85	17,78	9,4	0,5	39,64	0,3	2,05
BV3	0,4208	10	520,58	10,66	9,4	0,5	30,70	0,3	1,08
BV4	2,595	25	4259	84,43	9,4	0,5	86,37	0,3	18,69
BV5	0,2908	10	503,87	10,27	9,4	0,5	30,13	0,3	0,73
BV6	3,916	31	4830	89,91	9,4	0,5	89,13	0,3	29,11
BV7	0,2615	11	331,83	6,13	9,4	0,5	23,27	0,3	0,51
BV8	0,4522	11	489,24	9,58	9,4	0,5	29,09	0,3	1,10
BV9	1,512	18	2345	48,16	9,4	0,5	65,23	0,3	8,23
BV11	1,432	21	1712	31,63	9,4	0,5	52,87	0,3	6,31
BV12	0,1394	9	247,1	4,71	9,4	0,5	20,40	0,3	0,24
BV13	0,691	20	1509	27,87	9,4	0,5	49,62	0,3	2,86
BV14	0,2893	12	550,28	10,61	9,4	0,5	30,61	0,3	0,74
BV16	0,2249	13	537,24	10,01	9,4	0,5	29,74	0,3	0,56
BV17	0,879	15	1272	25,54	9,4	0,5	47,51	0,3	3,48
BV18	0,2275	12	366,61	6,65	9,4	0,5	24,24	0,3	0,46
BV19	0,658	15	1031	20,06	9,4	0,5	42,10	0,3	2,31
BV20	0,145	9	168,77	3,04	9,4	0,5	16,39	0,3	0,20
BV21	1,805	19	2306	46,28	9,4	0,5	63,95	0,3	9,63
BV22	0,2743	11	180,56	3,04	9,4	0,5	16,40	0,3	0,38
BV25	0,1165	8	87,012	1,48	9,4	0,5	11,45	0,3	0,11
BV26	0,1607	14	284,87	4,69	9,4	0,5	20,36	0,3	0,27
BV27	0,4388	17	599,2	10,25	9,4	0,5	30,09	0,3	1,10
BV28	0,827	16	1362	26,96	9,4	0,5	48,81	0,3	3,37
BV29	1,553	20	1522	28,14	9,4	0,5	49,87	0,3	6,46
BV30	0,2472	11	113,61	1,79	9,4	0,5	12,56	0,3	0,26
BV31	0,3314	9	308,81	6,09	9,4	0,5	23,19	0,3	0,64
BV32	0,3054	11	260,06	4,63	9,4	0,5	20,23	0,3	0,52
BV33	2,992	8	2797	80,26	9,4	0,5	84,21	0,3	21,01
BV34	0,4542	14	1026	20,48	9,4	0,5	42,54	0,3	1,61
BV35	0,3165	14	469,87	8,34	9,4	0,5	27,15	0,3	0,72
BV36	0,3165	14	1511	31,96	9,4	0,5	53,14	0,3	1,40
BV37	1,029	23	1933	35,13	9,4	0,5	55,72	0,3	4,78

BV38	1,335	18	1848	36,62	9,4	0,5	56,88	0,3	6,33
BV39	0,4322	14	1094	22,05	9,4	0,5	44,14	0,3	1,59
BV40	0,4154	11	726,86	15,10	9,4	0,5	36,53	0,3	1,27
BV41	0,201	11	466,9	9,08	9,4	0,5	28,32	0,3	0,47
BV42	0,44	15	698,87	12,83	9,4	0,5	33,67	0,3	1,24
BV43	0,582	16	1217	23,69	9,4	0,5	45,75	0,3	2,22

Annexe XIII : Détermination du débit décennal du bassin BV23 par la méthode ORSTOM

Calcul du débit décennal Q10 par la méthode ORSTOM		
Pluviométrie moyenne et coefficient d'abattement		
Coefficient d'abattement A	$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 \times Pan)}{1000} \times \log S \right]$	0,79
Pluie journalière max pour une période de retour de 10ans P10 (mm)		131,00
Pluie moyenne décennale Pm10 (mm)	$P_{m10} = A \times P_{10}$	103,24
Coefficient de ruissellement Kr10		
Coefficient de ruissellement Kr70 (%)	$K_{r70} = \frac{a}{(S + b)} + c$	20,39
Coefficient de ruissellement Kr100 (%)	$K_{r100} = \frac{a}{(S + b)} + c$	22,83
Coefficient de ruissellement Kr10 (%)		25,34
Temps de base Tb10		
Temps de base Tb10 (min)		1 531,68
Temps de base Tb10 (S)		91 901,05
Temps de montée Tm10		
Temps de montée Tm10 (min)		317,59
Temps de montée Tm10 (s)		19 055,54
Coefficient de pointe		
Coefficient de pointe		2,6
Volume ruisselé et débit		
Volume ruisselé Vr10 (m3)	$V_{r10} = P_{m10} \cdot K_{r10} \cdot S$	1 156 333,65

Débit moyen de crue ruisselé Q_{mr10} (m3/s)	$Q_{mr10} = V_{r10} / T b_{10}$	12,58
Débit maximal de pointe Q_{r10} (m3/s)	$Q_{r10} = \alpha_{10} \times Q_{mr10}$	32,71
Débit de projet décennal Q_{10} (m3/s)	$Q_{ret10} = 0,045 \cdot Q_{r10}$	34,19

Annexe XIV : Détermination du débit décennal du bassin BV10 par la méthode CIEH

Calcul du débit décennal Q10 par la méthode CIEH	
Pluviométrie moyenne annuelle Pan (mm)	766,625
Pluie journalière max pour la période de retour de 10 ans P10 (mm)	131
Superficie (km ²)	11,249
Coefficient de ruissellement Kr10 (%)	19,38
Indice global de pente Ig (m/km)	1,76
Débit Q10 par l'équation N°39	17,69
Débit Q10 par l'équation N°40	14,85
Débit décennale de projet Q10 (m ³ /s)	16,27

Annexe XV: Détermination du débit vingtenal du bassin BV23

Calcul du débit centennale Q100 par la méthode de Gradex	
Débit de projet décennal retenu Q10 (m3/s)	34,19
Coefficient multiplicateur C20	1,73
Débit de projet centennial Q20 (m3/s)	59,09

Annexe XVI : Détermination des sections hydrauliques des dalots

Calcul hydraulique du dalot OH1		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	18,69
Etape N°2	Nombre de cellule N	3
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	6,230912195
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	2
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,576936314
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,1658
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,61
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* * D$	1,22
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,61
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_i^*	0,1276
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite I_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,7
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,004
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,078
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,31
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	2,76
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $3 \times 3 \times 2$		

Calcul hydraulique du dalot OH2		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	29,11
Etape N°2	Nombre de cellule N	4
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	7,277560132
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	2
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,67384816
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,1936
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,74
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* * D$	1,48
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,74
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_i^*	0,1491
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite I_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,8
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,004
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,089
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,32
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	2,90
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $4 \times 3 \times 2$		

Calcul hydraulique du dalot OH3		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau Vmax	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	H<2m
	Dalot en béton, coefficient de rugosité Ks	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m3/s)	8,23
Etape N°2	Nombre de cellule N	2
Etape N°3	Débit par cellule q (m3/s) Q/N	4,112864379
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	2
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D \cdot V_{max}))$	0,380820776
Etape N°6		2
Etape N°7	Calcul du débit critique Q*	0,1641
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,6
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H1 = H^* \cdot D$	1,2
Etape N°11	Condition de Hauteur $H1/D < 1,25$	0,6
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Qi*	0,2321
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite Ic* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,9
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,005
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Qv*	0,136
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,35
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	2,64
La section du dalot n x B x D sera 2 x 2 x 2		

Calcul hydraulique du dalot OH4		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau Vmax	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	H<2m
	Dalot en béton, coefficient de rugosité Ks	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m3/s)	46,83
Etape N°2	Nombre de cellule N	5
Etape N°3	Débit par cellule q (m3/s) Q/N	9,366648769
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	3
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D \cdot V_{max}))$	0,578188196
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q*	0,1357
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,59
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H1 = H^* \cdot D$	1,77
Etape N°11	Condition de Hauteur $H1/D < 1,25$	0,59
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Qi*	0,1918
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite Ic* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,8
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,004
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Qv*	0,115
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,35
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	3,18
La section du dalot n x B x D sera 5 x 3 x 3		

Calcul hydraulique du dalot OH5		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau Vmax	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	H<2m
	Dalot en béton, coefficient de rugosité Ks	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m3/s)	6,31
Etape N°2	Nombre de cellule N	1
Etape N°3	Débit par cellule q (m3/s) Q/N	6,313617198
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	2
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,584594185
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q*	0,1680
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,61
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont H1=H* *D	1,22
Etape N°11	Condition de Hauteur H1/D < 1,25	0,61
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Qi*	0,1293
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite Ic* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,7
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,004
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Qv*	0,079
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,32
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max}=4m/s$	2,85
La section du dalot n x B x D sera 1 x 3 x 2		

Calcul hydraulique du dalot OH6		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	9,63
Etape N°2	Nombre de cellule N	2
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	4,81304983
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	2
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,445652762
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,1281
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,59
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* * D$	1,18
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,59
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_i^*	0,0986
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite l_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,6
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,004
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,061
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,28
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	2,45
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $2 \times 3 \times 2$		

Calcul hydraulique du dalot OH7		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	59,09
Etape N°2	Nombre de cellule N	5
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	11,81707063
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	3
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,729448804
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,1711
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,65
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* * D$	1,95
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,65
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_i^*	0,2420
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite I_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	3
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,005
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,140
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,38
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	3,57
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $5 \times 3 \times 3$		

Calcul hydraulique du dalot OH8		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	77,01
Etape N°2	Nombre de cellule N	5
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	15,402
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	3
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D \cdot V_{max}))$	0,950740741
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,2231
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,8
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* \cdot D$	2,4
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,8
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_i^*	0,3155
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite I_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	3,5
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,005
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,169
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,48
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 3m/s$	4,87
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $5 \times 3 \times 3$		

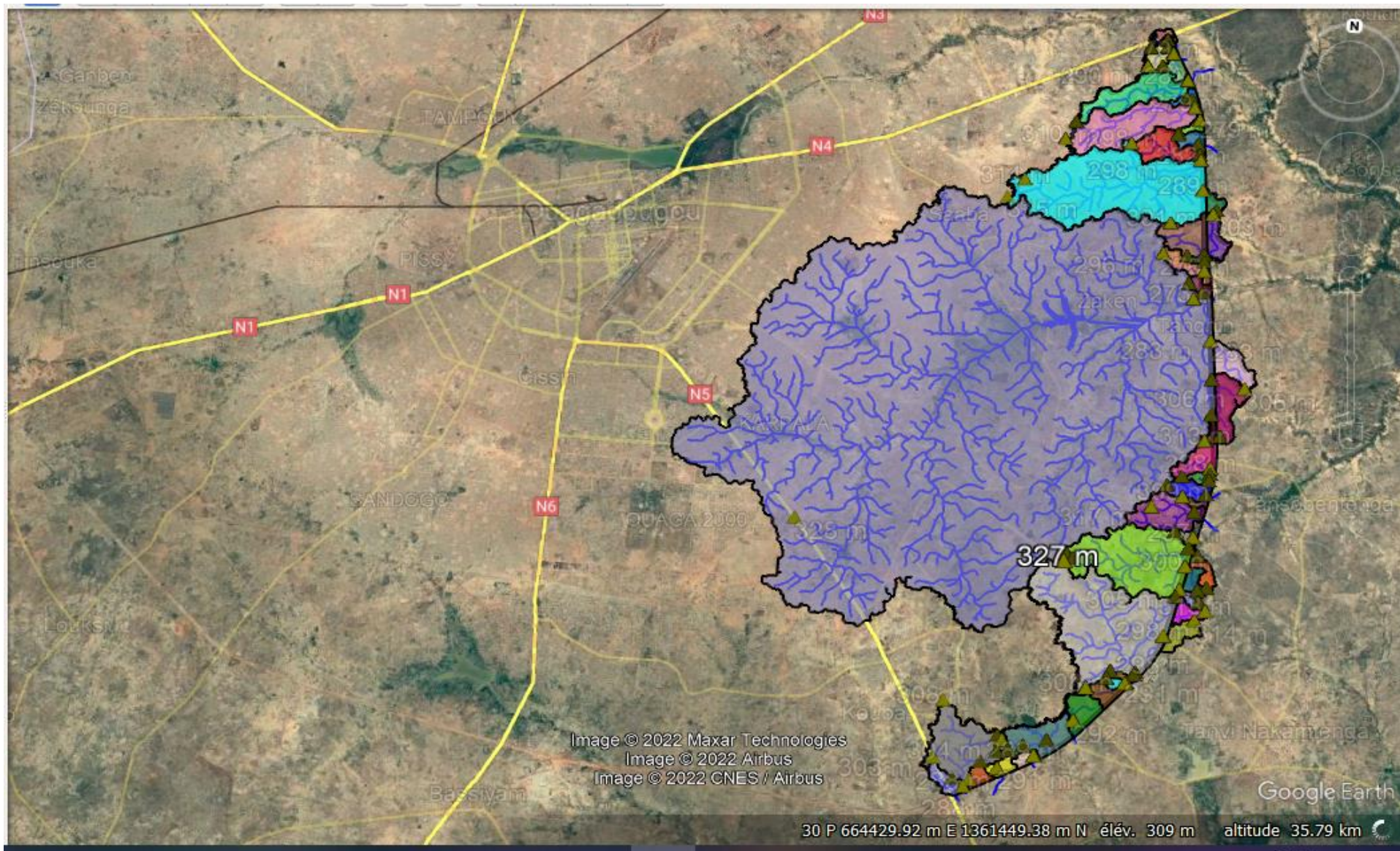
Calcul hydraulique du dalot OH9		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	6,46
Etape N°2	Nombre de cellule N	1
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	6,458868077
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	2
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,59804334
Etape N°6		2,5
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,2062
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,72
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* * D$	1,44
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,72
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_i^*	0,2087
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite I_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,8
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,005
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,125
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,3
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	2,49
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $1 \times 2,5 \times 2$		

Calcul hydraulique du dalot OH10		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	21,01
Etape N°2	Nombre de cellule N	2
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	10,50714914
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	3
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,648589453
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,1522
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,65
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* * D$	1,95
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,65
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_i^*	0,2152
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite I_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,9
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,004
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,126
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,3
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	2,77
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $2 \times 3 \times 3$		

Calcul hydraulique du dalot OH11		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	4,78
Etape N°2	Nombre de cellule N	1
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	4,781483202
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	2
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,442729926
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,1272
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,58
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* * D$	1,16
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,58
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_i^*	0,0979
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite I_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,6
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,004
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,061
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,28
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	2,45
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $1 \times 3 \times 2$		

Calcul hydraulique du dalot OH12		
Hypothèse de calcul des dalots	Vitesse maximale de l'écoulement de l'eau V_{max}	4
	Dalot fonctionnant en sortie libre et sortie libre	SL
	Hauteur de remblai inférieure à 2m	$H < 2m$
	Dalot en béton, coefficient de rugosité K_s	67
Etape N°1	Débit total du dalot Q (m ³ /s)	6,33
Etape N°2	Nombre de cellule N	1
Etape N°3	Débit par cellule q (m ³ /s) Q/N	6,3323135
Etape N°4	Hauteur du Dalot D (m)	2
Etape N°5	Détermination de la largeur B qui vérifie la condition $B > (q / (D * V_{max}))$	0,58641031
Etape N°6		3
Etape N°7	Calcul du débit critique Q^*	0,1685
Etape N°8	Lecture de la hauteur réduite H^* sur l'abaque de la figure 77 du BCEOM	0,61
Etape N°9		
Etape N°10	Hauteur d'eau en amont $H_1 = H^* * D$	1,22
Etape N°11	Condition de Hauteur $H_1/D < 1,25$	0,61
Etape N°12	Calcul de la variable additionnelle Q_j^*	0,1297
Etape N°13	Lecture de la pente critique réduite I_c^* sur l'abaque de la figure 82 du BCEOM	2,7
Etape N°14		
Etape N°15	Calcul de la pente critique (m/m)	0,004
Etape N°16	Calcul de la variable additionnelle Q_v^*	0,079
Etape N°17	Lecture de la Vitesse réduite V^* (m/s) sur l'abaque de la figure 84 du BCEOM	0,3
Etape N°18		
Etape N°19	Calcul de la vitesse dans l'ouvrage V qui doit respecter la condition $V < V_{max} = 4m/s$	2,67
La section du dalot $n \times B \times D$ sera $1 \times 3 \times 2$		

Annexe XVII : Carte de localisation des bassins versants



ZONGO Pegdwende Cephas Thierry GC-BTP / 2022-2023

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

Annexe XVIII : Dimensionnement structural du dalot OH8

Comme indiqué dans le chapitre III, nous proposons la note de calcul du dalot OH8 de section 5X3X3, destiné à assurer la continuité des écoulements des eaux du bassin BV23. Il est le plus grand ouvrage sur notre tronçon.

➤ Hypothèses de calculs

- Documents

-Le BAEL 91 modifié 99

-Le Fascicule n°64 (Titre II) pour les charges d'exploitation

-Le guide de conception des ponts-cadre et portiques

- Béton

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

Résistance du béton à la traction : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \cdot f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$

Contrainte de calcul $\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$

- Acier

Nuance d'acier HA Fe : 400 MPa

Contrainte limite de l'acier $\bar{\sigma}_s = 201,63 \text{ MPa}$

- Remblai et revêtement

Poids spécifique du remblai $\gamma_{d1} = 20 \text{ KN/m}^3$

Poids spécifique du revêtement $\gamma_{d2} = 25 \text{ KN/m}^3$

Coefficient de poussé des terres $Ka = 0.333$

Surcharge sur le remblai : $q = 10 \text{ KN/m}^3$

➤ Pré dimensionnement du dalot

- La classe de pond

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

La largeur roulable de notre route étant de $L_r = 14 \text{ m}$, nous avons un pont de classe I.

- Epaisseur du dalot

L'épaisseur du dalot est environ $e1 = l / 15$ où l est la plus grande dimension de la cellule hydraulique. A cette condition, s'ajoute la condition de remblai selon laquelle :

$$H < 2m; e2 \approx l/10 - 5cm$$

$$2m \leq H < 4m; e2 \approx l/10$$

$$4m \leq H < 8m; e2 \approx l/10 + 5cm$$

L'épaisseur retenue sera le max des deux : $e = \max(e1; e2)$

N° d'ouvrage	Section de l'ouvrage	Plus grande largeur de la cellule (m)	Hauteur du remblai	$e1$ (cm)	$e2$ (cm)	e (cm)
	5×3×3	3	2 < H < 4 m	20	30	30

➤ Détermination des charges permanentes

Dans cette partie, il s'agit d'évaluer les charges permanentes exercées sur le tablier, les piédroits et le radier.

-Charge permanente sur le tablier (G_{Tablier})

$$G_{\text{Tablier}} = (\gamma_{\text{béton}} * e) + Pp_{\text{Revêtement}} + Pp_{\text{couche de base}}$$

-Charge permanente sur le radier (G_{radier})

$$G_{\text{radier}} = Pp_{\text{piédroits}} + Pp_{\text{radier}} + G_{\text{Tablier}}$$

$Pp_{\text{piédroits}}$: Poids propre des piédroits

-Poussées des terres latérales sur les piédroits ($G_{\text{piédroits}}$)

$$G_{\text{piédroits}} = Gh + Gb$$

Gh : Poussée latérale au niveau de la traverse (Haut)

Gb : Poussée latérale au niveau de la traverse (bas)

Charges permanentes	Application littérales	Application numériques	Valeurs obtenues KN/m ²
Tablier	$Pp_{\text{Tablier}} = \gamma_{\text{béton}} * e$	$Pp_{\text{Tablier}} = 25 * 0,3$	7,5
	$Pp_{\text{Revêtement}} = \gamma_{d2} * e_{\text{Revêt}}$	$Pp_{\text{Revêtement}} = 25 * 0,05$	1,25

	$Pp_{\text{Couche de base}} = \gamma_{d2} * e_{\text{base}}$	$Pp_{\text{Couche de base}} = 25 * 0,2$	5
	$G_{\text{Tablier}} = 13,75 \text{ KN/m}^2$		
Radier	$Pp_{\text{Piédroits}} = n * \frac{\gamma_{\text{béton}} * e * h}{L_{\text{hydro}}}$	$Pp_{\text{Piédroits}} = 6 * 25 * 0,3 * 3,5 * 3$	9
	$Pp_{\text{Radier}} = \gamma_{\text{béton}} * e$	$Pp_{\text{Radier}} = 25 * 0,3$	7,5
	G_{Tablier}		13,75
	$G_{\text{Radier}} = 30,25 \text{ KN/m}^2$		
Poussées latérales sur les piédroits	$G_h = ka * \gamma_{d1} * [e_{\text{base}} + e]$	$G_h = 0,33 * 20 * (0,2 + 0,3)$	3,3
	$G_b = ka * \gamma_{d1} * [e_{\text{base}} + e + h]$	$G_b = 0,33 * 20 * (0,2 + 0,3 + 3)$	23,1
	$G_{\text{Terre}} = 26,4 \text{ KN/m}^2$		

➤ Détermination des surcharges routières

• Système A

Le système A se compose d'une charge uniformément répartie dont l'intensité dépend de la longueur chargée L exprimé en mètre.

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

A(L) est ensuite multipliée par un coefficient a_1 déterminer à l'aide du tableau ci-dessous.

Tableau : Valeurs du coefficient 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			

Ensuite on calcul de $q(L)$ par l'expression :

$$q(L) = \max\{a_1 * A[L] ; 4 - 0,002 * L_{ch}\}$$

La valeur de la surcharge A est donnée par la relation :

$$A = \gamma_q * a_2 * q[L]$$

Ou $\gamma_q = 1,2$ a l'ELS et $1,61$ a l'ELU

a_2 est un coefficient obtenu à partir de la relation $a_2 = \frac{V_0}{V}$

V étant la largeur d'une voie obtenue par la relation $V = \frac{L_r}{3}$

V_0 est fonction de la classe du pont

Classe du pont	V_0
I	3,5m
II	3,0m
III	2,75m

Système A		
L_r	14,00 m	
$A(L)$	16,15 KN/m ²	
a_1	0,75	
$q(L)$	12,11 KN/m ²	
a_2	3,5	
V_0	0,75	
V	4,67	
Q_A	ELS	10,90 KN/m ²
	ELU	14,62 KN/m ²

- Système B

Les surcharges sont définies par :

$$Q = \gamma Q \times \delta \times b \times B$$

b est le coefficient de pondération qui dépend du sous-système

B est la charge des tandems qui dépend du sous-système

δ : Coefficient de majoration dynamique

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

L : Max(L_r ; portée de la travée)

G : Poids total d'une section de couverture de longueur L et de toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposants sur elle

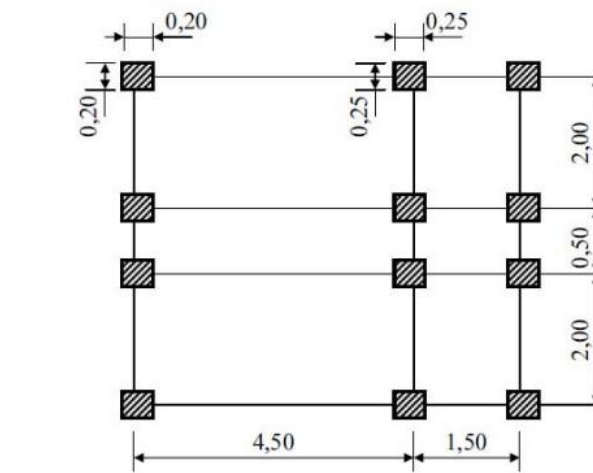
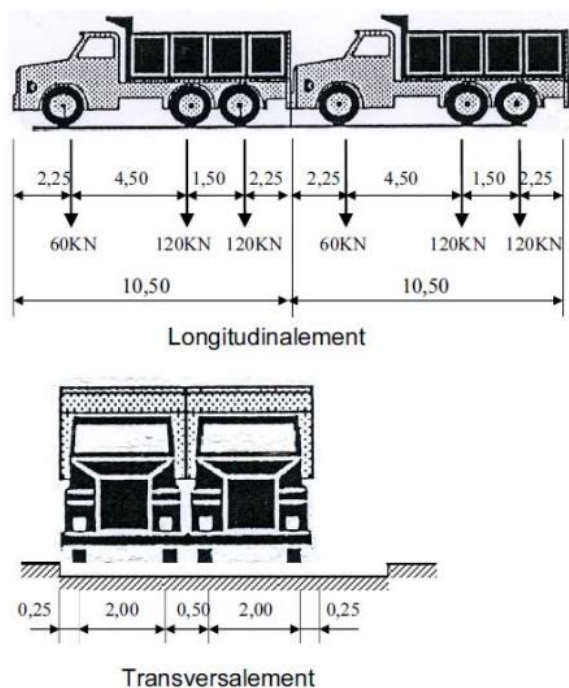
S : Poids total maximale des essieux (Bc ou Bt) qu'il est possible de placer suivant la longueur L

On prendra $\delta = \max(\delta Bc; \delta Bt)$ pour toutes les charges du système B

-Sous système Bc

Le sous système Bc se compose de camions de poids individuel égal à 300 kN (30 t). On dispose autant de files de deux camions au maximum que de voies de circulation. Il est affecté d'un coefficient de pondération bc (dégressivité transversale) (Tableau ci-dessous).

Classe du pont	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	5
I	1,2	1,1	0,95	0,80	0,70
II	1	1	-	-	-
III	0,9	0,8			



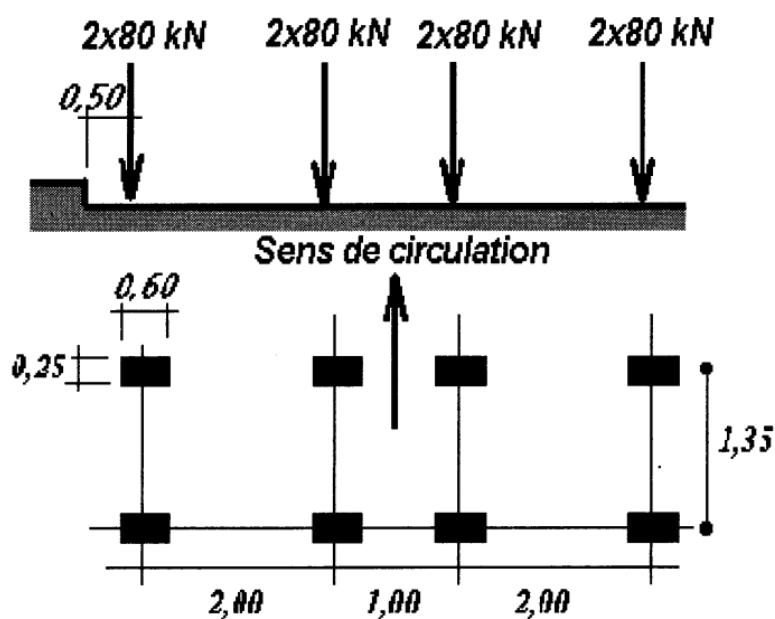
-Sous système Bt

Le système se compose de deux tandems à deux essieux de quatre roues chacune, le poids de chaque essieu étant de 160 kN :

-Il ne s'applique qu'aux ponts de première et deuxième classe ;

-Le nombre de camions est limité à deux dans le sens transversal ;

-Il est affecté d'un coefficient de pondération bt égal à 1 pour les ponts de première classe et de 0.9 pour ceux de seconde classe.



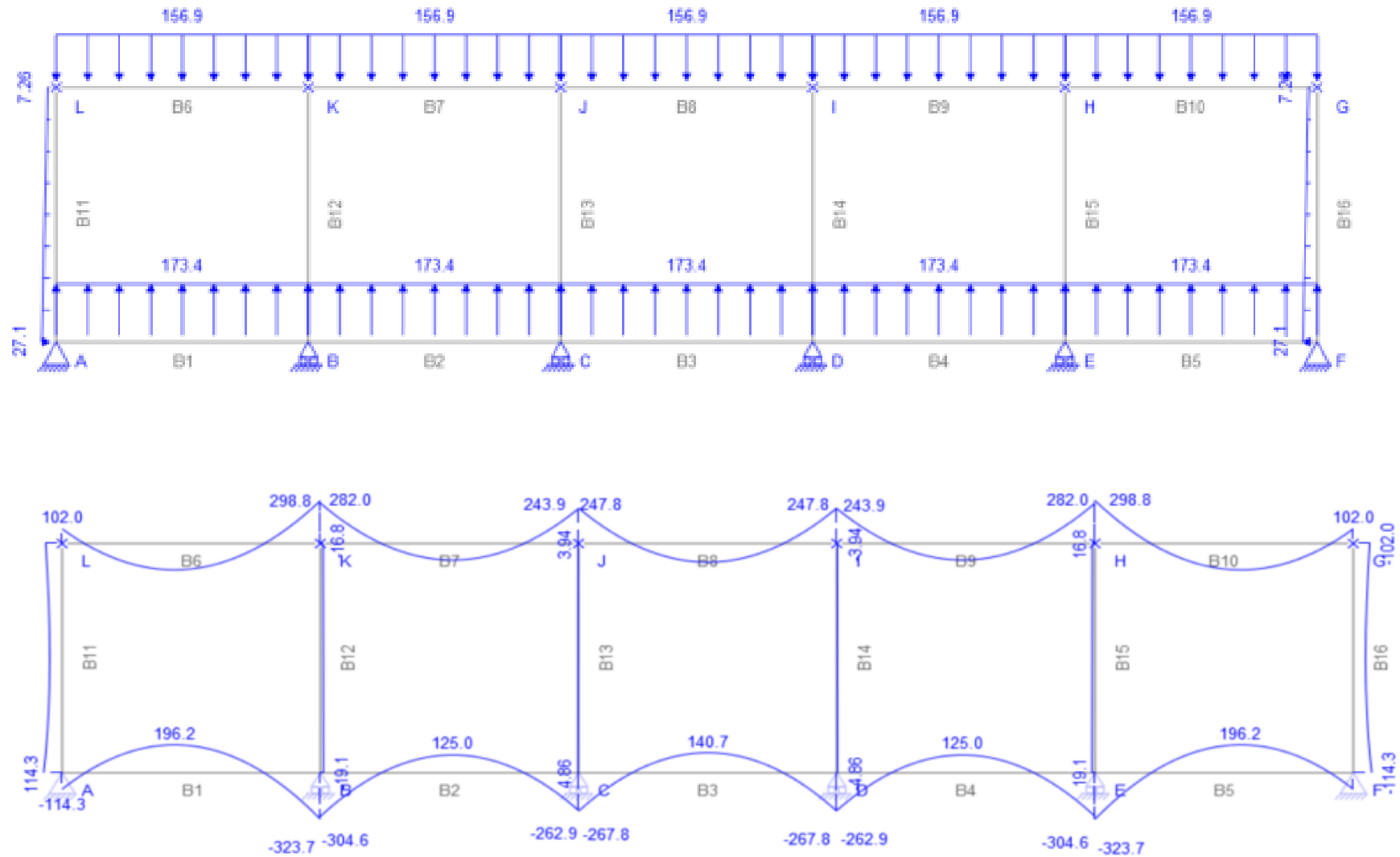
Coefficient de majoration dynamique	L	14,00 m			
	G	535,50 KN			
	Sbc	960,00 KN	δ_{bc}	1,29	$\delta=1,29$
	Sbt	640,00 KN	δ_{bt}	1,24	
Sous-système Bc	Lx	1,75 m	Qbc	ELS	143,13 KN/m ²
	Ly	4,75 m			
	Bc	115,48		ELU	192,03 KN/m ²
	Bc	0,8			
Sous-système Bt	Lx	1,60 m	Qbt	ELS	110,65 KN/m ²
	Ly	5,60 m			
	Bc	71,43 KN/m ²		ELU	148,46 KN/m ²
	bc	1			
Charges d'exploitations QB retenues					
ELS	143,13 KN/m ²				

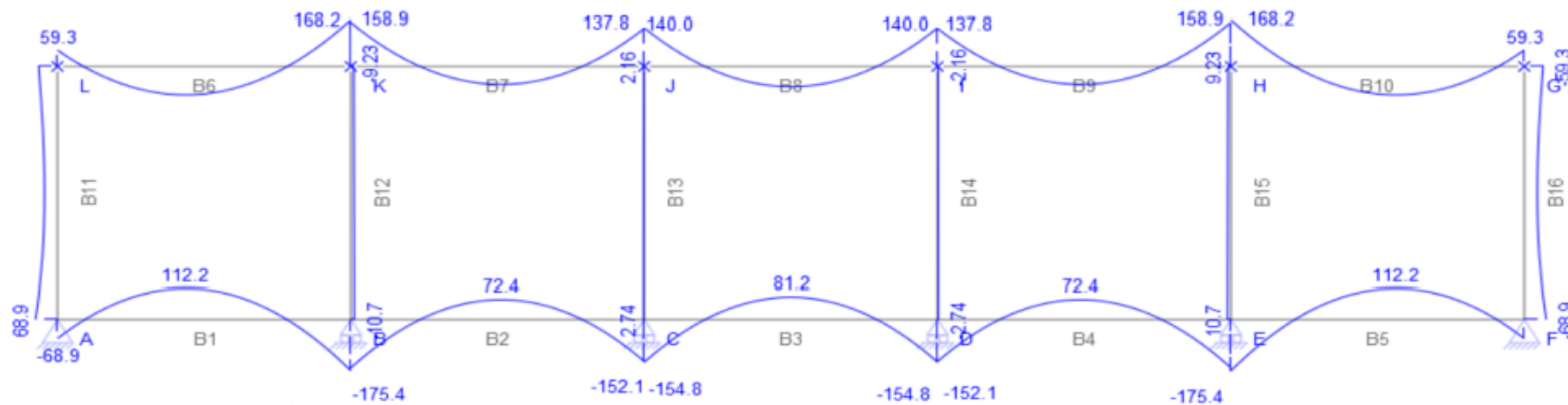
ELU	192,03 KN/m ²

Eléments	Combinaison de charges		Valeurs obtenues [kN/m ²]
Tablier	$P_{\text{tablier}} (ELS) = G_{\text{tablier}} + Q_{ELS}$		156,88
	$P_{\text{tablier}} (ELU) = 1.35 * G_{\text{tablier}} + Q_{ELU}$		277,80
Radier	$P_{\text{radier}} (ELS) = G_{\text{radier}} + Q_{ELS}$		173,38
	$P_{\text{radier}} (ELU) = 1.35 * G_{\text{radier}} + Q_{ELU}$		300,08
Piédroit	Traverse (Haut)	$P_h (ELS) = G_h + \gamma_Q * K_a * q$	7,26
		$P_h (ELU) = 1.35 * G_h + \gamma_Q * K_a * q$	9,768
	Radier (Bas)	$P_b (ELS) = G_b + \gamma_Q * K_a * q$	27,06
		$P_b (ELU) = 1.35 * G_b + \gamma_Q * K_a * q$	36,50

➤ Détermination des moments et efforts normaux

La détermination de ses variantes a été faite à partir du logiciel de RDM Pybar





Partie de l'ouvrage	Sollicitation KN.m; KN		ELS	ELU
RADIER	Moment sur appui	$M_A = M_F$	68,9	114,3
		$M_B = M_E$	186,1	327,7
		$M_C = M_D$	154,8	267,8
	Moment en travée	$M_{AB} = M_{EF}$	112,2	196,2
		$M_{BC} = M_{DE}$	72,4	125,0
		M_{CD}	81,2	140,7
TABLIER	Moment sur appui	$M_G = M_L$	59,3	102,0
		$M_H = M_K$	168,8	298,8
		$M_I = M_J$	140,0	247,8
	Moment en travée	$M_{LK} = M_{GH}$	103,3	184,2
		$M_{KJ} = M_{HI}$	65,3	115,4
		M_{IJ}	73,6	130,3
PIEDROIT	Effort en A, F, G et L	$N_A = N_F = N_G = N_L$	225,9	398,7
	Effort en B, K, E et H	$N_B = N_K = N_E = N_H$	557,1	987,9
	Effort en C, J, D et I	$N_C = N_J = N_D = N_I$	511,3	905,2

➤ Détermination des armatures du dalot

Le calcul se fait à l'état limite de service car la fissuration est jugée préjudiciable.

❖ Armature du tablier

Considérons les données de bases suivantes :

$b=1\text{m}$; $h=0,3\text{m}$; $d=0,9h=27\text{ cm}$; $c = 3\text{ cm}$

Sur appui $M_G = M_L$

Moment à l'ELS $M_{ser} = 59,3 \text{ kN.m}$ et l'effort $N_{ser} = 225,9 \text{ KN}$

On a $e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{59,3}{225,9} = 0,26 \text{ m}$ et $\frac{h}{4} = \frac{0,3}{4} = 0,075 \text{ m}$

Nous avons $e > \frac{h}{4}$ donc la section est partiellement comprimée.

Moment $M_{rser} = \frac{b \cdot d^2}{2} * \bar{\sigma}_{bc} * \bar{\alpha}_{ser} * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$

$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$

$$\bar{\sigma}_{st} = \varepsilon = \min \left[\frac{2}{3} f_e; \max \left(\frac{1}{2} f_e; 110 \sqrt{n f_{t28}} \right) \right] = \min [266,67; \max (200; 201,63)]$$

$$= 201,63 \text{ MPa}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n * \bar{\sigma}_{bc}}{n * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 * 15}{15 * 15 + 201,63} = 0,527$$

$$M_{rser} = \frac{1 * 0,27^2}{2} * 15 * 0,527 * \left(1 - \frac{0,527}{3}\right)$$

$$M_{rser} = 237,52 \text{ KN.m}$$

On a $M_{ser} < M_{rser}$ On en déduit que le béton seul suffit pour reprendre les sollicitations donc

$A_{sc} = 0$

La section d'acier $A_{sf} = \frac{M_{ser}}{\bar{\sigma}_{st} * \bar{Z}_{ser}}$

$$\bar{Z}_{ser} = d \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) = 0,27 \left(1 - \frac{0,527}{3}\right)$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0,223$$

$$A_{sf} = \frac{59,3}{0,223 * 201,63} = 13,19 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_s = A_{sf} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_s = 18,06 - \left(\frac{67,5}{201,63}\right) * 10$$

$$A_s = 14,71 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 0,23 * b * \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 * 1 * 0,27 * \frac{2,1}{400} * 10^4$$

$$A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Section retenue : $A = \max(A_s; A_{min}) = 14,71 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Choix des aciers : 5HA20 équivalent à $15,71 \text{ cm}^2/\text{ml}$.

Paramètres	Appuis			Travée		
	$M_G = M_L$	$M_H = M_K$	$M_I = M_J$	$M_{LK} = M_{GH}$	$M_{KJ} = M_{IH}$	M_{IJ}
$M_{ser}(kN.m)$	59,3	168,8	140	103,3	65,3	73,6
$N_{ser}(kN)$	225,9	557,1	511,3	20	20,4	20,2
$\bar{\sigma}_{st}(MPa)$	201,63	201,63	201,63	201,63	201,63	201,63
$M_{rser}(kN.m)$	237,52	237,52	237,52	237,52	237,52	237,52
Condition	$M_{ser} < M_{rser}$ donc $A_{sc} = 0$			$M_{ser} < M_{rser}$ donc $A_{sc} = 0$		
$\bar{Z}_{ser}$	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223
$A_{sf}(cm^2/ml)$	13,19	37,54	31,14	22,97	14,52	16,37
$A_s(cm^2/ml)$	1,98	9,91	5,78	21,98	13,51	15,37
$A_{min}(cm^2/ml)$	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26
$A(cm^2/ml)$	3,26	9,91	5,78	21,98	13,51	15,37
Choix des aciers	6HA10	10HA12	6HA12	9HA14 + 9HA12	12HA14	14HA14

Nous allons disposer sur tous les travées et appuis du tablier les sections d'acier HA14 et compléter par d'autre section plus petite si elle est insuffisante à certaine zone.

Armature du radier

Considérons les données de bases suivantes :

$b=1 \text{ m}$; $h=0,3\text{m}$; $d = 0,9h = 27 \text{ cm}$; $c = 3 \text{ cm}$

Par analogie, le calcul des armatures du radier se fait de la même façon que ceux du tablier car en flexion composé avec section partiellement comprimée.

Tableau récapitulatif de la détermination des sections d'acier du radier

Paramètres	Appuis			Travée		
	$M_A = M_F$	$M_B = M_E$	$M_C = M_D$	$M_{AB} = M_{EF}$	$M_{BC} = M_{DE}$	M_{CD}
$M_{ser}(kN.m)$	68,9	186,1	154,8	112,2	72,4	81,2
$N_{ser}(kN)$	225,9	557,1	511,3	0	0	0
$\bar{\sigma}_{st}(MPa)$	201,63	201,63	201,63	201,63	201,63	201,63
$M_{rser}(kN.m)$	237,52	237,52	237,52	237,52	237,52	237,52

Condition	$M_{ser} < M_{rser}$ donc $A_{sc} = 0$			$M_{ser} < M_{rser}$ donc $A_{sc} = 0$		
$\bar{Z}_{ser}$	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223
$A_{sf}(cm^2/ml)$	15,32	41,39	34,43	24,95	16,10	18,06
$A_s(cm^2/ml)$	4,12	13,76	9,07	24,95	16,10	18,06
$A_{min}(cm^2/ml)$	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26
$A(cm^2/ml)$	4,12	13,76	9,07	24,95	16,10	18,06
Choix des aciers	4HA12	9HA14	6HA14	9HA16 + 9HA10	9HA16	9HA16

Nous allons disposer sur tous les travées et appuis du tablier les sections d'acier HA16 et compléter par d'autre section plus petite si elle est insuffisante à certaine zone.

✚ Armature des piédroits

➤ Piédroits de rive

Les calculs sont faits en considérant le piédroit comme un poteau de section 100cm x 30cm en compression composé.

Donnée : $l_o=3$, $b=1m$; $h=0,3m$; $e=3cm$; $d=0,9h=27cm$

	M (KN/m)	N (KN)
ELU	114,3	398,7
ELS	68,9	225,9

Calculons e

$$e = e_1 + e_a + e_2$$

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{114,3}{398,7} = 0,27m$$

$$e_a = \max\left(2cm ; \frac{l_o}{250}\right) = \max\left(2cm ; \frac{300}{250}\right) = 2cm$$

$$e_2 = \frac{3 * l_f^2}{10000h} (2 + \alpha \phi)$$

$$\alpha = 10 \left(1 - \frac{M_u}{1,5M_{ser}}\right) = 10 \left(1 - \frac{114,3}{1,5 * 68,9}\right) = 1,06$$

$$e_2 = \frac{3 * 2,1^2}{10000 * 0,3} (2 + 2 * 1,06) = 0,018m = 1,8cm$$

$$e = 0,27 + 0,02 + 0,018 = 0,308 m$$

Sollicitation corrigée pour le calcul en composée

$$M_{uco} = N_u * e = 0,308 * 398,7 = 118,03 \text{KN.m/ml}$$

Calcul de M_{uf}

$$M_{uf} = N_u * e_A$$

$$e_A = e + (d - 0,5h) = 0,42 + \left(0,27 - \frac{0,3}{2}\right) = 0,54$$

$$M_{uf} = 398,7 * 0,54 = 122,80 \text{KM.m/ml}$$

Calcul de μ_u

$$\mu_u = \frac{M_{uf}}{b_0 * d^2 * f_{bu}}$$

$$f_{bu} = \frac{0,85 * f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,85 * 25}{1,5} = 14,17 \text{MPa}$$

$$\mu_u = \frac{0,13916}{1 * 0,27^2 * 14,17} = 0,135$$

Moment de référence :

$$\mu_l = \frac{0,8h}{d} \left(1 - \frac{0,4h}{d}\right) = \frac{0,8 * 0,3}{0,27} * \left(1 - 0,4 * \frac{0,3}{0,27}\right) = 0,494$$

$\mu_u < \mu_l$ Section partiellement tendue

Calcul à l'ELS

$$e_{oser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{68,3}{225,9} = 0,30$$

$$e_A = e_{oser} + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 0,30 + \left(0,27 - \frac{0,3}{2}\right) = 0,42$$

$$M_{serA} = N_{ser} * e_A = 225,9 * 0,42 = 94,88 \text{KM.m/ml}$$

Calcul des aciers en flexion simple

$$\text{Moment réduit limite : } 10^4 * \mu_{lu} = 3440 * \theta * \gamma_M + 49 * \frac{f_{bu}}{\theta}$$

$$\gamma_M = \frac{M_u}{M_{serA}} = \frac{114,3}{94,88} = 1,205$$

$$10^4 * \mu_{lu} = 3440 * 1 * 1,205 + 49 * \frac{14,17}{1}$$

$$\mu_{lu} = 0,484$$

On a $\mu_u < \mu_{lu}$ pas d'acier comprimés.

Paramètres de déformation

$$\alpha_u = 1,25 * \left(1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_u}\right) = 1,25 * \left(1 - \sqrt{1 - 2 * 0,135}\right) = 0,182$$

Bras de levier $Z_u = d(1 - 0.4 * \alpha_u) = 0.27 * (1 - 0.4 * 0.182) = 0.250 \text{ m}$

$\sigma_{st} = 347,83 \text{ MPa}$ pour les HAfeE400

$$A = \frac{M_u}{Z_u * \sigma_{st}} = \frac{0,1143}{0,250 * 347,83} = 13,14 \text{ cm}^2$$

Section théorique d'acier

$$A_u = A - \frac{N_u}{\sigma_s} = 12,55 - \frac{0,3987 * 10}{347,83} = 13,12 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = A * \frac{f_{t28}}{f_e} * b_o * d = 0.23 * \frac{2.1}{400} * 1 * 0.27$$

$$A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2$$

Section d'acier retenue $A_u = 13,12 \text{ cm}^2$

Choix des aciers : 9HA14 équivalent à $13,85 \text{ cm}^2$.

Armatures transversales : $\frac{1}{3} \phi l \leq \phi t \leq \phi l$ ainsi $4.67 \leq \phi t \leq 14$ Nous prendrons des HA8

Espacement des cadres : $st \leq \min(40\text{cm}; h + 10; 15\phi l) = 21 \text{ cm}$. Nous prendrons $St = 20 \text{ cm}$.

➤ Piédroits intermédiaires

Les calculs sont faits en considérant le piédroit comme un poteau de section 100cm x 30cm en compression simple.

Donnée : $l_o=3$, $b=1\text{m}$; $h=0,3\text{m}$; $e=3\text{cm}$; $d=0,9h=27\text{cm}$

- Piédroits intermédiaire BK et EH

Effort sollicitant le piédroit : $N_u = 987,9 \text{ KN/ml}$

Section réduite $Br=(h-2c) * (b-2c) = (30-2*3) * (100-2*3) = 2256 \text{ cm}^2 = 0.2256 \text{ m}^2$

Longueur de flambement (piédroit bi encastéré) $l_f = 0.5 * l_o = 0.5 * 3 = 1.5 \text{ m}$

Elancement : $\lambda = \frac{l_f}{i}$ avec $i = \frac{h}{\sqrt{12}}$

$$\lambda = \sqrt{12} \frac{l_f}{h} = \sqrt{12} * \frac{1,5}{0,3} = 17,32$$

On a $0 < \lambda < 50$ donc $\alpha = \frac{0.85}{1+0.2\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$

$$\alpha = \frac{0.85}{1+0.2\left(\frac{17.32}{35}\right)^2} = 0.81$$

En considérant que plus de la moitié des charges sont appliquée avant 90 jours, on a :

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1.1} = 0.736$$

Calcul de la section d'acier comprimé :

$$A_{sc} = \left(\frac{N_u}{\alpha'} - \frac{B_r * f_{c28}}{0.9\gamma_b} \right) \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$$A_{sc} = \left(\frac{0.9879}{0.736} - \frac{0.2256 * 25}{0.9 * 1.5} \right) * \frac{1.15}{400} * 10^4$$

$A_{sc} = -81.52 < 0$ donc on prend la section minimale.

Calcul de la section d'acier minimal :

$$A_{min} = \max \left(4u; \frac{0.2 * B}{100} \right)$$

Le périmètre de la section $u = 2(b + h) = 2(1 + 0.3) = 2.6 \text{ m}$

La section du béton $B = b * h = 100 * 30 = 3000 \text{ cm}^2$

$$A_{min} = \max \left(4 * 2.6; \frac{0.2 * 3000}{100} \right) = \max(10.4; 6)$$

$$A_{min} = 10.4 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des aciers : 7HA14 équivalent à 10,78 cm²/ml.

Armatures transversales : $\frac{1}{3} \phi l \leq \phi t \leq \phi l$ ainsi $4.67 \leq \phi t \leq 14$ Nous prendrons des
HA8

Espacement des cadres : $st \leq \min(40\text{cm}; h + 10; 15\phi l) = 21 \text{ cm}$. Nous prendrons **St = 20 cm**.

- Piédroits intermédiaire CJ et DI

Effort sollicitant le piédroit : $N_u = 905.2 \text{ KN/ml}$

Section réduite $Br = (h-2c) * (b-2c) = (30-2*3) * (100-2*3) = 2256 \text{ cm}^2 = 0.2256 \text{ m}^2$

Longueur de flambement (piédroit bi encastéré) $l_f = 0.5 * l_o = 0.5 * 3 = 1.5 \text{ m}$

Elancement : $\lambda = \frac{l_f}{i}$ avec $i = \frac{h}{\sqrt{12}}$

$$\lambda = \sqrt{12} \frac{l_f}{h} = \sqrt{12} * \frac{1,5}{0,3} = 17,32$$

On a $0 < \lambda < 50$ donc $\alpha = \frac{0,85}{1+0,2\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$

$$\alpha = \frac{0,85}{1+0,2\left(\frac{17,32}{35}\right)^2} = 0,81$$

En considérant que plus de la moitié des charges sont appliquée avant 90 jours, on a :

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1,1} = 0,736$$

Calcul de la section d'acier comprimé :

$$A_{sc} = \left(\frac{N_u}{\alpha'} - \frac{B_r * f_{c28}}{0,9\gamma_b} \right) \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$$A_{sc} = \left(\frac{0,9052}{0,736} - \frac{0,2256 * 25}{0,9 * 1,5} \right) * \frac{1,15}{400} * 10^4$$

$A_{sc} = -84,75 < 0$ donc on prend la section minimale.

Calcul de la section d'acier minimal :

$$A_{min} = \max \left(4u; \frac{0,2 * B}{100} \right)$$

Le périmètre de la section $u = 2(b + h) = 2(1 + 0,3) = 2,6 \text{ m}$

La section du béton $B = b * h = 100 * 30 = 3000 \text{ cm}^2$

$$A_{min} = \max \left(4 * 2,6; \frac{0,2 * 3000}{100} \right) = \max(10,4; 6)$$

$$A_{min} = 10,4 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des aciers : 7HA14 équivalent à 10,78 cm²/ml.

Armatures transversales : $\frac{1}{3}\phi l \leq \phi t \leq \phi l$ ainsi $4,67 \leq \phi t \leq 14$ Nous prendrons des HA8

Espacement des cadres : $st \leq \min(40\text{cm}; h + 10; 15\phi l) = 21 \text{ cm}$. Nous prendrons St = 20 cm.

Armatures des murs en ailes

➤ Calcul des sollicitations

Contrainte dû à la poussée des terres :

Pour Z= 3,3 m :	$0,33 * 20 * 3,3 = 21,78 \text{ KN/m}^2$
-----------------	--

Pour $Z = H/3 = 1,1 \text{ m}$:	$0,33 \cdot 20 \cdot 1,1 = 7,26 \text{ KN/m}^2$
Pour $Z = H/2 = 1,65 \text{ m}$:	$0,33 \cdot 20 \cdot 1,65 = 10,89 \text{ KN/m}^2$
Pour $Z = 2H/3 = 2,2 \text{ m}$:	$0,33 \cdot 20 \cdot 2,2 = 14,52 \text{ KN/m}^2$

Evaluation des charges sur le mur en aile

Section	S1 (h=3,3m) voile encastré dans la semelle	S4 (h=2,2) au 2/3 de la hauteur du voile	S5 (h=1,65) à 1/2 de la hauteur du voile	S6 (h=1,1) à 1/3 de la hauteur du voile
N (KN/ml)	24,75	16,50	12,38	8,25
V (KN/ml)	35,94	15,97	8,98	3,99
Mg (KN.m/ml)	39,53	11,71	4,94	1,46
Vq (KN/ml)	10,89	7,26	5,45	3,63
Mq (KN.m/ml)	17,97	7,99	4,49	2,00
Moment de service	57,50	19,70	9,43	3,46

Le moment dans la section critique S1 est déterminant pour le calcul des armatures verticales du voile du remblai car cette section sera utilisée afin d'harmoniser les armatures du voile.

➤ **Acier sur le côté remblayé du mur :**

Moment à l'ELS : $M_{ser} = 57.50 \text{ KN.m}$

$$\text{Moment } M_{rser} = \frac{b \cdot d^2}{2} * \bar{\sigma}_{bc} * \bar{\alpha}_{ser} * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$$

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \varepsilon = \min \left[\frac{2}{3} f_e; \max \left(\frac{1}{2} f_e; 110 \sqrt{n f_{t28}} \right) \right] = \min [266,67 ; \max (200 ; 201,63)]$$

$$= 201,63 \text{ MPa}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n * \bar{\sigma}_{bc}}{n * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 * 15}{15 * 15 + 201,63} = 0,527$$

$$M_{rser} = \frac{1 * 0,27^2}{2} * 15 * 0,527 * \left(1 - \frac{0,527}{3}\right)$$

$$M_{rser} = 237,52 \text{ KN.m}$$

On a $M_{ser} < M_{rser}$ On en déduit que le béton seul suffit pour reprendre les sollicitations donc

$$A_{sc} = 0$$

$$\text{La section d'acier } A_{sf} = \frac{M_{ser}}{\bar{\sigma}_{st} * \bar{z}_{ser}}$$

$$\bar{z}_{ser} = d \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) = 0,27 \left(1 - \frac{0,527}{3}\right)$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0,223$$

$$A_{sf} = \frac{57,50}{0,223 * 201,63} = 12,79 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_s = A_{sf} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_s = 12,79 - \left(\frac{24,75}{201,63} \right) * 10$$

$$A_s = 12,67 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 0,23 * b * \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 * 1 * 0,27 * \frac{2,1}{400} * 10^4$$

$$A_{min} = 3,26 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\text{Section retenue : } A = \max(A_s ; A_{min}) = 12,67 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des aciers : 9HA14 équivalent à 13,85 cm².

$$\text{Acier de répartition : } A_r = 0,1 \times e_1 = 0,1 \times 30 = 3 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des aciers : 5HA10 équivalent à 3,93 cm²/ml espacé de 20cm

➤ **Acier complémentaire sur la face avant du mur**

Les armatures sur ce coté du mur sont forfaitaire. Nous avons ainsi :

$$\text{Armatures vertical } A_v = 0,1 \times e_1 = 0,1 \times 30 = 3 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des aciers : 5HA10 équivalent à 3,93 cm²/ml espacé de 20 cm

$$\text{Armatures horizontales } A_H = 0,075 \times e_1 = 0,075 \times 30 = 2,25 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des aciers : 5HA8 équivalent à 2,51 cm²/ml espacé de 20 cm

➤ **Vérification à l'effort tranchant au niveau de la section S1 :**

Il s'agit de vérifier s'il y a lieu d'utiliser des armatures transversales pour reprendre l'effort tranchant.

$$\text{Condition de vérification : } \frac{V_u}{b_0 d} \leq \frac{0,07 * d * f_{c28}}{\gamma_b}$$

$$V_u = 1,35 * 35,94 + 1,5 * 10,89 = 64,85 \text{ KN/ml}$$

$$\frac{64,85}{1 * 0,27} \leq \frac{0,07 * 0,27 * 25 * 10^3}{1,5} \text{ soit } 240,2 \leq 315$$

La condition est **vérifiée**. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser les armatures transversales dues à l'effort tranchant.

 Récapitulatif de la détermination des sections d'acier du dalot

DESIGNATION			Choix des aciers
RADIER	Appuis	A et F	4HA12
		B et E	9HA14
		C et D	6HA14
	Travée	AB et EF	9HA16 + 9HA10
		BC et DE	9HA16
		CD	9HA16
TABLIER	Appuis	G et L	6HA10
		H et K	10HA12
		I et J	6HA12
	Travée	LK et HG	9HA14 + 9HA12
		KJ et IH	12HA14
		JI	14HA14
PIEDROIT	Piédroits de rive	AL et FG	9HA14
	Piédroits intermédiaire	BK et EH	7HA14
		CJ et DI	7HA14
MUR EN AILE	Voile		9HA14

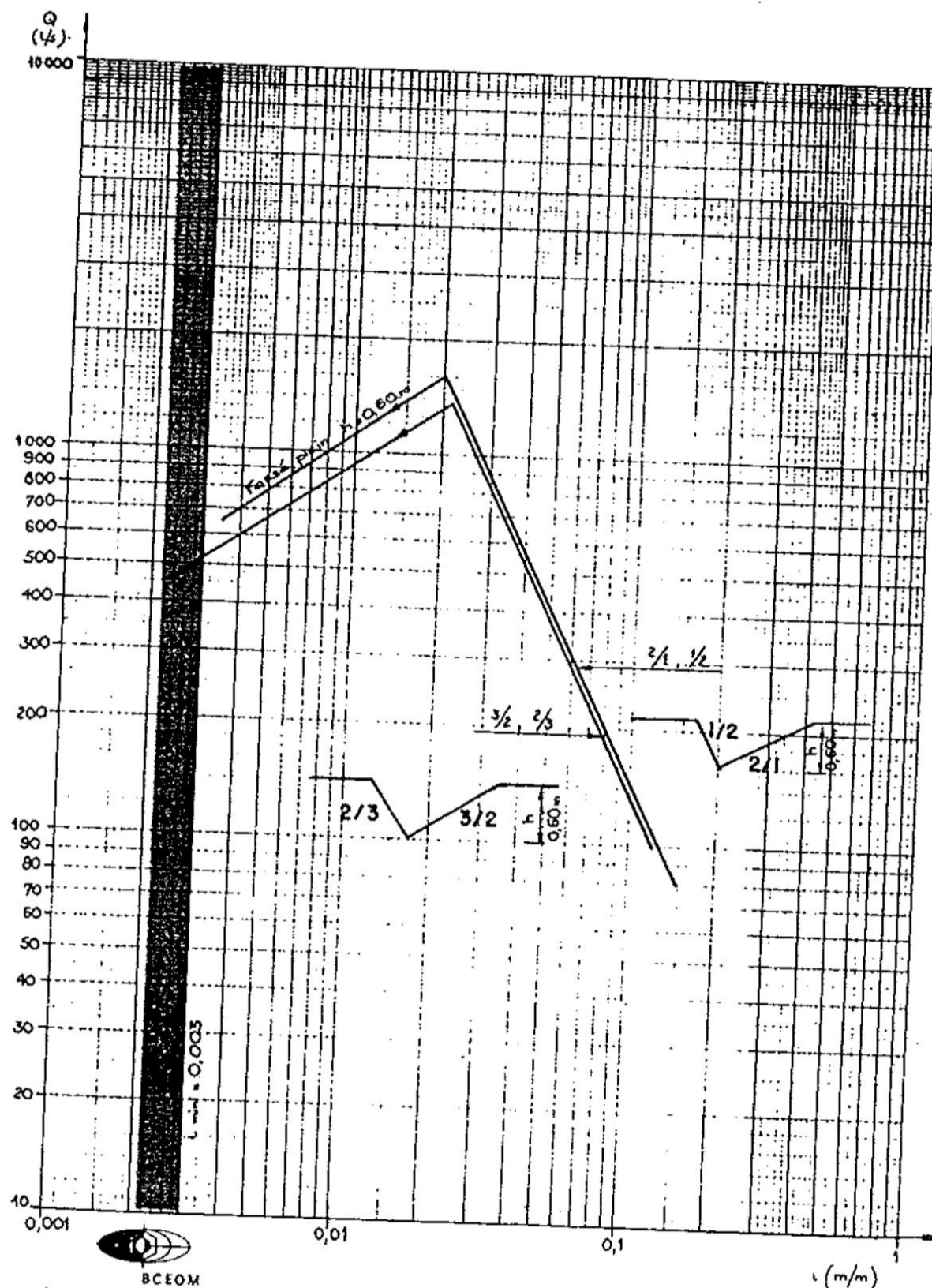
Annexe XIX : Devis quantitatif et estimatif

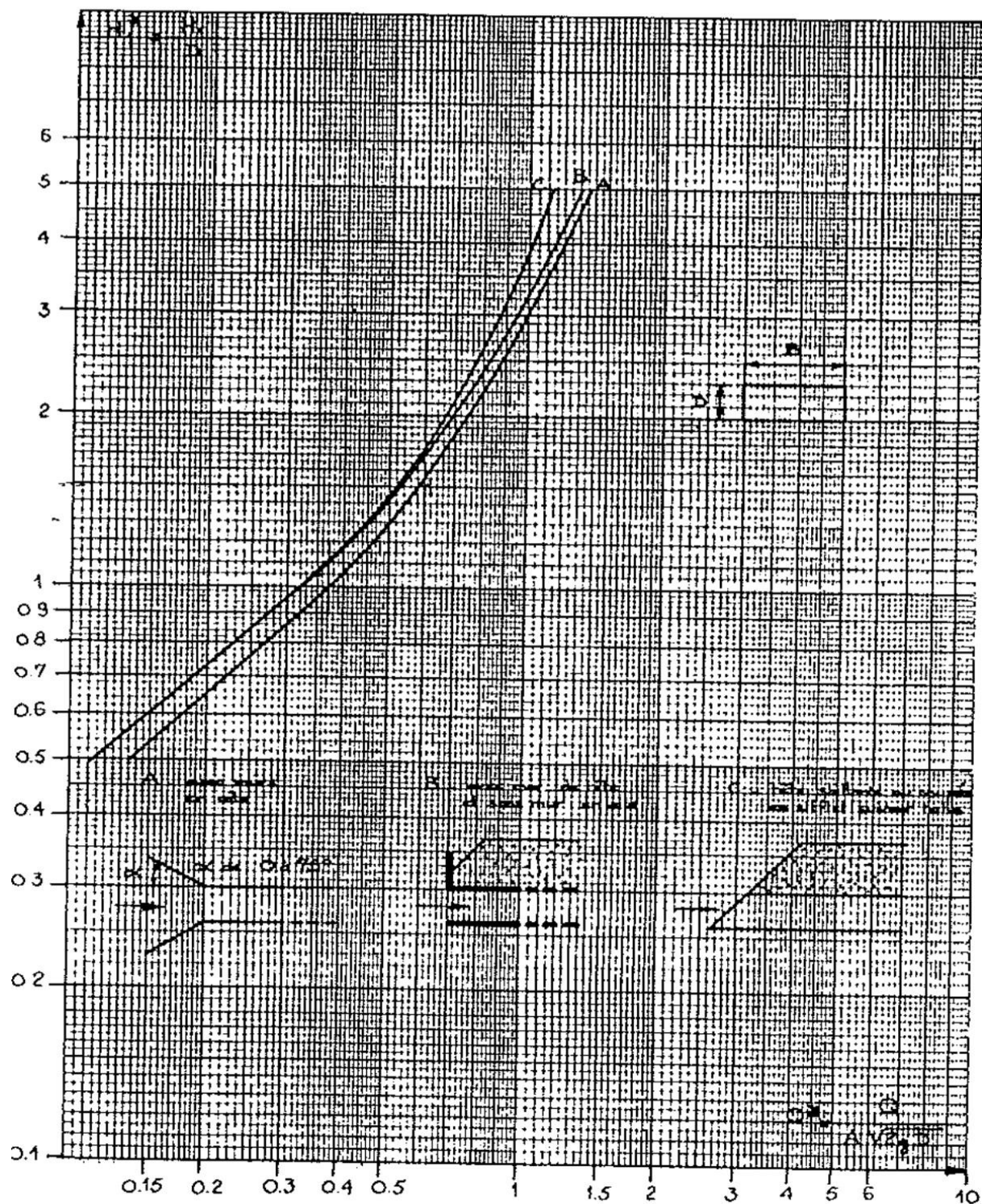
N° prix	Désignation	U	Qté	Prix U	Prix total (FCFA)
Poste 1 : INSTALLATION GENERALE DU CHANTIER					
1.1	Amenée et repli du matériel y compris montage et démontage	ff	1	500 000 000	500 000 000
1.2	Etablissement du Plan d'assurance qualité	ff	1	10 000 000	10 000 000
1.3	Prestation du LNBTP	ff	1	3 000 000	3 000 000
1.4	Établissement du Plan de Gestion Environnemental et Social	ff	1	100 000 000	100 000 000
1.5	Installation de la Centrale de Concassage	ff	1	15 000 000	15 000 000
1.6	Études d'exécution	ff	1	10 000 000	10 000 000
1.7	Installation de centrale de concassage y compris un pont bascule	ff	1	75 000 000	75 000 000
1.8	Installation du chantier	ff	1	50 000 000	50 000 000
1.9	Installation centrale à béton	ff	1	60 000 000	60 000 000
1.10	Installation centrale d'enrobage	ff	1	100 000 000	100 000 000
Sous-total Série Poste 1					923 000 000
Poste 2 : TRAVAUX PREPARATOIRES					
2.1	Décapage de la terre végétale	m2	1 756 647	6 600	790 491 150
2.2	Démolition d'ouvrages existants en maçonnerie	m3	32	28 000	96 000
Sous-total Série Poste 2					790 587 150
Poste 3 : TERRASSEMENTS					
3.1	Remblai	m3	250 070	6 160	1 250 350 000
3.2	Déblai	m3	127 442	4 250	541 628 500
3.3	Mise en forme, réglage et compactage de plate-forme	m2	406 980	344	140 001 120
3.5	Remblai de terre végétale pour terre-plein central	m3	67 830	550	37 306 500

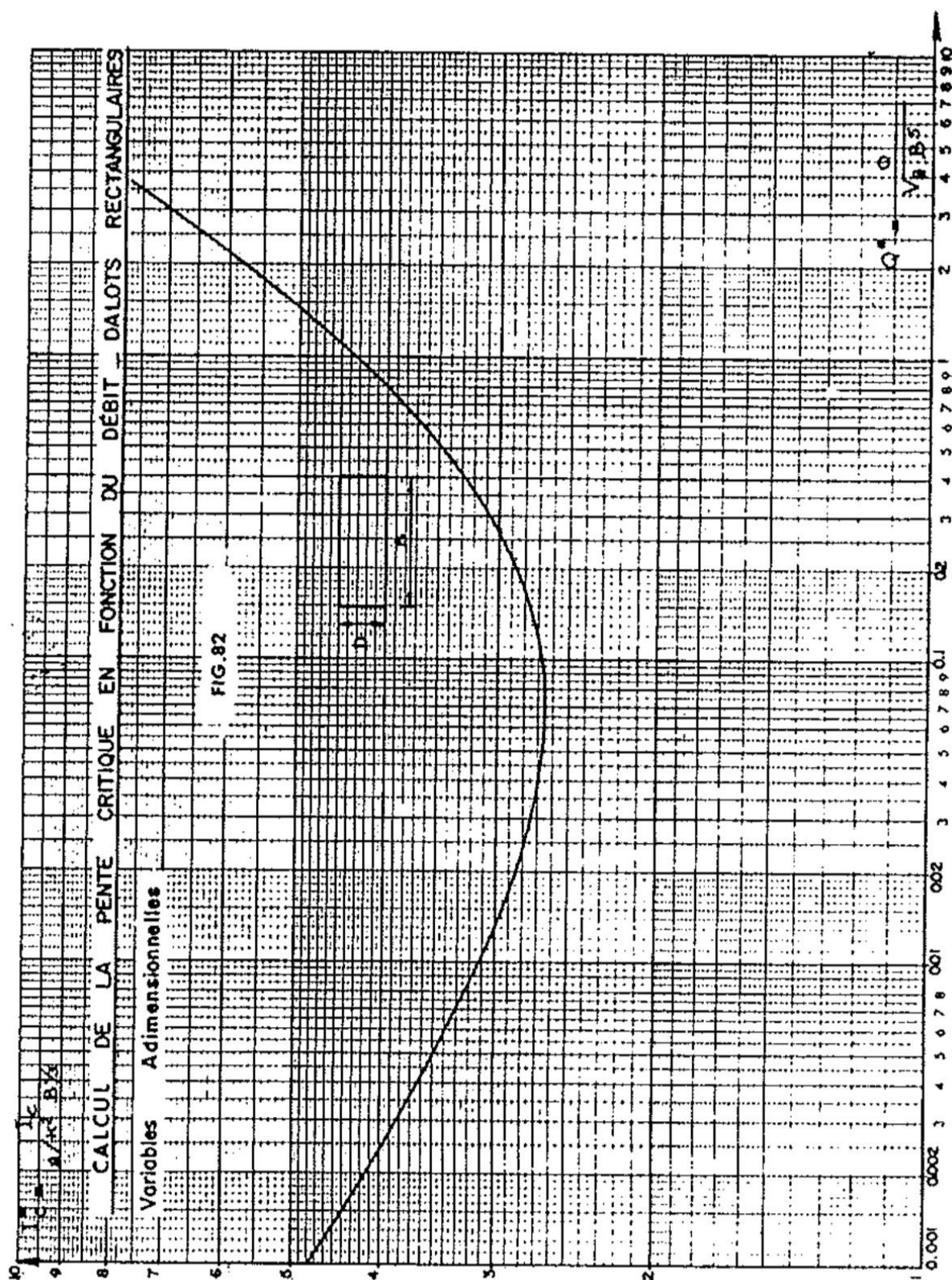
3.6	Purge de mauvais sol	m3	25 442	12 000	305 304 600
Sous-total Poste 3					2 274 590 720
Poste 4 : CHAUSSEE					
4.1	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritique pour la couche de fondation	m3	150 701	37 000	5 575 937 000
4.2	Fourniture et mise en œuvre de la latérite amélioré au concassé pour couche de base	m3	120 432	36 200	4 359 649 260
4.4	Fourniture et mise en œuvre de béton bitumineux	m3	49 540	250 000	12 385 000 000
4.6	Fourniture et pose de bordure T2	ml	28 000	21 300	596 400 000
4.7	Marquage au sol	m2	25	30 000	750 000
Sous-totale Poste 4					22 917 736 260
Poste 5 : ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE					
5.1	Exécution de fossé triangulaires	m	28 000	27 400	767 200 000
5.2	Fossés revêtus en maçonnerie de moellons	m2	3 000	16 500	49 500 000
Sous-total Poste 5					816 700 000
Poste 6 : OUVRAGES HYDRAULIQUE					
6.1	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3 sous semelle	m3	241	75 000	18 075 000
6.2	Béton dosé à 350 kg/m3	m3	2 115	212 000	448 380 000
6.3	Acier HA pour béton	kg	455 045	1 200	546 054 000
6.4	Déblai pour fouille	m2	6 034	4 200	25 342 800
Sous-total Poste 6					1 037 851 800
Poste 7 : SIGNALISATION					
7.1	Fourniture et pose de glissière de sécurité	Ml	4 000	46 200	184 800 000
7.2	Fourniture et pose de bornes kilométrique	unité	28	64 000	1 792 000
7.3	Fourniture et pose de panneaux de sécurité	unité	45	112 000	5 040 000
7.4	Peinture pour ligne	Ml	40 000	2 500	100 000 000
Sous-total Poste 7					291 632 000
Poste 8 : IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL					
8.1	Plantation des arbres	unité	400	4 200	1 680 000
8.2	Indemnisation des titres fonciers	Ff	ff	100 000 000	100 000 000
8.3	Remise en état des zones d'emprunt pour remblai	Ha	4	1 000 000 000	4 000 000 000

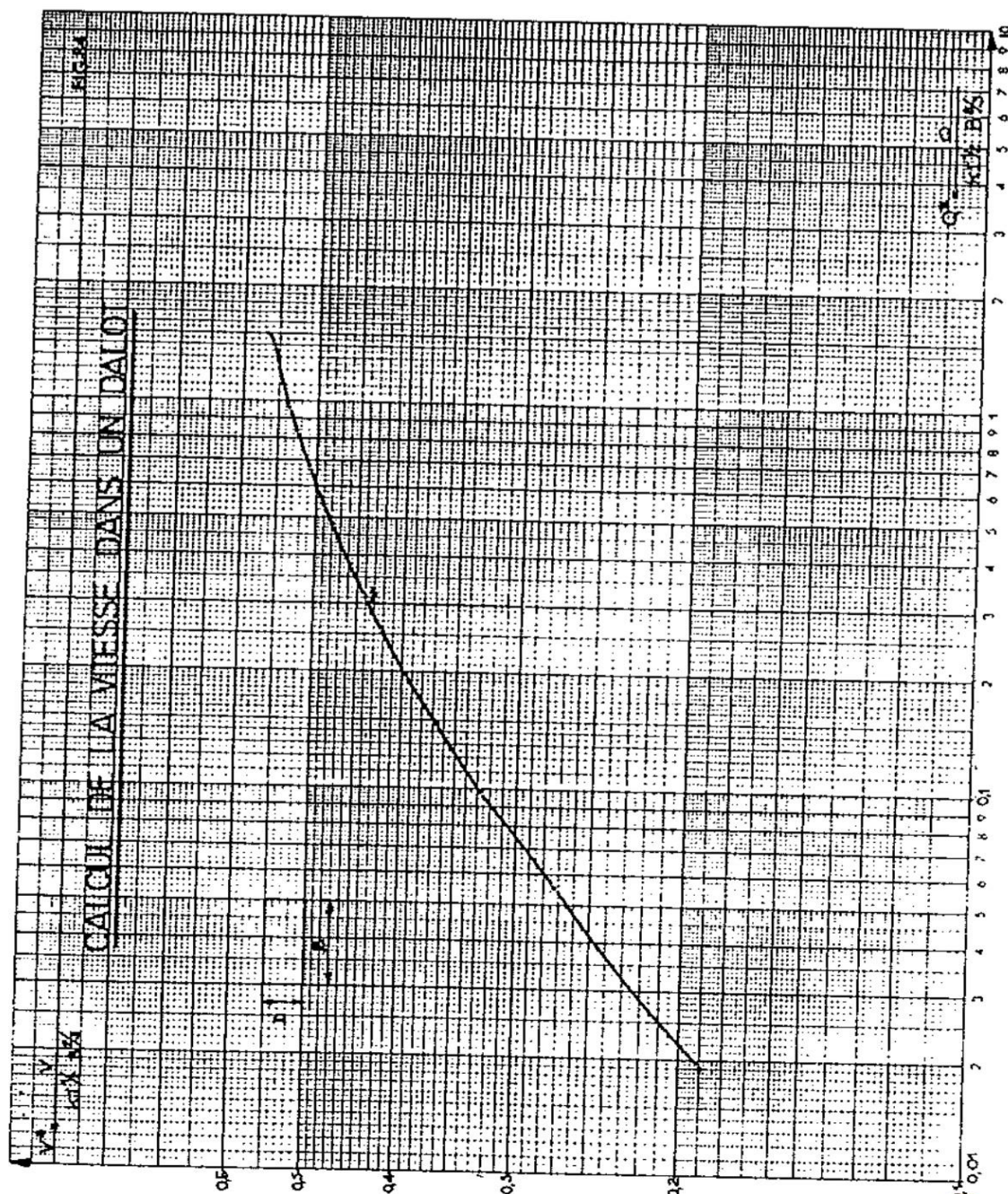
8.4	PGES	Ff	1	100 000 000	100 000 000
8.5	Sensibilisation sur les IST, VIH, SIDA, L'hygiène et la sécurité routière	Forfait	Ff	nd	10 000 000
Sous-total Poste 8					4 211 680 000
Total des travaux hors taxe					33 263 777 930
Montant de la TVA 18%					5 987 480 027
Montant TTC					39 251 257 957
Cout kilométrique					1 453 750 295

Annexe XX : Abaques de dimensionnement hydraulique

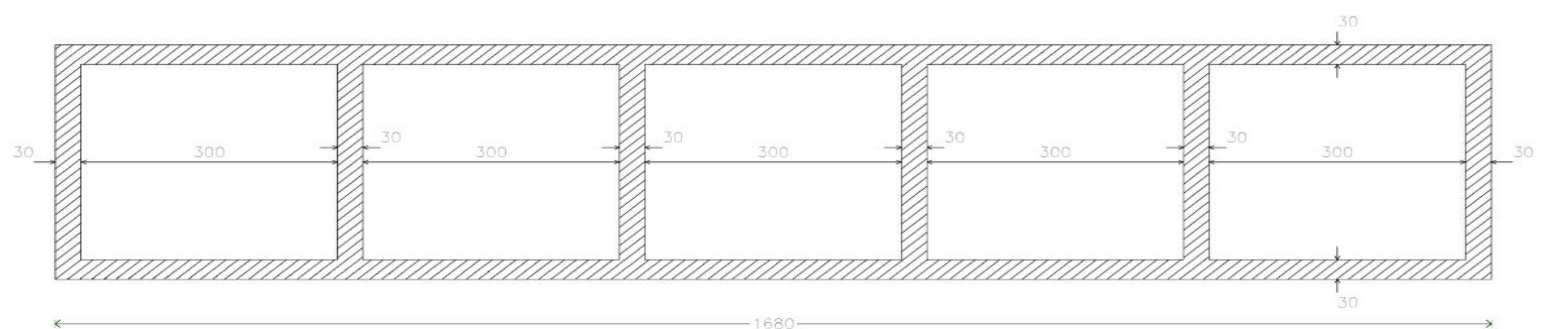
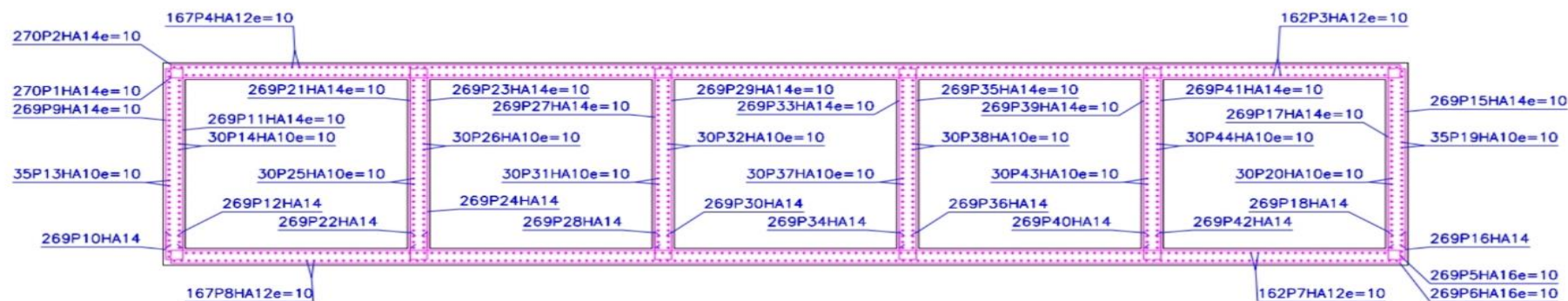








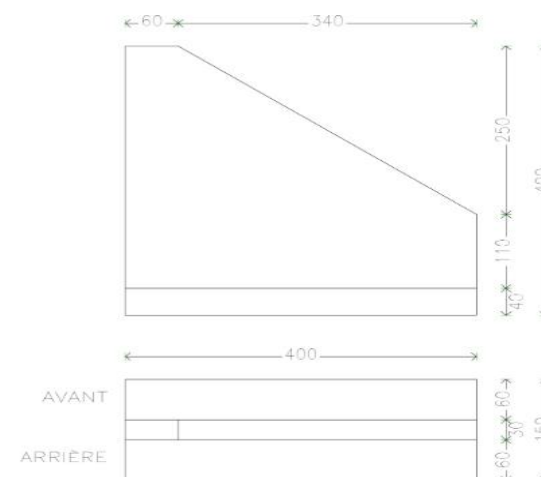
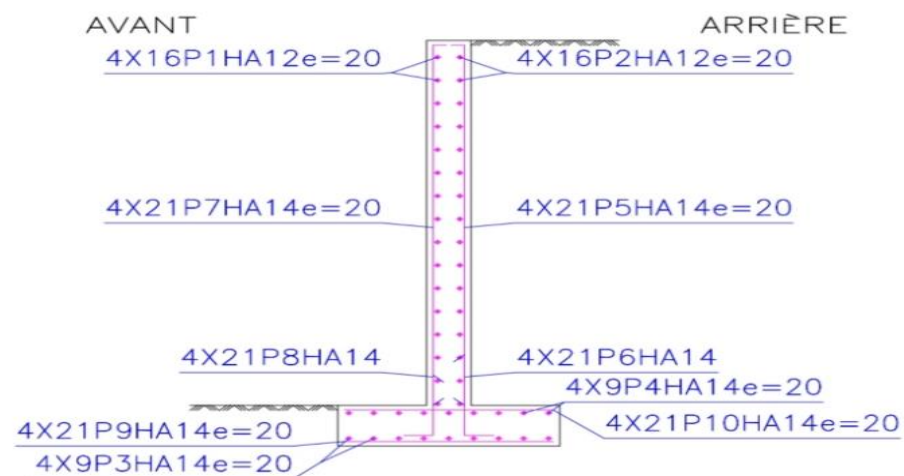
LXXIV

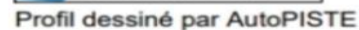


BURKINA FASO Unité - Progrès - Justice	DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES MAIRIE DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU	GTAN 2iE Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement INGÉNIEURS CONSULTANTS	ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DE VOIRIE : CAS DU TRONÇON RN4-RN5 DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU (BURKINA FASO)	Plan de coffrage et ferrailage	Dalot OH8 : 5X3X3	TRAVAIL REALISE par ZONGO Pegdwendé Cephas Thierry	DATE 18/12/2022
--	---	---	--	---	----------------------	--	--------------------

ZONGO Pegdwendé Cephas Thierry GC-BTP / 2022-2023

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





Axe : Axe 01
 Profil n°: P21
 Abscisse : 0+500.00
 Echelle des longueurs : 1/200
 Echelle des altitudes : 1/200

-  Déblai
 BB
 BBSG
 BBTM
 BETON
 GB2
 GNT_0_20
 GNT_0_315
 GNT_0_80
 TERRE VEGETALE

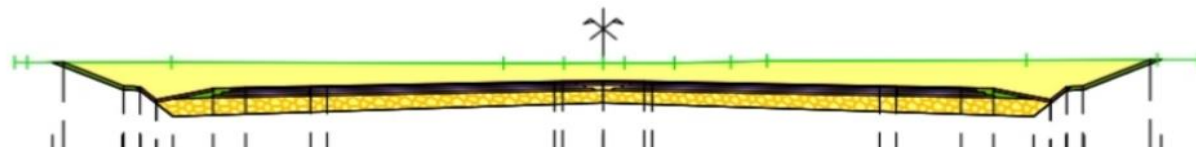
Dévers Gauche 2.50 %

Dévers Droite -2.50 %

$$X = 679357.78$$
$$Y = 1362848.67$$

Gisement : 296.61 gr

PC : 294.00 m

[illegible]



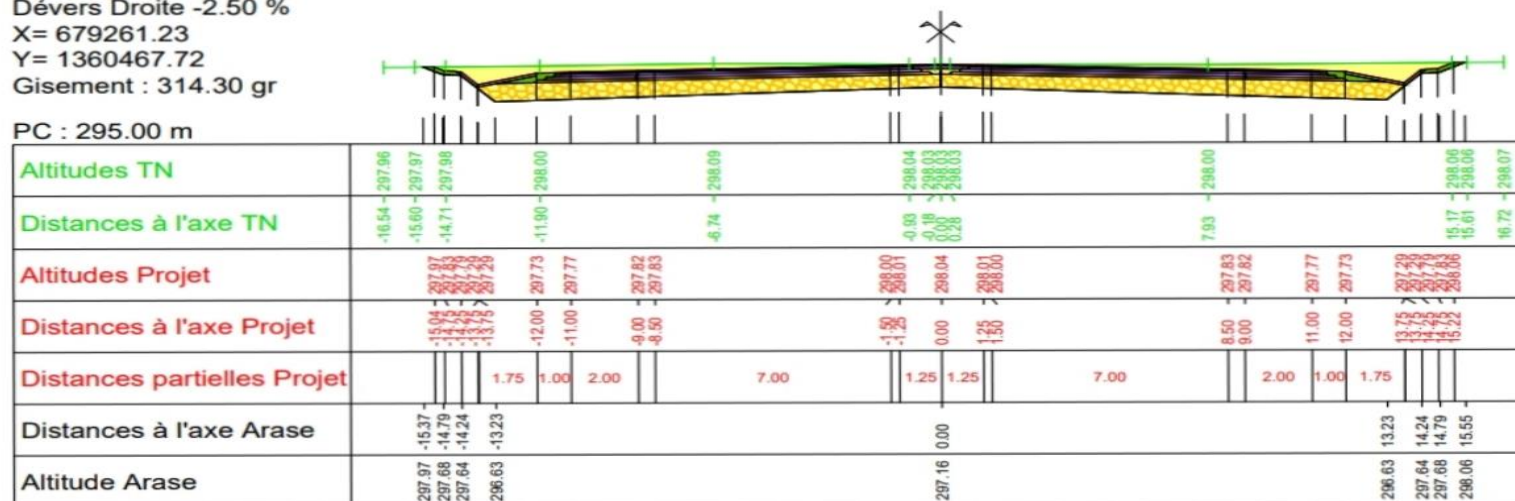
Profil dessiné par AutoPISTE

Axe : Axe 01
 Profil n°: P119
 Abscisse : 2+900.00
 Echelle des longueurs : 1/200
 Echelle des altitudes : 1/200

- | | |
|---|----------------|
|  | Déblai |
|  | BB |
|  | BBSG |
|  | BBTM |
|  | BETON |
|  | GB2 |
|  | GNT_0_20 |
|  | GNT_0_315 |
|  | GNT_0_80 |
|  | TERRE VEGETALE |

Dévers Gauche 2.50 %
Dévers Droite -2.50 %
X= 679261.23
Y= 1360467.72
Gisement : 314.30 gr

PC : 295.00 m



DIRECTION GENERALE DES
INFRASTRUCTURES ROUTIERES

MAIRIE DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU



**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT DE VOIRIE : CAS DU TRONCON
RN4-RN5 DES VOIES DE CONTOURNELENT DE LA
VILLE DE OUAGADOUGOU (BURKINA FASO)**

Profil en travers

P119

TRAVAIL REALISE par
ZONGO Pegdwendé
Cephas Thierry

DATE
18/12/2022

ZONGO Pegdwendé Cephass Thierry GC-BTP / 2022-2023

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

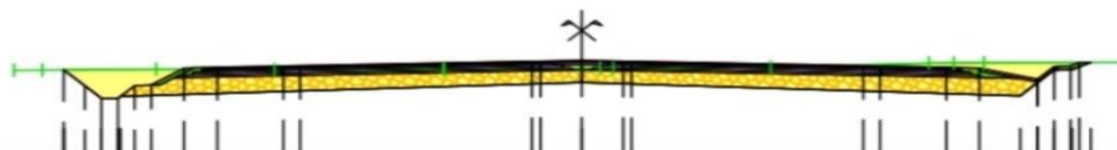


Profil dessiné par AutoPISTE

- Déblai
- BB
- BBSG
- BBTM
- BETON
- GB2
- GNT_0_20
- GNT_0_315
- GNT_0_80
- TERRE VEGETALE

Dévers Gauche 2.50 %
Dévers Droite -2.50 %
X= 679328.05
Y= 1360760.18
Gisement : 314.30 gr

PC : 293.00 m



Altitudes TN	-17.14	-206.34	-16.28	-206.35	-12.64	-206.36	-9.27	-206.38	-4.19	-206.37	0.00	-206.42	-0.59	-206.43	5.70	-206.47	10.48	-206.63	11.23	-206.63	12.14	-206.64	16.52	-206.66												
Distances à l'axe TN																																				
Altitudes Projet	-15.64	206.35	-14.50	206.71	-13.50	206.21	-12.00	206.42	-11.00	206.46	-9.00	206.51	-8.50	206.52	-1.50	206.70	0.00	206.73	0.59	206.43	8.50	206.52	9.00	206.51	11.00	206.46	12.00	206.42	13.75	206.08	14.48	206.48	15.00	206.50	16.52	206.66
Distances à l'axe Projet																																				
Distances partielles Projet	0.64						1.00	1.00	2.00			7.00			1.25	1.25					8.50	9.00			11.00	12.00		1.75								
Distances à l'axe Arase	-15.64																																			
Altitude Arase	206.35																																			



DIRECTION GENERALE DES
INFRASTRUCTURES ROUTIERES
MAIRIE DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT DE VOIRIE : CAS DU TRONÇON
RN4-RN5 DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA
VILLE DE OUAGADOUGOU (BURKINA FASO)

Profil en
travers

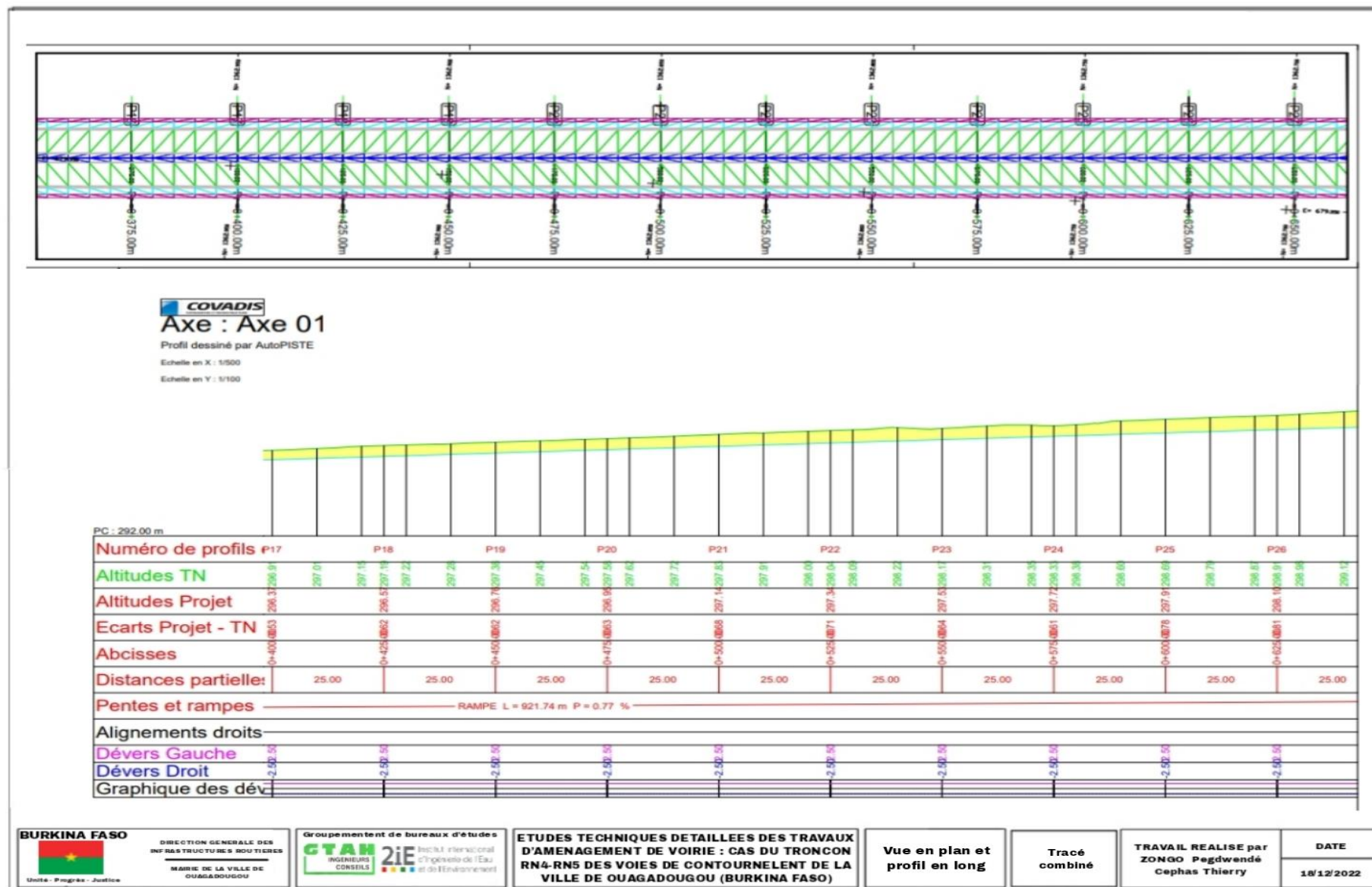
P107

TRAVAIL REALISE par
ZONGO Pegdwendé
Cephas Thierry

DATE
18/12/2022

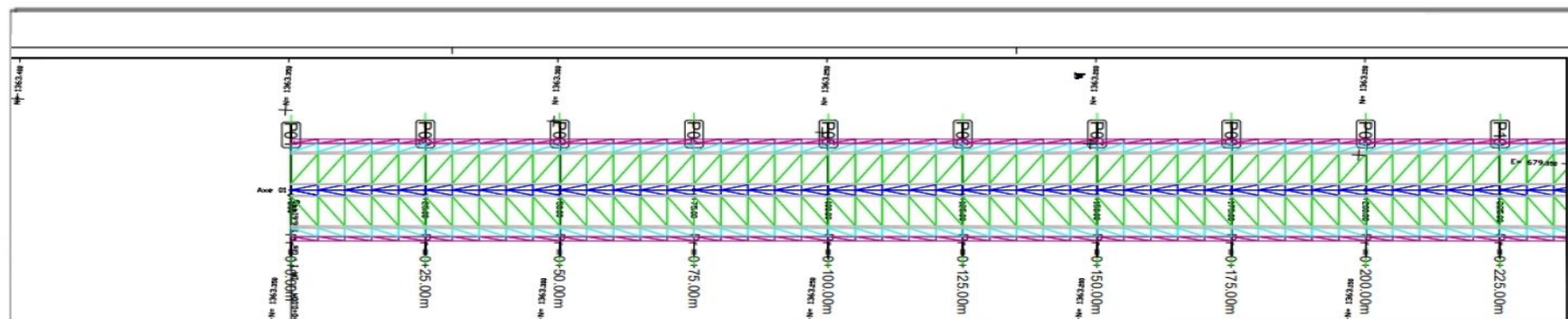
ZONGO Pegdwendé Cephas Thierry GC-BTP / 2022-2023

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



ZONGO Pegdwendé Cephas Thierry GC-BTP / 2022-2023

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



COVADIS

Axe : Axe 01

Profil dessiné par AutoPISTE

Echelle en X : 1/500

Echelle en Y : 1/100

PC : 292.00 m

Número de profils en travers	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	
Altitudes TN	293.30 293.38	293.41 293.59	293.65 293.68	293.74 293.88	293.92 294.07	294.15 294.27	294.27 294.31	294.51 294.65	294.68 294.84	295.03 295.12
Altitudes Projet	293.30	293.65	293.68	293.88	294.07	294.27	294.27	294.65	294.84	295.03
Ecart Proj - TN	0.00	0.16	0.05	0.05	0.08	0.01	0.01	0.18	0.04	0.19
Abcisses	0+0.00	0+25.00	0+50.00	0+75.00	0+100.00	0+125.00	0+150.00	0+175.00	0+200.00	0+225.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes										
Alignements droits et courbes										
Dévers Gauche	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50
Dévers Droit	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Graphique des dévers										



DIRECTION GENERALE DES
INFRASTRUCTURES ROUTIERES
MAIRE DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT DE VOIRIE : CAS DU TRONÇON
RN4-RN5 DES VOIES DE CONTOURNEMENT DE LA
VILLE DE OUAGADOUGOU (BURKINA FASO)

Vue en plan et
profil en long

Tracé
combiné

TRAVAIL REALISE par
ZONGO Pegdwendé
Cephas Thierry

DATE
18/12/2022

ZONGO Pegdwendé Cephas Thierry GC-BTP / 2022-2023

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